



Территории инфекционного риска по туберкулезу в мегаполисе: границы, объекты, параметры, модели

И.А. БОЖКОВ^{1,2,3,4}, М.А. СЕВАСТЬЯНОВ^{4,5}, И.Ю. СИЛИДИ⁶, Н.В. КОРНЕВА^{2,4}, С.А. СТЕРЛИКОВ^{7,8}

¹ АНОО ДПО «Центр программ и проектов в области развития здравоохранения», г. Санкт-Петербург, РФ

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, РФ

³ ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, РФ

⁴ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, г. Санкт-Петербург, РФ

⁵ СПб СБСУСО «Дом-интернат для престарелых и инвалидов №1», г. Санкт-Петербург, РФ

⁶ Администрация Калининского района, г. Санкт-Петербург, РФ

⁷ ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, Москва, РФ

⁸ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» МЗ РФ, Москва, РФ

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: определить модели территории инфекционного риска распространения туберкулеза в мегаполисе с оценкой наличия объектов и параметров, влияющих на вероятность развития очагов туберкулезной инфекции.

Материалы и методы. Исследование ретроспективно-проспективное, проводилось в период с января 2021 по июнь 2022 гг. на базе СПб ГБУЗ «Противотуберкулезный диспансер № 5». Работа выполнена с учетом результатов полевых исследований с последующей камеральной обработкой материалов на территории Калининского и Красногвардейского административных районов СПб.

Результаты. Проведенный многофакторный анализ с выбранными параметрами установил, что статистически значимым фактором, влияющим на тип территории инфекционного риска туберкулеза, является плотность взрослого населения ($aOR=1,0002$; $p=0,0002$). Роль плотности образовательных учреждений ($aOR=0,9932$; $p=0,9$) и выявленных случаев латентной туберкулезной инфекции ($aOR=1,0837$; $p=0,6$) была статистически малозначимой.

Ключевые слова: границы территории, медицинская география, распространение туберкулеза, очаг туберкулеза, санитарная профилактика, территориальные объекты, туберкулез, эпидемиология.

Для цитирования: Божков И.А., Севастьянов М.А., Силиди И.Ю., Корнева Н.В., Стерликов С.А. Территории инфекционного риска по туберкулезу в мегаполисе: границы, объекты, параметры, модели // Туберкулёт и болезни лёгких. – 2024. – Т. 102, № 5. – С. 30–39. <http://doi.org/10.58838/2075-1230-2024-102-5-30-39>

Tuberculosis Infection Risk Areas in a Big Urban Center: Boundaries, Objects, Parameters, and Models

И.А. BOZHKOV^{1,2,3,4}, М.А. SEVASTYANOV^{4,5}, И.Ю. SILIDI⁶, Н.В. KORNEVA^{2,4}, С.А. STERLIKOV^{7,8}

¹ Center for Health Development Programs and Projects, St. Petersburg, Russia

² I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Russian Ministry of Health, St. Petersburg, Russia

³ Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Russian Ministry of Health, St. Petersburg, Russia

⁴ St. Petersburg State Pediatric Medical University, Russian Ministry of Health, St. Petersburg, Russia

⁵ Nursing Home for the Elderly and Disabled no. 1, St. Petersburg, Russia

⁶ Kalininskiy District Administration, St. Petersburg, Russia

⁷ Russian Research Institute of Health, Russian Ministry of Health, Moscow, Russia

⁸ National Medical Research Center of Phthisiopulmonology and Infectious Diseases, Russian Ministry of Health, Moscow, Russia

ABSTRACT

The objective: to build up models for the areas of infectious risk of tuberculosis spread in a big urban center, to evaluate the presence of objects and parameters influencing the probability of development of tuberculosis infection nudi.

Subjects and Methods. A retrospective and prospective study was conducted from January 2021 to June 2022 in St. Petersburg TB Dispensary no. 5. The study was performed taking into account the results of field surveys, with subsequent processing of materials for the territory of Kalininskiy and Krasnogvardeyskiy Administrative Districts of St. Petersburg.

Results. According to the multivariate analysis of certain parameters, it was found that adult population density was a statistically significant factor influencing the type of tuberculosis infection risk areas ($aOR=1.0002; p=0.0002$). The role of educational facilities density ($aOR=0.9932; p=0.9$), and detected cases of latent tuberculous infection ($aOR=1.0837; p=0.6$), was statistically insignificant.

Key words: area boundaries, medical geography, spread of tuberculosis, tuberculosis nidus, sanitary prevention, territorial objects, tuberculosis, epidemiology.

For citation: Bozhkov I.A., Sevastyanov M.A., Silidi I.Yu., Korneva N.V., Sterlikov S.A. Tuberculosis infection risk areas in a big urban center: boundaries, objects, parameters, and models. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2024, vol. 102, no. 5, pp. 30–39. (In Russ.) <http://doi.org/10.58838/2075-1230-2024-102-5-30-39>

Для корреспонденции:
Корнева Наталья Вячеславовна
E-mail: n.korneva82@mail.ru

Correspondence:
Natalya V. Korneva
Email: n.korneva82@mail.ru

Введение

На возникновение и течение болезней, эффективность лекарств и их переносимость могут влиять как наследственные факторы, так и образ жизни, состояние здоровья и условия проживания пациентов [18, 21, 22]. Оказание медицинской помощи населению осуществляется в рамках первичной медико-санитарной помощи (ПМСП) участковыми службами [12]. В России под медицинской помощью понимают комплекс мероприятий, направленных на поддержание и (или) восстановление здоровья, включающих в себя предоставление медицинских услуг [14]. Согласно «Положению об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению» [12] оказание ПМСП гражданам осуществляется по территориально-участковому принципу. Среди населения, проживающего на определенной территории, находятся больные туберкулезом (ТБ) и лица, инфицированные микобактерией туберкулеза (МБТ), все они формируют резервуар туберкулезной инфекции (РТИ) [11]. Основным РТИ являются больные туберкулезом легких, у которых после проведенного лечения остались полости распада в легких и (или) сохранилось бактериовыделение [15]. Однако к РТИ также относят так называемый «скрытый резервуар»: невыявленные больные ТБ, носители L-форм МБТ, которые в ослабленном организме вызывают случаи ТБ, а также дормантные МБТ, обитающие на объектах среды [7].

В последнее время в медицине в целом и во фтизиатрии в частности большое распространение получают картографические методы [16]. Они позволяют расширить понятие «очаг туберкулеза» (ОТБ) и учитывают не только место проживания больных ТБ, но и окружающую его территорию, в пределах которой происходит распространение инфекции за счет случайных контактов источника инфекции с населением [15]. Кроме того, методы позволяют оценить эпидемическую ситуацию на участке, целенаправленно и рационально организовать проведение противоэпидемических мероприятий в семейных и

территориальных ОТБ [2]. Причем установление контактов в территориальных ОТБ более затруднительно, так как заболеваемость из семейных контактов по сравнению с контактами по территории значительно ниже, а для распространения ТБ существенное значение имел контакт с больными ТБ в пределах двора [3]. В соответствии с п. 21 положения об организации оказания ПМСП взрослому населению [12] специализированная ПМСП, к которой относится и амбулаторная фтизиатрическая помощь, должна организовываться не только с учетом общепринятых показателей заболеваемости, смертности, половозрастного состава населения, но и также относительно его плотности и иных показателей, характеризующих здоровье населения. Соответственно, для корректного исполнения требований указанного приказа необходима оценка как плотности населения, так и иных показателей, в том числе и территориальных, которые могут влиять на здоровье населения. Для расчета и анализа этих параметров необходимо использование географических подходов, включающих единообразное определение границ и площади территорий/микротерриторий, необходимых для расчета плотности населения и изучения территориальных объектов на них. Однако в литературе не приводятся данные или характеристики определения границ изучаемых микротерриторий для определения плотности населения. Это с учетом разнообразия жилой застройки мегаполиса от небольших компактных малоэтажных застроек до строительства высотных пространственно-обширных комплексов, содержащих множество востребованных населением объектов, может являться значимым для эпидемиологии туберкулеза.

Кроме того, второй раздел Международной классификации функционирования и ограничений жизнедеятельности (МКФ), являющейся обязательной для применения в реабилитационной работе (см. Приказ Минздрава России от 31 июля 2020 г. № 788н «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых») при оценке степени выраженности нарушений функций организма, включает контекстные факторы: а) факторы окружающей

среды; б) личностные факторы. Факторы окружающей среды, включающие территориальные объекты, являются составляющей МКФ и относятся ко всем аспектам окружающего (или внешнего) мира, который формирует условия жизни индивида и таким образом оказывает воздействие на его функционирование. Факторы и объекты могут оказывать воздействие на распространение и развитие туберкулезной инфекции на микротерриториях, находящихся в зонах обслуживания участковых врачей.

Учитывая вышеизложенное, нами выдвинуто предположение о существовании в мегаполисе различных микротерриторий, установленных на основании подходов определения границ в соответствии с теорией географического поля [13], включающих различные объекты и элементы: эпидемические (существующие и имевшиеся на территории ОТБ за последние 10 лет), демографические (количество населения, плотность проживания), социальные (медицинские учреждения, детские сады, школы и т.п.), общественные (остановки, зоны отдыха, кинотеатры, магазины и т.п.), имеющие вариативные взаимосвязи и взаимовлияние друг на друга для риска распространения ТБ.

Проверка данной гипотезы является теоретическим обоснованием одного из направлений развития картографических систем в сфере здравоохранения.

Цель исследования

Определить модели территорий инфекционного риска по туберкулезу (ТИРТ) в мегаполисе с оценкой наличия объектов и параметров в выделенных границах, влияющих на вероятность наличия ОТБ.

Материалы и методы

Исследование ретроспективно-проспективное, проводилось в течение 1,5 лет (с января 2021 по июнь 2022 гг.) на базе СПб ГБУЗ «Противотуберкулезный диспансер № 5» по территории Калининского и Красногвардейского районов и с учетом результатов включало следующие этапы:

1) оценка эпидемиологических показателей с выявлением их неоднородности по каждому из муниципальных образований двух районов (Калининский и Красногвардейский);

2) деление территории (на «Яндекс Картах») двух районов на микротерритории по принципам «географического поля»;

3) полевые исследования типичных для Санкт-Петербурга муниципальных образований с характерными для них типами жилой застройки, инфраструктурной и инженерной обустроенностии территории с последующей камеральной обработкой материалов и нанесением на карту социально-значимых объектов;

4) актуализация демографических показателей;

5) ретроспективный анализ числа очагов туберкулеза и случаев латентной туберкулезной инфекции (ЛТИ) в каждом доме за 10 лет (с 2012 по 2021 гг.), под случаем ЛТИ понимали наличие положительного результата пробы с аллергеном туберкулезным рекомбинантным (АТР) у детей и подростков, без клинико-рентгенологических проявлений туберкулеза;

6) анализ и статистическая обработка результатов.

Сведения о демографической ситуации, численности населения, параметрах домов, инфраструктурной и инженерной обустроенностии территории были предоставлены администрациями муниципальных округов, государственными учреждениями «Жилищное хозяйство»; при необходимости они уточнялись в управляющих компаниях, товариществах собственников жилья, жилкомсервисах. Данные о местах проживания больных ТБ и лиц с ЛТИ получены из медицинской информационной системы и картотеки участковых врачей-фтизиатров, а о местах общественного и социального притяжения на малых территориях – из карты города (проверены и дополнены волонтерами-школьниками из СПб ГБОУ № 214 и № 192 под наблюдением авторов статьи). Часть информации получена из нормативных и правовых актов федерального и регионального уровней, из данных научной литературы. В качестве научных подходов выбраны геосистемный и геоситуационный, сравнительно-географический, проблемно-программный, а в качестве методов – статистический, аналогов и ключей, картографический и геоинформационных технологий.

На основании отчетных статистических данных СПб ГБУЗ «ПТД № 5» за первое полугодие 2022 г. был проведен анализ эпидемиологических показателей по туберкулезу (заболеваемость, смертность, распространенность и другие) как по районам обслуживаемого населения (Калининский и Красногвардейский), так и по отдельным муниципальным образованиям (МО) указанных районов (табл. 1).

При эпидемиологической оценке территории административных районов и МО выявлены нерав-

Таблица 1. Основные параметры изучаемых районов Санкт-Петербурга на 30.06.2022 г.

Table 1. Main parameters of the studied areas of St. Petersburg as of June 30, 2022

Территория/показатели	Число МО (абс.)	Число ТИРТ (абс.)	Площадь района (км ²)	Число жилых домов (абс.)	Число жилых домов без лифта (абс.)	Число квартир (абс.)	Число жителей (абс.)	Число детей и подростков (абс.)
Калининский район	7	74	40,9	1572	763	256285	567415	84097
Красногвардейский район	5	67	55,6	1317	633	179497	376512	66892

Таблица 2. Эпидемиологические показатели по МО Калининского района Санкт-Петербурга на 30.06.2022 г.

Table 2. Epidemiological rates for Kalininskiy District of St. Petersburg as of June 30, 2022

Показатели	Муниципальные образования						
	Северный	Академическое	МО 21	Пискаревский	Финляндский округ	Прометей	Гражданка
Заболеваемость (на 100 тыс. населения)	4,1	9,3	1,3	7,8	9,9	10,2	10,9
Распространенность (на 100 тыс. населения)	39,4	36,0	16,9	15,7	25,4	35,8	27,2
ЛТИ (число случаев на 1 км ²)*	3	1,3	1,8	1,4	0,9	3,5	2,9
Очаги туберкулеза (число очагов на 1 км ²)*	9	5	3,3	1,5	1,8	7	4,9

* за 10 лет (2012-2021 гг.)

* for 10 years (2012-2021)

номерность и неоднородность расположения как ОТБ, так и основных статистических показателей (заболеваемость туберкулезом – от 1,3 до 10,9 на 100 тыс. населения; распространенность туберкулеза – от 15,7 до 39,4; число ОТБ – от 1,5 до 9 на км²; число случаев ЛТИ у детей – от 0,9 до 3,5 на км²), что проиллюстрировано на примере МО Калининского района (табл. 2).

По географическим критериям (см. ниже) были выделены территории инфекционного туберкулезного риска (ТИРТ), для которых рассчитаны показатели, которые, как мы предполагали, оказывают влияние на вероятность наличия в них резервуара туберкулезной инфекции. На первом этапе разделение на территориальные ячейки проводилось на основании административного деления на муниципальные образования, по которым, в соответствии с Федеральным законом от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 14.07.2022 г.) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 11.01.2023 г.), имеются статистические данные, и указаны определенные и непротиворечивые границы [9]. В законе отражены основные принципы определения границ муниципальных районов, муниципальных образований и городских округов (далее Округа). На втором этапе с использованием критерии микрографического поля [13] выделяли линии разграничения в естественно существующих границах изучаемых территорий (улицы, парки, реки, ж/д пути и т.д.). Эти линии были определены индивидуальными границами микротерриторий, учитывающими на примерно однородной статистической поверхности муниципального образования специфические географические единицы. На основании этого деления мы предположили, что эти географические единицы будут отражать предел и особенности распределения явления или признака, где разделительная или барьерная функция обусловлена замыканием процесса перемещения населения; они были приняты как естественные границы ТИРТ. ТИРТ может как соответствовать понятию микрорайона, так и отличаться от него, поскольку имеет место и в тех районах города, в которых явное деление на микрорайоны отсутствует; например, в историческом центре (спально-промышленно-административно-деловая

зона), промышленно-транспортно-логистическая зона [1]. Для мониторинга ОТБ применяли методы геоинформационных технологий: на карту микротерритории, полученную из приложения «Яндекс Карты», наносили как точки, отмечающие места проживания больных ТБ и детей с ЛТИ, так и места общественного и социального притяжения на микротерритории, актуализированные по результатам полевого исследования в июне-декабре 2021 г.

В зависимости от наличия ОТБ, являющихся объектами микротерритории, ТИРТ были разделены на три группы: промышленные территории без проживающего населения (далее исключались из исследования); ТИРТ без ОТБ; ТИРТ с ОТБ. Схема включения ТИРТ в исследование и исключения из него представлена на рис. 1.

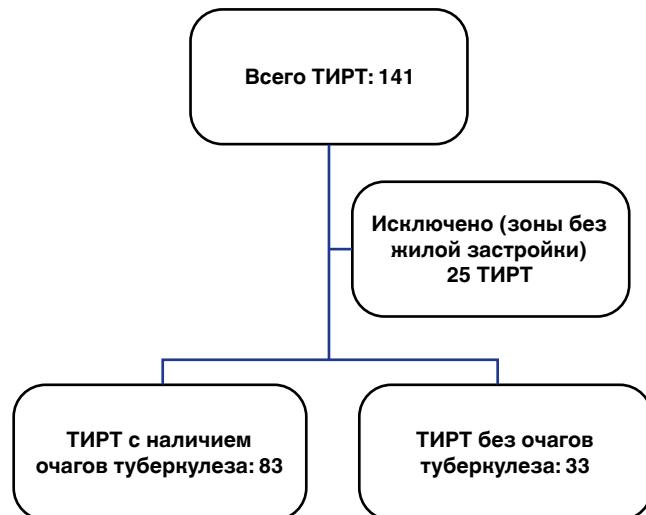


Рис. 1. Схема включения ТИРТ в исследование и исключения из него

Fig. 1. TIRT inclusion and exclusion scheme of the study

Были сформулированы гипотезы о влиянии микротерриториальных объектов и характеристик на вероятность наличия ОТБ. Установление признаков типологии микротерритории мегаполиса происходило на основании следующих показателей: географическое положение в рамках одного муниципального образования; степень и особенности застройки; количество (плотность) прожи-

вающего населения (взрослых и детей); функциональное назначение; наличие (плотность) точек притяжения населения (магазины, образовательные учреждения (ОУ), медицинские организаций (МО); рекреационные зоны) [6]; наличие очагов туберкулеза; выявленные случаи ЛТИ. Это позволило определить не только взаимовлияние «точек притяжения», но и определить наиболее значимый показатель для всех ТИРТ.

В ходе исследования нами проверялись перечисленные ниже гипотезы. Высокая плотность домов и, следовательно, малая площадь дворов, рост числа домов, имеющих общие дворы [3], облегчает передачу воздушно-капельных инфекций, включая ТБ. Большой возраст домов может способствовать сохранению МБТ, оставшихся от ранее проживавших в нем больных ТБ. Также, поскольку продолжительность жизни больных ТБ может превышать 10, а в отдельных случаях и 20 лет [5], вероятность нахождения ОТБ в домах старой постройки выше, чем в новостройках. В случае преобладания многоэтажных домов возрастает численность населения по отношению к местам общего пользования (лифт, подъезд), что может повышать риск трансмиссии инфекции в условиях ограниченного объема с отсутствием вентиляции [19]. При малом числе магазинов ожидается облегчение передачи воздушно-капельных инфекций, включая ТБ. Кроме того, ожидается вторичная зависимость плотности магазинов в зависимости от покупательной способности населения. Магазины относятся к значимым точкам притяжения [1]. Плотность МО анализировали как точки притяжения пациентов с респираторными заболеваниями, в т.ч. потенциальных больных ТБ. В ТИРТ с наличием очагов туберкулеза ожидается более высокая плотность выявленных лиц с ЛТИ. Методики расчета показателей приведены в табл. 3.

Таблица 3. Источники данных для расчета показателей

Table 3. Sources of data for rates calculation

Параметр	Источник	Рассчитываемые показатели
Площадь, км ²	План города	
Число домов	План города и результаты полевых наблюдений	Плотность домов (число домов на км ²)
Число квартир	Данные районного жилищного агентства	Плотность квартир (на км ²)
Численность населения	Данные районного жилищного агентства	Плотность населения (на км ²) Плотность взрослых (на км ²) Плотность детей (на км ²)
Возраст дома	Данные районного жилищного агентства	Средний возраст домов (лет)
Количество магазинов	План города и результаты полевых наблюдений	Плотность магазинов (число магазинов на км ²)
Количество остановок общественного транспорта	План города и результаты полевых наблюдений	Плотность остановок (число остановок на км ²)
Количество МО и их филиалов	План города и результаты полевых наблюдений	Плотность МО (число МО на км ²)
Количество зон отдыха (детские площадки, скверы, отмеченные на карте как зоны отдыха)	План города и результаты полевых наблюдений	Плотность зон отдыха (число зон отдыха на км ²)
Число ОУ: школ и детских садов	План города и результаты полевых наблюдений	Плотность ОУ (число ОУ на км ²)
Число случаев ЛТИ	Паспорт участка	Плотность ЛТИ (число случаев ЛТИ на км ²)

Полевые наблюдения проводились путем сопоставления картосхемы, полученной из приложения «Яндекс Карты», с фактическим состоянием местности с использованием труда волонтеров. Различия между группами ТИРТ определяли с использованием теста Манна-Уитни (распределение всех сопоставляемых признаков отличалось от нормального); критическое значение p принимали равным 0,05. После однофакторного анализа проводили многофакторный анализ с использованием логистической регрессии и ROC-анализ качества полученной регрессионной модели. Статистическую обработку данных проводили с использованием языка R версии 4.2.3 (2023-03-15) – «Shortstop Beagle» с пакетами «ROCR» и «Optimal Cutpoints».

Результаты

Однофакторный анализ проверки гипотез о влиянии различных факторов на группу ТИРТ представлен в табл. 4.

При попытке единовременно проверить независимость всех факторов, по которым удалось отклонить нулевую гипотезу в однофакторном и многофакторном анализах, мы столкнулись с «проклятьем размерности» [10]. Обычно для снижения размерности проводят факторный анализ, однако, поскольку для его проведения данные должны быть распределены нормально, в нашем случае это было невозможно. В связи с этим для снижения размерности данных мы поочередно проводили логистическую регрессию с параметрами, описывающими сходные явления.

К первой группе мы отнесли параметры, описывающие плотность населения и объектов, связанных с населением. При этом мы столкнулись с наличием сходных переменных, которые показали статистически значимый результат в однофакторном ана-

Таблица 4. Влияние различных факторов на группу ТИРТ

Table 4. Influence of various factors on TIRT Group

Параметр	p	Величина показателя в ТИРТ (медиана [25% и 75% квартили])	
		Без очагов ТБ	С наличием очагов ТБ
Площадь, км ²	0,04	0,5 [0,4-0,9]	0,4 [0,3-0,6]
Плотность домов, абр./км ²	<0,0001	12 [5-27]	62 [43-88]
Ср. возраст домов	0,3	54,7 [30,5-71,3]	48,9 [37,6-56,0]
Ср. кол-во этажей	0,09	6,8 [5,0-12,9]	8,5 [6,3-11,8]
Плотность квартир	<0,0001	1971 [400-4286]	9490 [7262-12764]
Плотность детей	0,06	750 [296-1055]	3300 [2608-4948]
Плотность взрослых	<0,0001	2646 [924-4687]	17403 [11774-25065]
Плотность населения	<0,0001	3320 [1220-5716]	19446 [15082-29559]
Плотность зон отдыха	<0,0001	6,7 [1,0-67,0]	30,0 [14,1-67,0]
Плотность магазинов	0,0002	4,0 [1,8-6,7]	8,0 [5,0-10,0]
Плотность остановок	0,003	8,9 [8,0-15,0]	13,3 [10,0-17,8]
Плотность ОУ	<0,0001	0,0 [0,0-3,0]	7,5 [3,3-13,3]
Плотность МО	0,002	0,0 [0,0-0,0]	0,9 [0,0-3,3]
Плотность ЛТИ	<0,0001	0,0 [0,0-0,0]	2,0 [0,0-5,0]

лиze: плотность населения и плотность взрослого населения. Выбор одной из указанных переменных проводился путем построения двух разных регрессионных моделей и сопоставления их по величине AIC; предпочтение отдали модели с наименьшим значением AIC (табл. 5). Модель 1 была предпочтительнее модели 2. При этом в дальнейший анализ был взят параметр «плотность взрослых».

Таблица 5. Модели зависимости групп ТИРТ от параметров, описывающих размещение населения
Table 5. Models of dependence of TIRT groups on parameters describing population distribution

Параметры	Модель 1		Модель 2			
	Параметры	aOR	p	Параметры	aOR	p
Площадь	+	2,7991	0,09	+	2,6941	0,1
Плотность домов	+	1,0111	0,2	+	1,0106	0,3
Плотность квартир	+	1,0002	0,4	+	1,0001	0,4
Плотность взрослых	+	1,0002	0,05	-	-	-
Плотность населения	-	-	-	+	1,0001	0,07
AIC	88,5		89,1			

Ко второй группе мы отнесли факторы, описывающие точки притяжения – плотность зон отдыха, магазинов, остановок общественного транспорта, ОУ, МО. Статистически малозначимым было влияние на вероятность наличия ОТБ плотности зон отдыха (aOR=1,0124; p=0,4), магазинов (aOR=1,0664; p=0,2), остановок общественного транспорта (aOR=0,9907; p=0,8), а также МО (aOR=1,3178;

p=0,1). Статистически значимым был параметр плотности ОУ (aOR=1,1802; p=0,03), который (вместе с плотностью ЛТИ, которую было невозможно отнести ни к одной из рассматриваемых групп) был включен в дальнейший анализ.

В результате проведенного многофакторного анализа с выбранными параметрами установлено, что статистически значимым фактором, влияющим на группу ТИРТ, является плотность взрослого населения (aOR=1,0002; p=0,0002). Роль плотности ОУ (aOR=0,9932; p=0,9) и ЛТИ (aOR=1,0837; p=0,6) была статистически малозначимой.

При этом мы дополнительно проверили гипотезу: не связана ли вероятность наличия ОТБ с простым параметром численности взрослого населения в ТИРТ? Для этого мы провели логистический регрессионный анализ с двумя параметрами: плотность взрослого населения и численность взрослых. В ходе данного анализа было установлено статистически значимое влияние именно параметра плотности взрослого населения (aOR=1,0002; p=0,003), а не его численности (aOR=1,0002; p=0,2). Таким образом, вероятность наличия ОТБ может быть описана уравнением логистической регрессии с одним параметром – плотностью взрослого населения (aOR=0,0002; p<0,0001), коэффициент для которого составляет 0,0002425, а свободный член – 1,596 (AIC=87).

Оптимальная точка отсечки ROC-кривой, определенная по алгоритму наибольшей близости к значению частоты истинно положительных результатов и наибольшей удаленности частоты ложноположительных результатов (с использованием алгоритма «ROC01» из пакета «OptimalCutpoints»), соответствует значению 0,62 на ROC-кривой; при этом частота ложноположительных результатов

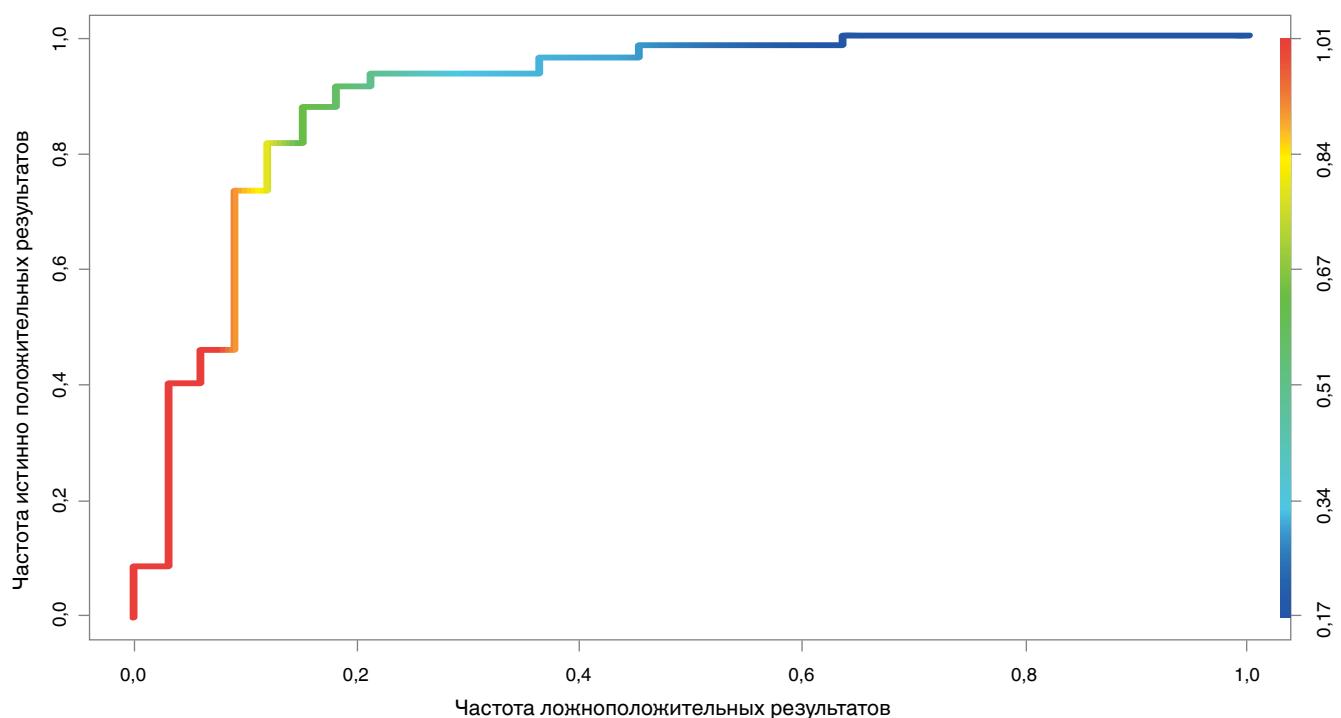


Рис. 2. ROC-кривая уравнения логистической регрессии, описывающая вероятность наличия очага туберкулезной инфекции в зависимости от плотности населения

Fig. 2. ROC curve of the logistic regression equation describing the probability of the presence of a nidus of tuberculosis infection depending on population density

не будет превышать 0,2 при частоте истинно положительных результатов не менее 0,8 (рис. 2). Исходя из результатов анализа можно оценить площадь под кривой; она составляет 0,903%, что можно расценить как отличную работу полученного классификатора [8].

Обсуждение

Полученные результаты характеризуют зависимость наличия ОТБ в ТИРТ от плотности населения. Взрослые, с одной стороны, имеют больший риск заболевания ТБ [4], но, с другой стороны, достаточно мобильны, чтобы передавать туберкулезную инфекцию далее. Наличие точек притяжения закономерно способствует передачи инфекции, что проявляется в однофакторном анализе; однако это влияние слишком мало для того, чтобы проявиться в многофакторном анализе по мере роста плотности взрослого населения. Аналогичные результаты были получены в исследовании [20] (Индия), в котором плотность населения имела положительную корреляцию с числом зарегистрированных случаев ТБ, а средняя высота местности – отрицательную, а также в исследовании [23] (Китай, внутренняя Монголия), в котором также имели значение рождаемость, число коек, осадки, атмосферное давление и продолжительность солнечного сияния. Влияние плотности населения на распространенность (и распространение) ТБ было отмечено и в исследовании [17]. Не-

сложно заметить, что влияние плотности населения было отмечено в густонаселенных регионах, в которых пространственное взаимодействие имело существенное значение. В то же время отличительной особенностью нашего исследования была проверка гипотезы о наличии независимых факторов в многофакторном анализе, математически обоснованное выделение ведущего фактора – плотности взрослого населения, составление и оценка работоспособности регрессионной модели.

Есть несколько способов использования полученной зависимости вероятности наличия очага/очагов туберкулезной инфекции в соотношении с плотностью населения. Во-первых, в ходе планирования противотуберкулезных мероприятий первоочередное внимание следует уделять территориям, имеющим наиболее высокую плотность населения. Во-вторых, в условиях относительно стабильной эпидемической ситуации по туберкулезу, имеющейся на момент проведения исследования, оптимальная точка отсечения модели (0,62) соответствовала плотности населения 8460 чел. взрослого населения на кв. км. Следовательно, в ходе градостроительных мероприятий в г. Санкт-Петербурге можно ориентироваться на данный параметр и, при прочих равных, выбирать способы застройки жилого пространства без его превышения. В-третьих, при необходимости предоставления жилья больным туберкулезом (при наличии альтернатив), следует выбирать территории с более низкой плотностью населения.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило наличие вариабельных моделей микротерриторий для развития ОТБ. Объекты территорий имеют влияние на распространение ТБ, однако решающим фактором, оказывающим влияние на вероятность наличия ОТБ, является плотность взрослого населения. Следовательно, использование показателя плотности населения на территории, указанного в приказе 543н [12], имеет обоснованное требование и должно быть методически доработано и использовано для организации работы, определения

нагрузки и оплаты труда работников амбулаторных учреждений. Кроме того, выявленная мера риска распространения туберкулезной инфекции ($aOR=1,0002/\text{чел. на км}^2$) может быть использована в ходе планирования противотуберкулезных мероприятий. Дальнейшие перспективы исследований о влиянии географических факторов на распространение туберкулезной инфекции в мегаполисе, на наш взгляд, связаны с определением меры «прозрачности» границ микротерриторий для источников туберкулезной инфекции и с проведением аналогичных исследований для других инфекционных заболеваний.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare there is no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов К.Э., Зиновьев А.С., Морачевская К.А. Роль ритейла в трансформации микрорайонного принципа организации городской среды // Известия РАН (Серия Географическая). – 2019. – № 3. – С. 13–27.
2. Белова Е.В., Стаканов В.А. Применение картографического метода для совершенствования наблюдения за очагами туберкулезной инфекции на фтизиопедиатрическом участке // Здоровье и образование в XXI веке. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 154–155.
3. Голованова М.Н. Совершенствование противотуберкулезных мероприятий с помощью компьютерной программы мониторинга очагов туберкулеза. дис.... канд. мед. наук 14.01.16 – фтизиатрия: 137 с.
4. Галкин В.Б., Мушкин А.Ю., Муравьев А.Н., Сердобинцев М.С., Белиловский Е.М., Синицын М.В. Половозрастная структура заболеваемости туберкулезом различных локализаций в Российской Федерации: динамика в XXI в. // Туберкулез и болезни легких. – 2018. – Т. 96, № 11. – С. 17–26. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-11-17-26>
5. Громов А.В., Михайлова Ю.В., Стерликов С.А Продолжительность жизни от момента выявления заболевания до наступления летального исхода от болезни, вызванной ВИЧ, туберкулезом и парентеральных вирусных гепатитов в территориях с низкой плотностью населения // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2023. – № 1. – С. 472–490. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2023-1-472-490>
6. Екатеринбург: транспортное планирование, нацеленное на качество. Прогнозирование транспортного спроса и актуализация документов транспортного планирования на примере Екатеринбурга. URL: [https://www.ksodd.ru/pdf/science/2019_10_17_%D0%95%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%95%D0%BD%D0%BA%D0%80%D0%82%D0%9F%D0%90..pdf](https://www.ksodd.ru/pdf/science/2019_10_17_%D0%95%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B3%D2%20%D0%A7%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%9F%D0%90..pdf) [Дата обращения 11.09.2023].
7. Катола В.М. К вопросу о заболеваемости туберкулезом в России. Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2017. – № 66. – С. 29–33. https://doi.org/10.12737/article_5a1f7127250c61.73430341
8. Ковалев А.А. Логистическая регрессия и ROC-анализ. Методическое пособие. Режим доступа: URL: https://gsmu.by/upload/file/kafedra%20studentu/fizika/log_reg.pdf [Дата обращения: 11.09.2023].
9. Монастырская О.Е., Песляк О.А. Методика определения границ городских агломераций // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2019. – № 2. – С. 111–121. https://doi.org/10.12737/article_5c73fc21703586.16507052
10. Осмокеску Н. Что такое «проклятие размерности» и как ее снизить. [Электронный ресурс]. URL: <https://robotdreams.cc/blog/128-znat-men-she-chtoby-znat-bolshe> [Дата обращения: 11.09.2023].

REFERENCES

1. Aksenov K.E., Zinoviev A.S., Morachevskaya K.A. The role of retail in the transformation of the microdistrict organization of the urban environment. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya*, 2019, no. 3, pp. 13–27. (In Russ.)
2. Belova E.V., Stakhanov V.A. Application of the cartographic method to improve monitoring of foci of tuberculosis infection in the phthisiopedia area. *Zdorovye I Obrazovaniye V XXI Vekе*, 2014, vol. 16, no. 4, pp. 154–155. (In Russ.)
3. Golovanova M.N. *Sovershenstvovaniye protivotuberkuleznykh meropriyatiy s pomoshchyu kompyuternoy programmy monitoringa ochagov tuberkuleza. Dis. kand. med. nauk.* [Improving anti-tuberculosis measures using a special software for monitoring tuberculosis nudi. Cand. Diss.]. 137 p.
4. Galkin V.B., Mушкиn A.Yu., Muravyev A.N., Serdobintsev M.S., Bellilovsky E.M., Sinitsyn M.V. The gender and age structure of the incidence of tuberculosis of various localizations in the Russian Federation: changes over the XXIth century. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2018, vol. 96, no. 11, pp. 17–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2018-96-11-17-26>
5. Gromov A.V., Mikhaylova Yu.V., Sterlikov S.A. Life expectancy from the moment of diagnosis of the disease to death from illness caused by HIV, tuberculosis and parenteral viral hepatitis in areas with low population density. *Sovremennye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki*, 2023, no. 1, pp. 472–490. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2023-1-472-490>
6. Yekaterinburg: transportnoye planirovaniye, natselennoye na kachestvo. Prognozirovaniye transportnogo sprosya i aktualizatsiya dokumentov transportnogo planirovaniya na primere Yekaterinburga. [Yekaterinburg: transport planning aimed at quality. Forecasting transport demand and updating transport planning documents using the example of Yekaterinburg]. Available: https://www.ksodd.ru/pdf/science/2019_10_17_%D0%95%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%95%D0%BD%D0%BA%D0%80%D0%82%D0%9F%D0%90..pdf Accessed September 11, 2023
7. Katola V.M. On tuberculosis incidence in Russia. *Byulleten Fiziologii I Patologii Dykhaniya*, 2017, no. 66, pp. 29–33. (In Russ.) https://doi.org/10.12737/article_5a1f7127250c61.73430341
8. Kovalev A.A. *Logisticheskaya regressiya i ROC-analiz. Mrtodicheskoye Posobiye.* [Logic regression and ROC-analysis. A handbook]. Available: Available: https://gsmu.by/upload/file/kafedra%20studentu/fizika/log_reg.pdf Accessed September 11, 2023
9. Monastyrskaia O.E., Peslyak O.A. Methodology for determining the boundaries of urban agglomerations. *Vestnik BGTU Im. V.G. Shukhova*, 2019, no. 2, pp. 111–121. (In Russ.) https://doi.org/10.12737/article_5c73fc21703586.16507052
10. Osmokescu N. *Что такое «проклятие размерности» и как ее снизить.* [What is the “curse of dimensionality” and how to reduce it]. (Epub.). Available: <https://robotdreams.cc/blog/128-znat-menshe-chtoby-znat-bolshe> Accessed September 11, 2023

11. Перельман М.И., Богадельникова И.В. Фтизиатрия. Изд. 4-е, перераб. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 448с.
12. Приказ Минздравсоцразвития России от 15 мая 2012 г. № 543н «Об утверждении Положения об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению»
13. Трофимов А.М., Чистобаев А. И., Шарыгин М. Д., Теория поля и границ в географии. Концепция географического поля // Вестник СПбГУ (Серия 7). –1993. – № 3. – С. 94-101.
14. Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ.
15. Цибикова Э.Б., Зубова Н.А., Мидоренко Д.А. Характеристика очагов туберкулезной инфекции и анализ пространственного их распределения для определения численности населения, нуждающегося в проведении флюорографии // Социальные аспекты здоровья населения. –2017. – № 4. – С. 56. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2017-56-4-8>
16. Челнокова О.Г., Николаев А.Г., Ефремов И.А., Голованова М.Н. Применение информационно-коммуникационных технологий и программных средств в работе фтизиатра // Биотехносфера. – 2016. – № 6. – С. 40-43.
17. Inggarputri Y.R., Trihandini I., Novitasari P.D., Makful M.R. Spatial analysis of tuberculosis cases diffusion based on population density in Bekasi Regency in 2017-2021 // BKM Public Health & Community Medicine. – 2023. – Vol. 39, № 1. – P. e6462. <https://doi.org/10.22146/bkm.v39i1.6462>
18. Kammerer J.S., Shang N., Althomsons S.P., Haddad M.B., Grant J., Navin Th.R. Using statistical methods and genotyping to detect tuberculosis outbreaks // International Journal of Health Geographics. – 2013. – Vol. 12, № 15. – P. 114–128. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-12-15>
19. Rao M., Johnson A. Impact of Population Density and Elevation on Tuberculosis Spread and Transmission in Maharashtra, India // Journal of Emerging Investigators. – 2021. – № 4. – P.1-5.
20. Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften: PersonalisierteMedizin. Grundlagen für die interprofessionelle Aus-, Weiter- und Fortbildung von Gesundheitsfachleuten (2019). Available at: <https://www.samw.ch/de/Publikationen/Empfehlungen/Grundlagen-personalisierte-medizin.html> [Accessed 11.09.2022].
21. Österreichische Plattform für Personalisierte Medizin: Onlinekurs: Personalisierte Medizin. Available at: <https://onlinekurs.personalized-medicine.at/pdf/Onlinekurs.pdf> [Accessed 11.09.2023].
22. Jain K.K. Textbook of Personalized Medicine. Springer International Publishing; Third edition. – Cham, Switzerland: Springer, 2021.
23. Wang X., Yin S., Li Y., Wang W., Du M., Guo W., Xue M., Wu J., Liang D., Wang R., Chu D. Spatiotemporal epidemiology of, and factors associated with, the tuberculosis prevalence in northern China, 2010–2014 // BMC Infect Dis. – 2019. – Vol. 19, № 1. – P. 365. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3910-x>
11. Perelman M.I., Bogadelnikova I.V. *Ftiziatriya*. [Phthisiology]. 4th ed., supplemented, revised, Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2015, 449 p.
12. Edict no. 543n of the Ministry of Health and Social Development of Russia dated May 15, 2012 On Approval of the Regulations on Organization of Provision of Primary Health Care to Adult Population. (In Russ.)
13. Trofimov A.M., Chistobaev A.I., Sharygin M.D. Theory of field and boundaries in geography. Geographic field concept. *Vestnik SPbGU (Seriya 7)*, 1993, no. 3, pp. 94-101. (In Russ.)
14. Federal Law no. 323-FZ as of 21.11.2011 On Basics of Health Care for Citizens of the Russian Federation. (In Russ.)
15. Tsibikova E.B., Zubova N.A., Midorenko D.A. Characteristics of TB focal points and analysis of their geographical distribution to estimate population subject to chest X-ray testing. *Sotsialnye Aspekty Zdorovya Naseleniya*, 2017, no. 4, pp. 56. (In Russ.) <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2017-56-4-8>
16. Chelnokova O.G., Nikolaev A.G., Efremov I.A., Golovanova M.N. The use of information and communication technologies in a phthisiologist's practice. *Biotehnosfera*, 2016, no. 6, pp. 40-43. (In Russ.)
17. Inggarputri Y.R., Trihandini I., Novitasari P.D., Makful M.R. Spatial analysis of tuberculosis cases diffusion based on population density in Bekasi Regency in 2017-2021. *BKM Public Health & Community Medicine*, 2023, vol. 39, no. 1, pp. e6462. <https://doi.org/10.22146/bkm.v39i1.6462>
18. Kammerer J.S., Shang N., Althomsons S.P., Haddad M.B., Grant J., Navin Th.R. Using statistical methods and genotyping to detect tuberculosis outbreaks. *International Journal of Health Geographics*, 2013, vol. 12, no. 15, pp. 114–128. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-12-15>
19. Rao M., Johnson A. Impact of population density and elevation on tuberculosis spread and transmission in Maharashtra, India. *Journal of Emerging Investigators*, 2021, no. 4, pp. 1-5.
20. Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften: PersonalisierteMedizin. Grundlagen für die interprofessionelle Aus-, Weiter- und Fortbildung von Gesundheitsfachleuten (2019). Available: <https://www.samw.ch/de/Publikationen/Empfehlungen/Grundlagen-personalisierte-medizin.html> Accessed September 11, 2022
21. Österreichische Plattform für Personalisierte Medizin: Onlinekurs: Personalisierte Medizin. Available: <https://onlinekurs.personalized-medicine.at/pdf/Onlinekurs.pdf> Accessed September 11, 2023
22. Jain K.K. Textbook of Personalized Medicine. Springer International Publishing; Third edition. Cham, Switzerland, Springer, 2021.
23. Wang X., Yin S., Li Y., Wang W., Du M., Guo W., Xue M., Wu J., Liang D., Wang R., Chu D. Spatiotemporal epidemiology of, and factors associated with, the tuberculosis prevalence in northern China, 2010–2014. *BMC Infect Dis.*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 365. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3910-x>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный медицинский медицинский университет» МЗ РФ
194100, Россия, Санкт-Петербург, Литовская ул., 2
Тел.: +7 (812) 295-06-46

Божков Игорь Александрович

Д. м. н., профессор кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины, председатель правления АНОО ДПО «Центр программ и проектов в области развития здравоохранения», профессор кафедры семейной медицины ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» МЗ РФ, профессор кафедры общей врачебной практики (семейной медицины) ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова» МЗ РФ
E-mail: first@amk-russia.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

St. Petersburg State Pediatric Medical University, Russian Ministry of Health
2 Litovskaya St., St. Petersburg, 194100
Phone: +7 (812) 295-06-46

Igor A. Bozhkov

Doctor of Medical Sciences, Professor of Department of Medical Rehabilitation and Sports Medicine, Head of Steering Board of Center for Health Development Programs and Projects, Professor of Family Medicine Department, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Russian Ministry of Health, Professor of Department of General Medical Practice (Family Medicine), Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Russian Ministry of Health
Email: first@amk-russia.ru

Севастьянов Михаил Александрович

Д. м. н., профессор кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины, директор СПб СБСУСО «Дом-интернат для престарелых и инвалидов №1»
E-mail: mike.seva1972@yandex.ru

Корнева Наталья Вячеславовна

К. м. н., доцент кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины, ассистент кафедры фтизиопульмонологии и торакальной хирургии ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» МЗ РФ
E-mail: n.korneva82@mail.ru

Администрация Калининского района Санкт-Петербурга
195009, Россия, г. Санкт Петербург, Арсенальная наб., д. 13/1
Тел.: +7 (812) 576-99-03

Силиди Илья Юрьевич

Начальник отдела здравоохранения
E-mail: zdrav@tukalin.gov.spb.ru

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» МЗ РФ
127254, Россия, Москва, ул. Добролюбова, д. 11
Тел.: +7 (495) 618-31-83

Стерликов Сергей Александрович

Д. м. н., главный научный сотрудник, руководитель отдела эпидемиологии и мониторинга туберкулеза и ВИЧ-инфекции
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» МЗ РФ
E-mail: sterlikov@list.ru

Поступила 10.01.2024

Mikhail A. Sevastyanov

Doctor of Medical Sciences, Professor of Department of Medical Rehabilitation and Sports Medicine,
Director of Nursing Home for the Elderly and Disabled no. 1
Email: mike.seva1972@yandex.ru

Natalya V. Korneva

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Department of Medical Rehabilitation and Sports Medicine,
Assistant of Phthisiopulmonology and Thoracic Surgery Department, I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Russian Ministry of Health
Email: n.korneva82@mail.ru

St. Petersburg Kalininskiy District Administration
13/1 Arsenalnaya Nab., St. Petersburg, 195009, Russia
Phone: +7 (812) 576-99-03

Ilya Yu. Silidi

Head of Health Department
Email: zdrav@tukalin.gov.spb.ru

Russian Research Institute of Health,
Russian Ministry of Health
11 Dobrolyubova St., Moscow, 127254
Phone: +7 (495) 618-31-83

Sergey A. Sterlikov

Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher,
Head of Department for Tuberculosis and HIV Epidemiology and Monitoring
National Medical Research Center of Phthisiopulmonology and Infectious Diseases,
Russian Ministry of Health,
Email: sterlikov@list.ru

Submitted as of 10.01.2024