

4. Akehurst C. Dengue virus genotypes and haemorrhagic fever. *Eurosurveillance*. 1999; 3 (44): pii=1309.
5. Kochel T.J., Watts D.M., Gozalo A.S., Ewing D.F., Porter K.R., Russell K.L. Cross-serotype neutralization of dengue virus in aotus nancymae monkeys. *J. Infect. Dis.* 2005; 191 (6): 1000–4.
6. Vorndam V., Kuno G., Gubler D.J., Kuno G. *Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever*. New York: CAB International. Laboratory Diagnosis of Dengue Virus Infections; 1997: 313–33.
7. Najioullah F., Viron F., Césaire R. Evaluation of four commercial real-time RT-PCR kits for the detection of dengue viruses in clinical samples. *Virol. J.* 2014; 11 (1): 164.
8. WHO. *Dengue: Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control*. New Edition. 2009. ISBN 978-9-241547-87-1

Поступила 27.03.2017

Принята в печать 19.04.2017

Сведения об авторах:

Ларичев Виктор Филиппович; доктор мед. наук, вед. науч. сотр. ФГБУ «Федеральный научно-исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи», «НИИ вирусологии им. Д.И. Иванова» Минздрава России; e-mail: arboelisa@mail.ru; **Сайфуллин Мухаммад Абдулфаритович**, врач-инфекционист, зав. отделением ГБУЗ «Инфекционная клиническая больница № 1» ДЗМ, e-mail: dr_saifullin@mail.ru; **Марданлы Сейфаддин Гашимович**, доктор мед. наук, проф. каф. фармакологии и фармацевтических дисциплин ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет», президент и директор по науке ЗАО «ЭКОлаб», e-mail: ekolab-president@mail.ru.

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 311.21; 314.4; 614.2; 614.4; 616-002.5

Каркач А.С.¹, Романюха А.А.^{1,3}, Борисов С.Е.², Белиловский Е.М.², Санникова Т.Е.¹, Авилов К.К.¹**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ ТУБЕРКУЛЕЗОМ ПОСТОЯННОГО НАСЕЛЕНИЯ Г. МОСКВЫ В 2010–2014 гг.**¹ФГБУН «Институт вычислительной математики РАН», 119333, г. Москва, Россия, ул. Губкина, д. 8;²Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия;³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, Россия, Ленинские горы, д. 1

В работе описаны методика и результаты анализа эпидемиологических данных по заболеваемости туберкулезом в Москве в 2010–2014 гг. Целью исследования был поиск социально-экономических и демографических факторов, влияющих на заболеваемость жителей города. Для решения этой задачи оценивали исходную и стандартизованную заболеваемость туберкулезом жителей 107 районов города. Методом пошаговой регрессии величины заболеваемости сопоставляли с социально-экономическими характеристиками районов. Результаты обработки показали, что около 40% дисперсии заболеваемости между районами объясняется вариацией двух характеристик: доли семей, получающих субсидии на оплату ЖКУ, и долей мужчин старше 80 лет. Полученная оценка степени социально-экономической детерминации заболеваемости туберкулезом близка по величине к оценкам, полученным в аналогичных исследованиях в других странах. Результаты исследования подтверждают предположение о том, что важным механизмом развития туберкулеза в Москве служит активация латентной инфекции в результате ослабления иммунной защиты при воздействии неблагоприятных социально-экономических условий. Связи между заболеваемостью постоянных жителей и мигрантов, зарегистрированных на территории района, не выявлено.

Ключевые слова: туберкулез; эпидемиология; социально-экономические факторы; пошаговый линейный регрессионный анализ; ГИС.

Для цитирования: Каркач А.С., Романюха А.А., Борисов С.Е., Белиловский Е.М., Санникова Т.Е., Авилов К.К. Анализ факторов, связанных с заболеваемостью туберкулезом постоянного населения г. Москвы в 2010–2014 гг. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2017; 22 (3):121–127. DOI: 10.17816/EID40959

*Karkach A.S.¹, Romanyukha A.A.^{1,3}, Borisov S.E.², Belilovskiy E.M.², Sannikova T.E.¹, Avilov K.K.¹***ANALYSIS OF FACTORS ASSOCIATED WITH THE INCIDENCE OF TUBERCULOSIS IN THE RESIDENT POPULATION OF MOSCOW IN 2010–2014**¹Institute of Numerical Mathematics, 8, Gubkina str., Moscow, 119333, Russian Federation;²Moscow City Scientific and Practical Center for Tuberculosis Control, 10, Stromynka str., Moscow, 107014, Russian Federation;³M.V. Lomonosov Moscow State University, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation

In the work there is described the methodology and results of the analysis of epidemiological data on the prevalence rate of tuberculosis in Moscow in 2010–2014. The aim of the study was the search for socio-economic and demographic factors affecting on the morbidity rate in city residents. To solve this problem, there was evaluated the initial and standardized incidence rate of tuberculosis in 107 districts of the city. By the method of step-by-step regression, the incidence rates were compared with the socio-economic characteristics of the districts. The results of the treatment showed about 40% of the dispersion of incidence between

Для корреспонденции: Каркач Арсений Сергеевич, канд. физико-математических наук, ст. науч. сотр. ФГБУН «Институт вычислительной математики» Россия; e-mail: Arseny@mail.ru

regions to be due to a variation of two characteristics: the proportion of families receiving subsidies for housing and communal services and the proportion of men over 80 years old. The obtained estimate of the degree of socio-economic determination of the prevalence of tuberculosis is close to the estimates value obtained in similar studies in other countries. The results of the study confirm the hypothesis an important mechanism for the development of tuberculosis in Moscow to be the activation of a latent infection as a result of a weakening of immune protection under the influence of unfavorable socio-economic conditions. No relationship between the prevalence rate in permanent residents and migrants registered in the district was revealed.

Key words: tuberculosis; epidemiology; socio-economic factors; stepwise multiple linear regression analysis; GIS.

For citation: Karkach A.S., Romanyukha A.A., Borisov S.E., Belilovskiy E.M., Sannikova T.E., Avilov K.K. Analysis of factors associated with the incidence of tuberculosis in the resident population of Moscow in 2010–2014. *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni* (Epidemiology and infectious Diseases, Russian journal). 2017; 22 (3): 121–127. (In Russ.). DOI: 10.17816/EID40959

For correspondence: Arseniy S. Karkach, MD, PhD, senior researcher of the Institute of Numerical Mathematics, 8, Gubkina str., Moscow, 119333, Russian Federation. E-mail: Arseny@mail.ru

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

Funding. The work was supported by the Russian Fund for Fundamental Research grant 17-01-00883 for K.A.S., R.A.A., S.T.Ye., and A.K.K.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received 30.11.2016

Accepted 19.04.2017

Введение

Заболееваемость и распространенность туберкулеза в России снижаются с 2000 г. со скоростью около 7% в год. В 2014 г. показатель регистрируемой заболееваемости туберкулезом снизился до 59,5 на 100 тыс. населения, а распространенность – до 137,3 на 100 тыс. населения [1, 2]. Для эффективного планирования борьбы с туберкулезом важно знать факторы, оказывающие влияние на уровень заболееваемости и распространенности туберкулеза. В городах России проживает 74% населения. Москва – крупнейший город России с постоянным населением свыше 12 млн человек (более 8% населения России) и 3–3,5 млн приезжими из других субъектов РФ и иностранными гражданами, прибывшими из других государств (прежде всего из стран Средней Азии и Кавказа).

Заболееваемость туберкулезом в Москве – одна из самых низких в стране, в 2014 г. она составляла 28,1 случая на 100 тыс. населения. Заболееваемость туберкулезом постоянного населения города в том же году составила 16 на 100 тыс. Более 40% впервые выявленных случаев приходилось на долю непостоянных жителей города. Темп снижения заболееваемости постоянных жителей Москвы составляет примерно 5% в год [1].

Москва состоит из 146 районов и муниципальных образований (далее – «районов») с населением от 26 тыс. до 250 тыс. Численность населения и другие характеристики этих районов приведены в табл. 1 и 2. Заболееваемость туберкулезом различается между районами в 6 раз (табл. 3). Какие факторы определяют эти различия?

Факторы, влияющие на развитие и распространение инфекционных заболеваний, можно разделить на три группы:

- факторы, связанные с особенностями возбудителя (например, лекарственная устойчивость, контагиозность);
- факторы, связанные с мишенью (возраст, пол, профессия, этническая принадлежность);
- факторы, связанные со средой обитания (уровень загрязнений, плотность населения, качество питания и др.).

Вторую и третью группы факторов изучает экоэпидемиология, которая включает социальную и популяционную эпидемиологию [3]. Наша работа посвящена исследованию влияния социально-экономических и демографических (т. е. популяционных) факторов на заболееваемость туберкулезом в Москве.

Известно, что заболееваемость туберкулезом связана с уровнем доходов, образования, качеством питания, обеспеченностью благоустроенным жильем, наличием работы и другими факторами [4]. Эта связь основана на результатах исследований, показавших, что плохие условия жизни и стрессы приводят к ослаблению иммунной защиты и более высокой частоте заболеевания туберкулезом. Именно поэтому территории, население которых имеет более низкие социально-экономические показатели, чаще всего характеризуются более высокой заболееваемостью туберкулезом. В исследовании [5] было показано наличие значимых корреляций между заболееваемостью и такими характеристиками, как уровень образования, уровень дохода, доля пожилых людей. В работе [6] методом пошаговой регрессии анализировали зависимость заболееваемости туберкулезом в 48 штатах США от двух обобщенных предикторов – социального капитала (зависит от 14 показателей) и характеристики бедности (процента населения штата с доходом ниже уровня бедности).

Для количественной оценки влияния факторов на заболееваемость используют несколько подходов. Это оценка кратности увеличения частоты заболеевания при наличии фактора риска [7, 8], расчет коэффициентов корреляции Пирсона и построение регрессионных уравнений методом пошаговой регрессии [9, 10]. Метод оценки риска эффективен для анализа качественных факторов. Этот метод, как и метод ранговой корреляции, не требует нормальности распределения факторов и позволяет анализировать небольшие выборки. Если факторы имеют численное выражение (например, возраст, доход, доля населения, принадлежащего к определенным группам), использование коэффициентов корреляции Пирсона и регрессионных уравнений позволяет не только обнаружить связь между факторами и заболееваемостью, но и оценить силу этой связи. Пошаговый метод построения регрессионного уравнения позволяет также выделить из исходного набора комбинацию факторов, наиболее сильно связанных с заболееваемостью, и получить количественную меру силы связи – коэффициент детерминации¹.

¹ Коэффициент детерминации – доля дисперсии независимой переменной (например, заболееваемости), объясняемой изменениями предиктора(ов).

Таблица 1

Численность населения выбранных районов

	2010	2011	2012	2013	2014
Суммарная численность населения выбранных районов (% всей численности населения Москвы)	10 327 990 (89,8%) [14]	10 380 053 (88,1%)*	10 432 111 (88,0%)*	10 484 157 (87,5%)*	10 588 278 (87,4%) [15]

Примечание. * – линейная интерполяция.

Таблица 2

Социально-экономические и демографические характеристики районов

Характеристика	Среднее значение±SD	Единица	Год, месяц данных	Источник данных или описание способа оценки
Площадь района	8,34±4,57	км²	2010–2014	[16]
Площадь жилой застройки	2,92±1,17	км²	2015	[13] – данные землепользования
Доля площади жилой застройки	0,40±0,16		2015	Площадь жилой застройки / площадь района
Жилая площадь на одного человека	19,28±4,72	м²	2010–01	Общая жилая площадь района / численность населения района [15]
Средняя рыночная цена жилплощади	3131±868	\$/м²	2015–02	[16]
Рыночная стоимость жилья, приходящегося на одного постоянного жителя	62 137±29 871	\$	2010–2015	Жилая площадь на одного человека (2010) и средняя рыночная цена жилплощади (2015)
Численность населения районов	96 523±40 098	чел.	2010–2014 2011–2013 – линейная интерполяция	2010 и 2014 [14, 15]
Плотность населения района	33 684±7656	1/км²	2010	Численность населения / площадь жилой застройки
Половозрастная структура населения по 5-летним возрастным группам (36 групп)			2010, 2014	[15]
Доля населения в 10-летних возрастных половозрастных группах от 20 до 89 лет (14 групп)			2010, 2014	На основе половозрастной структуры районов
Численность пенсионеров в возрасте 55 лет и старше, 60+, 65+, мужчины и женщины – абсолютное число, доля ко всей популяции и популяции того же пола			2014	[15]
Доля граждан, получающих "семейные" субсидии на оплату жилого помещения и ЖКУ	0,14±0,03		2010	Число семей, получающих субсидии на оплату жилого помещения и коммунальных услуг и средний размер семьи / численность населения [15]
Доля граждан, пользующихся социальной поддержкой (льготами) по оплате жилого помещения и ЖКУ	0,28±0,06		2010	Численность граждан, пользующихся социальной поддержкой (льготами) по оплате жилого помещения и коммунальных услуг / численность населения [15]

Материалы и методы

Исследование проведено на основе информации о лицах с впервые выявленным туберкулезом, зарегистрированных за пятилетний период с 2010 по 2014 г., полученной из базы данных, разработанной и поддерживаемой ГБУЗ «Московский городской научно-практический Центр борьбы с туберкулезом» ДЗМ [11]. Информация включала пол, возраст и адрес регистрации. В целом база данных содержит информацию о 43 628 пациентах, болевших туберкулезом в 2010–2014 гг. Из них 14 307 – впервые выявленные больные, проживающие постоянно на территории Москвы и состоящие на учете в тубдиспансерах. Из них у 6007 пациентов диагноз был подтвержден бактериоскопией и/или культуральным исследованием. Из них 5218 (87% всех впервые выявленных постоянных жителей с бактериовыделением) имели адреса проживания, которые были геокодированы и отнесены к одному

из рассмотренных 107 районов г. Москвы. Данные этих 5218 пациентов в деперсонифицированном виде (без указания ФИО и номера квартиры) были использованы для анализа в этом исследовании.

Данные о мигрантах содержали информацию о 8389 впервые выявленных в 2010–2014 гг. больных, из которых с лабораторно подтвержденным бактериовыделением были 2793 пациента, в том числе указавших реальный адрес регистрации/проживания, находящийся на территории г. Москвы, – 1546, что составляет 55% всех впервые выявленных мигрантов с бактериовыделением. Данные этих 1546 пациентов были использованы в настоящем исследовании.

Адреса регистрации больных были геокодированы с помощью веб-сервиса геокодирования ООО «Яндекс» [12]. Полученные координаты были отнесены к одному из районов с использованием границ районов [13].

Таблица 3

Районы г. Москвы с наибольшей и наименьшей численностью населения и районы с самой высокой и низкой заболеваемостью туберкулезом среди выбранных районов

Район	Население (2010) (чел.)	Плотность населения (2010) (км ⁻²)	Заболеваемость постоянного населения ^a b	Заболеваемость мигрантов ^a b	СЧРВВБ ^b	Средняя жилая площадь на человека (м ²)	Средняя цена жилплощади (\$/м ²)	Доля людей, пользующихся льготами при оплате ЖКХ (%)	Доля семей, получающих субсидии на оплату ЖКХ (%)
Наиболее населенные									
Марьино	247 479	42 932	10	1,7	0,88	18,6	2545	24,0	3,7
Выхино-Жулебино	219 626	35 437	8,2	1,0	0,70	17,1	2484	26,3	4,4
Отрадное	175 537	42 057	14,3	1,2	1,18	17,8	2638	29,3	4,8
Ясенево	174 832	29 704	9,7	0,8	1,19	16,4	2582	31,1	5,3
Хорошево-Мневники	166 804	27 900	11,4	3,3	1,30	17,8	3352	27,1	5,8
Наименее населенные									
Метрогородок	36 154	24 284	20,2	2,7	1,79	15,9	2696	29,3	6,6
Капотня	31 168	30 211	13,3	6,4	1,00	13,8	2545	24,3	5,3
Арбат	28 179	24 282	3,4	2,1	0,29	26	6826	20,0	2,4
Марфино	26 955	20 580	14,2	6,1	1,33	26,2	2606	28,6	7,4
Якиманка	26 578	16 529	6,5	6,7	0,53	29,8	6010	22,6	4,9
Наибольшая выявленная заболеваемость среди постоянного населения									
Метрогородок	36 154	24 284	20,2	2,7	1,79	15,9	2696	29,3	6,6%
Дмитровский	87 779	34 801	19,4	3,2	1,48	15,5	2564	27,9	5,2%
Наименьшая выявленная заболеваемость среди постоянного населения									
Обручевский	78 619	31 156	3,7	3,7	0,32	21,7	3054	23,6	4,2%
Арбат	28 179	24 282	3,4	2,1	0,29	26	6826	20,0	2,4%

Примечание. ^aСреди пациентов с успешно геокодированными адресами в Москве (около 95%). ^bСредняя за 2010–2014 гг. [18].

Из 146 районов, входивших в состав г. Москвы в 2010–2014 гг., часть вошла в состав города в ходе реформы 2011–2012 гг. и имеет плотность населения и условия жизни, значительно отличающиеся от «традиционных» районов. Именно поэтому мы выделили 107 районов, находящихся полностью (105) или частично (2) внутри МКАД. Используя информацию о количестве впервые выявленных случаев заболевания туберкулезом и численности населения районов, можно оценить заболеваемость на 100 000 постоянного населения.

Зарегистрированная в 2010–2014 гг. заболеваемость постоянного населения была усреднена за 5 лет. Так же вычисляли и усредняли стандартизованную частоту регистрации впервые выявленных бактериовыделителей (СЧРВВБ)² – относительную заболеваемость, стандартизованную на половозрастную структуру населения района в соответствующем году. Это отношение наблюдаемого числа случаев к ожидаемому, где ожидаемое число случаев вычисляют на основе половозрастного распределения заболеваемости во всей Москве, приведенного к половозрастной структуре района. Использование этого показателя позволяет учесть влияние на заболеваемость различий в половозрастной структуре населения районов. СЧРВВБ также была усреднена за 2010–2014 гг.

Важный эпидемиологический показатель – плотность населения. Для оценки этой характеристики мы

использовали отношение численности населения района к площади жилой застройки. Площадь жилой застройки оценивали по данным классификации площадей, полученным из проекта OpenStreetMaps и охватывающим более 95% территории города. Доля жилой застройки варьировала от 5 до 85% площади района.

Для удобства интерпретации результатов регрессионного анализа все переменные, используемые для регрессии, были нормированы – приведены к нулевому среднему и единичной дисперсии по формуле:

$$X_{std} = (X - \bar{X}) / \sigma(X).$$

Пошаговую регрессию проводили с условием включения переменных $p < 0,05$ и условием исключения $p > 0,1$.

В качестве зависимых переменных рассматривали два показателя. Первый – зарегистрированная заболеваемость³ среди постоянных жителей. Второй – относительная стандартизованная заболеваемость (СЧРВВБ). В качестве веса при регрессии использовали численность населения района.

Результаты

Предварительные расчеты показали, что при обработке данных по заболеваемости за один год процедура пошагового анализа не выделяет значимых связей заболе-

³ Впервые выявленные больные туберкулезом с лабораторно-подтвержденным бактериовыделением.

² Standardized notification ratio (SNR).

Таблица 4

Социально-экономические факторы, связанные с показателями заболеваемости туберкулезом. Результаты пошагового линейного регрессионного анализа

Средняя нормированная заболеваемость резидентов за 2010–2014 гг. МБТ+	Стандартизованная заболеваемость резидентов (СЧРВВБ, средняя за 2010–2014 гг.)			
Переменная	β	p	β	p
Доля семей, получающих субсидии на оплату ЖКУ (стандартизовано)	0,46	< 0,001	0,14	< 0,001
Мужчины в возрасте 80–89 лет, доля от всего населения (стандартизовано)	-0,42	< 0,001	-0,11	< 0,001
Коэфф. корреляции между предсказанной и наблюдаемой заболеваемостью	$R = 0,61$ ($R^2 = 0,37$)	< 0,001	$R = 0,6$ ($R^2 = 0,36$)	< 0,001

Примечание. Относительная численность населения района в 2010 г.

ваемости с социально-экономическими характеристиками районов. Коэффициент детерминации для уравнений с тремя наиболее значимыми предикторами варьировал от 0,15 до 0,21. О неустойчивости выделенных зависимостей свидетельствовало то, что за разные годы наиболее коррелированными оказывались разные социально-экономические характеристики. Учитывая также то, что значения многих социально-экономических характеристик определяли по данным переписи 2010 г., мы решили усреднить заболеваемость за период 2010–2014 гг. и строить регрессионное уравнение для средней заболеваемости за 5 лет. Получающиеся уравнения описывали существенно большую часть дисперсии заболеваемости, чем уравнения, построенные по данным одного года (сравнить R табл. 4 и 5).

Для оценки устойчивости найденного таким образом набора предикторов использовали метод «складного ножа» [17]: из данных для 107 районов многократно случайным образом исключали данные для 11 (10%) районов и проводили пошаговую регрессию. Результаты этих расчетов показали, что приведенные в табл. 5 предикторы выделялись в 98% (доля семей, получающих

субсидии на оплату ЖКУ) и 80% (мужчины в возрасте 80–89 лет, доля от всего населения) экспериментов. Таким образом, из показателей, приведенных в табл. 2, были выбраны эти два показателя.

Факторы, приведенные в табл. 4, установлены в результате пошагового линейного регрессионного анализа связей показателей заболеваемости и социально-экономических характеристик населения районов. В табл. 5 приведены величины коэффициентов корреляции (R) между показателями заболеваемости туберкулезом и некоторыми социально-демографическими показателями, необходимые для интерпретации полученных результатов.

Обсуждение

Задача данного исследования – поиск социально-экономических показателей, определяющих различия в уровнях заболеваемости туберкулезом между районами Москвы. Основной результат работы – обнаружение достоверной связи заболеваемости туберкулезом с двумя характеристиками: долей малообеспеченного населения и долей мужчин в возрасте 80–89 лет. Доля малообеспеченного населения – предиктор заболеваемости туберкулезом во многих социально-эпидемиологических исследованиях с начала XX в. Вторая характеристика – доля мужчин в возрасте 80–89 лет – несколько неожиданная. Дело в том, что в ряде исследований увеличение в популяции доли мужчин старшего возраста коррелировало с увеличением заболеваемости туберкулезом [5]. Такую зависимость объясняли тем, что пожилые мужчины имеют более низкие доходы, худшее питание, чаще курят и злоупотребляют алкоголем. В нашем случае увеличение доли пожилых мужчин коррелирует со снижением заболеваемости туберкулезом (коэффициент корреляции между средней заболеваемостью на 100 тыс. за 2010–2014 гг. и долей мужчин в возрасте 80–89 лет в популяции $R = -0,40$, $p < 0,001$).

Возможное объяснение этой зависимости связано с социально-экономическими процессами в России в 1990-х годах. С демографической точки зрения период конца 1980-х – первой половины 1990-х годов характеризовался значительным ростом смертности взрослого населения, особенно среди мужчин старше 30 лет [19]. Основной причиной увеличения смертности было резкое ухудшение социально-экономических условий. Прирост смертности был выше среди работников физического труда и рабочих [20], в группах населения с низким уровнем образования [21]. Эти данные позволяют предположить, что отрицательная корреляция между долей мужчин в возрасте 80–89 лет и заболеваемостью туберкулезом отражает различия

Таблица 5

Коэффициенты корреляции (R) между показателями заболеваемости туберкулезом и социально-демографическими показателями

Показатель/зависимая переменная	Заболеваемость резидентов (средняя за 2010–2014 гг. МБТ+)	Стандартизованная заболеваемость резидентов (СЧРВВБ, средняя за 2010–2014 гг.)
Доля семей, получающих субсидии на оплату ЖКУ (2010)	0,44	0,47
Доля мужчин в возрасте 80–89 лет	-0,40	-0,35
Доля мужчин в возрасте 70–79 лет	-0,28	-0,22
Доля женщин в возрасте 50–59 лет	0,10	0,11
Рыночная стоимость жилья, приходящегося на одного жителя (2010/2015)	-0,48	-0,44
Жилая площадь, приходящаяся на одного жителя (2010)	-0,33	-0,29
Плотность населения на территории жилой застройки	0,12	0,08
Заболеваемость мигрантов (средняя за 2010–2014, МБТ+)	0,01	0,02

уровня социального статуса населения и социальной благополучности района. Отрицательную корреляцию с заболеваемостью наблюдают и для долей мужчин в соседних возрастных группах, но несколько меньше по абсолютной величине (данные не показаны). Подтверждение такой интерпретации – достоверная отрицательная корреляция между рыночной стоимостью квадратного метра жилья и заболеваемостью туберкулезом, так как социальная благополучность среды служит важным фактором цены (см. табл. 5). Какие механизмы реализуют влияние этих факторов на заболеваемость туберкулезом?

В динамике туберкулеза выделяют две стадии: инфицирование, приводящее к латентной инфекции, и переход латентной инфекции в активную фазу – заболевание туберкулезом. Частоту инфицирования определяют частотой эффективных контактов с бактериовыделителями, она зависит от плотности жителей на территории административных единиц. Остальные социальные, экономические и другие факторы влияют прежде всего на состояние защитных систем организма [18]. Установлено, что тяжелые бытовые условия, плохое питание, недостаточная социальная и личностная поддержка приводят к периодическому или постоянному угнетению иммунной защиты, что становится причиной активации латентной инфекции микобактериями [22, 23].

Зависимость заболеваемости туберкулезом от плотности населения описана в ряде работ [18, 24]. Обработка данных по Москве не выявила значимой зависимости СЧРВВБ от плотности населения на территории жилой застройки района ($R = 0,08$, $p = 0,44$). Существенное влияние социально-экономических факторов на заболеваемость туберкулезом (коэффициент детерминации регрессионного уравнения $R^2 = 0,4$) и отсутствие корреляции заболеваемости постоянных жителей и плотности населения позволяют предположить, что основным механизмом появления новых случаев бактериовыделения является ослабление иммунной защиты и активация латентной инфекции.

Значительную долю среди впервые выявленных больных туберкулезом составляют лица, не являющиеся постоянными жителями Москвы, доля таких больных в 2014 г. составляла 43%, или 1466 больных (2013 г. – 44,3%, или 1696 больных) [1, с. 22]. Заболеваемость этой категории больных может оказывать влияние на заболеваемость постоянных жителей. Для количественной оценки этого влияния число случаев заболевания непостоянных жителей района делили на численность постоянного населения. Полученную величину сравнивали с заболеваемостью постоянных жителей района. Такое сравнение имеет смысл, так как в Москве отсутствуют значительные анклавы с повышенной концентрацией мигрантов. Именно поэтому для оценки связи заболеваемости постоянных и непостоянных жителей мы можем использовать коэффициент корреляции между заболеваемостью постоянных жителей и заболеваемостью непостоянных, рассчитанной на 100 тыс. постоянных жителей района. Расчеты показали отсутствие корреляции между этими двумя характеристиками заболеваемости ($R = 0,01$, см. табл. 5). Данный результат не исключает влияния плотности источников инфекции из числа непостоянных жителей на скорость инфицирования постоянных жителей. Однако это влияние может проявиться только спустя несколько лет при активации латентной инфекции.

Заключение

В результате анализа влияния социально-экономических факторов на стандартизованную частоту регистрации впервые выявленных бактериовыделителей установлено, что в Москве ведущими факторами служат доля населения, получающая социальное пособие на оплату жилья, и относительная доля мужчин старше 80 лет. Указанные факторы объясняют примерно 40% дисперсии средней за 2010–2014 гг. частоты регистрации впервые выявленных бактериовыделителей между районами Москвы ($R = 0,64$). С содержательной точки зрения первый фактор служит характеристикой материальной обеспеченности жителей района, второй – характеристикой социальной благополучности жителей района, уровня образования, доступности различных форм медицинской и социальной поддержки, величины социального капитала. На заболеваемость не влияют плотность населения района, заболеваемость мигрантов, зарегистрированных в районе. Именно поэтому можно предположить, что основной механизм появления впервые выявленных бактериовыделителей – активация латентной инфекции, а основная причина – ослабление иммунной защиты в результате действия социально-экономических факторов. Этот результат будет использован при описании зависимости параметров моделей динамики заболеваемости туберкулезом от социально-экономических характеристик населения.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке грантом РФФИ 17-01-00883 для К.А.С., Р.А.А., С.Т.Е. и А.К.К.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Противотуберкулезная работа в городе Москве. Аналитический обзор статистических показателей по туберкулезу. 2014 г. / Под ред. Е.М. Богородской, В.И. Литвинова. М.: МНПЦБТ; 2015.
2. *Global Tuberculosis Report. 20th Ed.* World Health Organization; 2015.
3. *Эпидемиологический словарь* / Под ред. Дж.М. Ласта. М.: Глобус; 2009.
4. Lönnroth K., Jaramillo E., Williams B.G., Dye C., Raviglion M. Drivers of tuberculosis epidemics: the role of risk factors and social determinants. *Soc. Sci. Med.* 2009; 68 (12): 2240–6. doi:10.1016/j.socscimed.2009.03.041
5. Chan-Yeung M., Yeh A.G.O., Tam C.M., Kam K.M., Leung C.C., Yew W.W., Lam C.W. Socio-demographic and geographic indicators and distribution of tuberculosis in Hong Kong: a spatial analysis. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2005; 9 (12): 1320–6.
6. Holtgrave D.R., Crosby R.A. Social determinants of tuberculosis case rates in the United States. *Am. J. Prevent. Med.* 2004; 26 (2): 159–62.
7. Yu G.P., Hsieh C.C., Peng J. Risk factors associated with the prevalence of pulmonary tuberculosis among sanitary workers in Shanghai. *Tubercle.* 1988; 69 (2): 105–12.
8. Harling G., Ehrlich R., Myer L. The social epidemiology of tuberculosis in South Africa: a multilevel analysis. *Soc. Sci. Med.* 2008; 66 (2): 492–505.
9. Hawker J.I., Bakhshi S.S., Ali S., Farrington C.P. Ecological analysis of ethnic differences in relation between tuberculosis and poverty. *Br. Med. J.* 1999; 319: 1031–4.
10. Shetty N., Shemko M., Vaz M., D'souza G. An epidemiological evaluation of risk factors for tuberculosis in South India: a matched case control study. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2006; 10 (1): 80–6.
11. Противотуберкулезная работа в городе Москве. Аналитический обзор статистических показателей по туберкулезу. 2015 г.

- / Под ред. Е.М. Богородской, В.И. Литвинова, Е.М. Белиловского. М.: МНПЦБТ; 2016.
12. ООО «Яндекс». Геокодер Яндекс. Карты. URL: <https://tech.yandex.ru/maps/geocoder/> (дата обращения 24.08.2016)
 13. OpenStreetMap contributors. Moscow dump. URL: <http://planet.openstreetmap.org> (дата обращения 11.02.2015)
 14. Федеральная служба государственной статистики. Итоги Всероссийской переписи населения. 2010 г. Таблица «Население по возрастным группам и полу по муниципальным образованиям г. Москвы» URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm; http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/moscow/ru/census_and_researching/census/national_census_2010/score_2010/8a3b3b8042416be7a7deef2d59c15b71 (дата обращения 10.12.2015)
 15. Федеральная служба государственной статистики по г. Москве. База данных показателей районов г. Москвы. URL: <http://www.gks.ru/>, <http://moscow.gks.ru/> (дата обращения 10.12.2015)
 16. ЦИАН групп. Средняя стоимость жилья по районам Москвы. URL: <http://www.cian.ru/> (дата обращения 12.02.2015)
 17. Cameron A.C., Trivedi, P.K. *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge; New York: Cambridge University Press; 2005. ISBN 9780521848053.
 18. Mangtani P., Jolley D.J., Watson J.M., Rodrigues L.C. Socioeconomic deprivation and notification rates for tuberculosis in London during 1982–91. *Br. Med. J.* 1995; 310 (6985): 963–6.
 19. Chen L.C., Wittgenstein F., McKeon E. The upsurge of mortality in Russia: causes and policy implications. *Popul. Dev. Rev.* 1996; 22 (3): 517–30.
 20. Cockerham W.C. *Health and Social Change in Russia and Eastern Europe*. Psychology Press; 1999.
 21. Shkolnikov V.M., Leon D.A., Adamets S., Andreev E., Deev A. Educational level and adult mortality in Russia: an analysis of routine data 1979 to 1994. *Soc. Sci. Med.* 1998; 47 (3): 357–69.
 22. Kiecolt-Glaser J.K., McGuire L., Robles T.F., Glaser R. Emotions, morbidity, and mortality: new perspectives from psychoneuroimmunology. *Ann. Rev. Psychol.* 2002; 53 (1): 83–107.
 23. Miller A.H. Neuroendocrine and immune system interactions in stress and depression. *Psychiatr. Clin. N. Am.* 1998; 21 (2): 443–63.
 24. Harling G., Marcia C.C. A spatial analysis of social and economic determinants of tuberculosis in Brazil. *Health & Place.* 2014; 25: 56–67.
 1. Bogorodskaya E.M., Litvinov V.I., Eds. *Anti-tuberculosis work in Moscow. Analytical review of statistical indicators for tuberculosis. 2014*. Moscow: MNPTsBT; 2015. (in Russian)
 2. *Global Tuberculosis Report. 20th Ed.* World Health Organization; 2015.
 3. Lasta Dzh.M., Ed. *A Dictionary of Epidemiology. Moscow: Globus; 2009*. ISBN-13: 9780195314496 Published online: 2014 Current Online Version: 2014 DOI: 10.1093/acref/9780195314496.001.0001 eISBN: 9780199338931
 4. Lönnroth K., Jaramillo E., Williams B.G., Dye C., Raviglione M. Drivers of tuberculosis epidemics: the role of risk factors and social determinants. *Soc. Sci. Med.* 2009; 68 (12): 2240–6. doi:10.1016/j.socscimed.2009.03.041
 5. Chan-Yeung M., Yeh A.G.O., Tam C.M., Kam K.M., Leung C.C., Yew W.W., Lam C.W. Socio-demographic and geographic indicators and distribution of tuberculosis in Hong Kong: a spatial analysis. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2005; 9 (12): 1320–6.
 6. Holtgrave D.R., Crosby R.A. Social determinants of tuberculosis case rates in the United States. *Am. J. Prevent. Med.* 2004; 26 (2): 159–62.
 7. Yu G.P., Hsieh C.C., Peng J. Risk factors associated with the prevalence of pulmonary tuberculosis among sanitary workers in Shanghai. *Tubercle.* 1988; 69 (2): 105–12.
 8. Harling G., Ehrlich R., Myer L. The social epidemiology of tuberculosis in South Africa: a multilevel analysis. *Soc. Sci. Med.* 2008; 66 (2): 492–505.
 9. Hawker J.I., Bakhshi S.S., Ali S., Farrington C.P. Ecological analysis of ethnic differences in relation between tuberculosis and poverty. *Br. Med. J.* 1999; 319: 1031–4.
 10. Shetty N., Shemko M., Vaz M., D'souza G. An epidemiological evaluation of risk factors for tuberculosis in South India: a matched case control study. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.* 2006; 10 (1): 80–6.
 11. Bogorodskaya E.M., Litvinov V.I., Belilovskiy E.M., Eds. *Anti-tuberculosis work in Moscow. Analytical review of statistical indicators for tuberculosis. 2015*. Moscow: MNPTsBT; 2016. (in Russian)
 12. Yandex Ltd. Yandex Maps geocoder. Available at: <https://tech.yandex.ru/maps/geocoder/> (accessed 24 August 2016)
 13. OpenStreetMap contributors. Moscow dump. Available at: <http://planet.openstreetmap.org> (accessed 11 February 2015)
 14. Russian Federal Service of State Statistics. Results of the Russian Census. 2010. Table “Population by age groups and sex by municipal formations in Moscow”. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm; http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/moscow/ru/census_and_researching/census/national_census_2010/score_2010/8a3b3b8042416be7a7deef2d59c15b71 (accessed 10 December 2015) (in Russian)
 15. Russian Federal Service of State Statistics in Moscow. Database of indicators of Moscow districts. Available at: <http://www.gks.ru/>, <http://moscow.gks.ru/> (accessed 10 December 2015) (in Russian)
 16. CIAN group. The average cost of housing in Moscow districts. Available at: <http://www.cian.ru/> (accessed 12 February 2015) (in Russian)
 17. Cameron A.C., Trivedi, P.K. *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge; New York: Cambridge University Press; 2005. ISBN 9780521848053.
 18. Mangtani P., Jolley D.J., Watson J.M., Rodrigues L.C. Socioeconomic deprivation and notification rates for tuberculosis in London during 1982–91. *Br. Med. J.* 1995; 310 (6985): 963–6.
 19. Chen L.C., Wittgenstein F., McKeon E. The upsurge of mortality in Russia: causes and policy implications. *Popul. Dev. Rev.* 1996; 22 (3): 517–30.
 20. Cockerham W.C. *Health and Social Change in Russia and Eastern Europe*. Psychology Press; 1999.
 21. Shkolnikov V.M., Leon D.A., Adamets S., Andreev E., Deev A. Educational level and adult mortality in Russia: an analysis of routine data 1979 to 1994. *Soc. Sci. Med.* 1998; 47 (3): 357–69.
 22. Kiecolt-Glaser J.K., McGuire L., Robles T.F., Glaser R. Emotions, morbidity, and mortality: new perspectives from psychoneuroimmunology. *Ann. Rev. Psychol.* 2002; 53 (1): 83–107.
 23. Miller A.H. Neuroendocrine and immune system interactions in stress and depression. *Psychiatr. Clin. N. Am.* 1998; 21 (2): 443–63.
 24. Harling G., Marcia C.C. A spatial analysis of social and economic determinants of tuberculosis in Brazil. *Health & Place.* 2014; 25: 56–67.

Поступила 30.11.2016

Принята в печать 19.04.2017

Сведения об авторах:

Романюха Алексей Алексеевич, доктор физико-математических наук, проф., вед. науч. сотр., заместитель директора. ФГБУН «Институт вычислительной математики РАН». 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8. Россия. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова». Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, e-mail: eburg101@mail.ru; **Борисов Сергей Евгеньевич**, доктор мед. наук, проф., заместитель директора по научно-клинической работе. ГБУЗ «Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом Департамента здравоохранения г. Москвы, e-mail: sebarsik@gmail.com; **Белиловский Евгений Михайлович**, канд. биол. наук, зав. отделом. ГБУЗ «Московский городской научно-практический центр борьбы с туберкулезом» Департамента здравоохранения г. Москвы, 107014, г. Москва, ул. Стромынка, д. 10. Россия, e-mail: belilo5@mail.ru; **Санникова Татьяна Евгеньевна**, канд. физико-математических наук, научный сотрудник. ФГБУН «Институт вычислительной математики» РАН, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8. Россия. E-mail: te_san@yahoo.com; **Авилов Константин Иванович**, канд. физ.-матем. наук, научный сотрудник. ФГБУН «Институт вычислительной математики РАН». 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8. Россия, e-mail: kkavilov@gmail.com