



Пространственное моделирование смертности трудоспособного населения Республики Башкортостан

И.А. Лакман¹, Р.А. Аскаргов², В.М. Тимирьянова¹, З.Ф. Аскаргова³

¹ ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии»,
ул. Заки Валиди, д. 32, г. Уфа, 450076, Республика Башкортостан, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе»,
ул. Миклухо-Маклая, д. 23, г. Москва, 117997, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Ленина, д. 3, г. Уфа, 450008, Российская Федерация

Резюме

Введение. Сохраняющаяся высокая смертность населения в трудоспособном возрасте оказывает влияние как на производственный потенциал страны, так и на перспективы достижения цели увеличения ожидаемой продолжительности здоровой жизни, обозначенной нацпроектом «Демография» в частности. Вариация смертности населения проявляется не только в структурных различиях населения (пол, возраст и т. д.), она также формируется вследствие значительных различий региональных условий жизнедеятельности, что требует более внимательного изучения пространственных факторов ее роста.

Цель исследования: проведение пространственного анализа смертности трудоспособного населения и выделение факторов, ее определяющих, на основе данных по Республике Башкортостан.

Материалы и методы. Информационной основой исследования является сбалансированная панель показателей смертности населения и социально-экономических факторов, ее определяющих, по 74 объектам (54 района и 20 городов) и 19 временным интервалам (2002–2020 гг.), сформированная отдельно для мужчин и женщин. В качестве методов анализа использовались коэффициент пространственной автокорреляции Морана, пространственное панельное регрессионное моделирование. В качестве весовой матрицы пространственной связности территорий применялась матрица соседства.

Результаты. Статистический анализ данных показал, что для смертности трудоспособного населения, в том числе для мужчин и женщин, имеет место выраженная пространственная автокорреляция ($p < 0,001$). Увеличение валового муниципального продукта на душу населения в определенном муниципальном образовании значимо ($p < 0,001$) снижает уровень общей смертности как для мужчин, так и для женщин трудоспособного возраста. Значимым фактором, повышающим смертность населения, является рост общей криминогенности территории. Гендерные различия проявились во влиянии обеспеченности медицинскими ресурсами населения на смертность в трудоспособных возрастах: для женщин значимого влияния данного фактора не выявлено.

Выводы. Смертность населения имеет не локальную, а пространственно-зависимую природу.

Ключевые слова: смертность трудоспособного населения, модели пространственного лага, панельная регрессия.

Для цитирования: Лакман И.А., Аскаргов Р.А., Тимирьянова В.М., Аскаргова З.Ф. Пространственное моделирование смертности трудоспособного населения Республики Башкортостан // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 12. С. 7–16. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-7-16

Spatial Modeling of Mortality of the Working-Age Population in the Republic of Bashkortostan

Irina A. Lakman,¹ Rasul A. Askarov,² Venera M. Timiryanova,¹ Zagira F. Askarova³

¹ Ufa University of Science and Technology, 32 Zaki Validi Street, Ufa, 450076, Russian Federation

² Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting,
23 Miklukho-Maklay Street, Moscow, 117997, Russian Federation

³ Bashkir State Medical University, 3 Lenin Street, Ufa, 450008, Russian Federation

Summary

Introduction: The persisting high mortality rate among working-age adults affects both the production potential of the country and the prospects for achieving the goal of increasing healthy life expectancy, as set by the National Demography Project. Variations in mortality are attributed not only to structural differences in the population (sex, age, etc.) but also to significant differences in regional living and working conditions, thus necessitating a more careful study of spatial factors of its growth.

Objective: To conduct a spatial analysis of mortality among the working-age population and to identify its determinants based on data for the Republic of Bashkortostan (RB).

Materials and methods: The information basis of the study is a balanced panel of mortality rates and their socio-economic determinants for 74 areas (54 districts and 20 cities) and 19 time spans (2002–2020), formed for men and women separately. The Moran's spatial autocorrelation coefficient and the spatial panel regression modeling were used for data analysis. The neighborhood matrix was used as a weight matrix of spatial connectivity of territories.

Results: Our findings showed a pronounced spatial autocorrelation ($p < 0.001$) for mortality of the working-age population of both sexes. An increase in the gross municipal product per capita significantly ($p < 0.001$) reduced the overall mortality rate in both men and women of working age while an increase in the local crime rate, on the opposite, significantly increased it. Sex-specific differences were established in the impact of availability of medical resources on working-age mortality: for women this factor was found to be insignificant.

Conclusions: The mortality of the working-age population has a non-local, but a spatially dependent nature.

Keywords: mortality of the working-age population, spatial lag models, panel regression.

For citation: Lakman IA, Askarov RA, Timiryanova VM, Askarova ZF. Spatial modeling of mortality of the working-age population in the Republic of Bashkortostan. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(12):7–16. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-12-7-16

Введение. Одной из проблем современной России, тормозящих её развитие, является относительно высокая смертность населения в трудоспособном возрасте. И если женская смертность не критично отличается от показателей экономически развитых стран, то смертность среди мужчин трудоспособного возраста существенно превосходит аналогичные показатели [1, 2]. Многие специалисты отмечают, что депопуляция мужского населения в трудоспособных возрастах может стать угрозой для экономической и демографической безопасности страны [3]. При этом, по мнению ряда исследователей, за счет снижения смертности в трудоспособных возрастах можно добиться существенного увеличения ожидаемой продолжительности жизни населения и уменьшения гендерного разрыва в данном показателе [4, 5]. В связи с этим важной задачей является выделение факторов, оказывающих влияние на уровень смертности трудоспособного населения, в том числе раскрытие социально-экономических условий ее роста.

Регионы могут иметь различия в уровне смертности, а также в факторах и условиях, их определяющих [6, 7], но они не являются изолированными, а следовательно, при моделировании влияния социально-экономических факторов на смертность для получения надежных несмещенных оценок следует учитывать пространственную составляющую в данных процессах [8–12]. Для решения проблемы учета пространственной составляющей в распределении смертности ученые-демографы и эпидемиологи используют различные подходы. В обзорной статье [13] описываются статистические модели, позволяющие учесть пространственную зависимость в анализе смертности и анализе выживаемости и выявить пространственные кластеры, возникающие из-за общих экологических, демографических или культурных эффектов, характерных для соседних регионов. В работе [14] исследовалась пространственная структура основных причин смерти в Швейцарии в период с 2008 по 2012 год с использованием байесовских моделей условной авторегрессии (BCAR). Проведенный анализ показал статистическую значимость пространственной изменчивости основных причин смерти. Байесовские методы широко применяются для исследования пространственных взаимосвязей в распределении смертности. Так, в работе [15] для картирования показателей смертности и выявления географических различий авторы используют метод байесовских парных множественных сравнений. Авторы другого исследования [16], используя байесовскую модель условной авторегрессии, показали, что социальное неравенство положительно связано со смертностью, обосновав также, что пространственное моделирование дает более точные прогнозы, чем традиционные методы оценивания. Начиная с 2000-х годов широкое применение к оценке пространственной связности в показателях смертности и оценке влияния на нее различных факторов (экологических, демографических, социально-экономических и др.) получили модели авторегрессии пространственного лага. Так, в работе [17] выявляются факторы,

связанные с доходом населения и неравномерным его распределением, оказывающие влияние на смертность (как общую, так и преждевременную), с использованием моделей пространственного лага. Существует большое количество работ, посвященных выявлению пространственного влияния различных факторов как на общую смертность [10], так и на смертность по отдельным причинам (например, от болезней систем кровообращения [18], болезней органов дыхания [19, 20], рака [21], внешних причин [22] и др.). Существуют обобщающие исследования, в которых системно исследуются различия в пространственных закономерностях смертности от различных причин, например, для Молдовы в работе [23]. В России также проводились исследования, посвященные выявлению наличия пространственной связности общей смертности [24], в том числе по отдельным причинам [20, 25, 26].

Целью исследования является проведение пространственного анализа смертности трудоспособного населения и выделение факторов, ее определяющих, на основе данных по Республике Башкортостан (РБ).

Материалы и методы. Основой для исследования смертности трудоспособного населения послужили данные, предоставленные Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан, сгруппированные по 74 муниципальным образованиям (МО), в т. ч. 54 районам и 20 городам. Данные представляли собой показатели общей смертности и смертности мужчин и женщин в отдельности в трудоспособном возрасте (женщины – 16–54 лет, мужчины – 16–59 лет), собранные в виде сбалансированной панели по 74 объектам и 19 временным интервалам (2002–2020 гг.).

Для оценки пространственной связности в показателях смертности трудоспособного населения и выявления факторов социально-экономического развития, обуславливающих ее значимое изменение, использовали следующую схему исследования.

На первом этапе проводили формирование весовой матрицы пространственной связности территорий: 1, если между i -м и j -м муниципалитетами есть общая граница, 0 – если общей границы нет, для городских округов, по сути, являющимися анклавом внутри муниципалитетов, присваивали 1 для окружающего МО и для всех муниципалитетов, с ним граничащих.

На втором этапе тестировали гипотезы о наличии пространственной связности смертности за каждый год наблюдения. Для этого рассчитывали индекс пространственной автокорреляции Морана I_M , который затем тестировали на равенство нулю ($H_0: I_M = 0$):

$$I_M = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \cdot \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (Mor_i - \bar{Mor})(Mor_j - \bar{Mor})}{\sum_i (Mor_i - \bar{Mor})^2},$$

где n – общее число муниципальных образований и городских округов в РБ, w_{ij} – элемент, весовой матрицы смежности, Mor_i и Mor_j – исследуемые уровни смертности в i -м и j -м муниципальном образовании, соответственно, \bar{Mor} – среднее значение уровня смертности по РБ.

С целью более глубокого понимания локальных проявлений пространственной зависимости были выделены локальные значения индекса Морана, позволяющие выделять пространственно связанные кластеры высоких и низких значений смертности:

1) High-high – территории с относительно высокими собственными значениями смертности, окруженные территориями также с относительно высокими значениями смертности;

2) Low-Low – территории с относительно низкими собственными значениями смертности населения, окруженные территориями также с относительно низкими значениями смертности.

На третьем этапе определяли наиболее подходящую спецификацию для моделирования смертности в трудоспособном возрасте. Для этого проводили тест Вулдриджа на ненаблюдаемые эффекты в модели, тест Вулдриджа для последовательной корреляции в моделях с фиксированными эффектами и тест Песарана на кросс-секционную зависимость. Также проводили тесты Балтаги – Сонга – Коха на наличие случайных и пространственных эффектов и LM-тесты на наличие пространственного лага зависимой переменной и пространственную зависимость ошибок [27, 28].

На четвертом этапе, исходя из результатов проведенного тестирования, осуществлялся выбор спецификации панельных пространственных моделей из следующих вариантов [27, 28]:

1) панельная модель с пространственной автокорреляцией (SAR):

$$Mor_{it} = \rho W Mor_{it} + X\beta + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon;$$

2) панельная модель пространственной ошибки (SEM):

$$Mor_{it} = X\beta + \lambda Wu + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon;$$

3) панельная модель с пространственной автокорреляцией и пространственной ошибкой (SAC):

$$Mor_{it} = \rho W Mor_{it} + X\beta + \lambda Wu + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon,$$

где Mor_{it} – уровень смертности трудоспособного населения в i -м муниципалитете в t -й период времени, $W = (w_{ij})$ – весовая матрица смежности i -го и j -го муниципалитетов, X – матрица факторов влияния, α_i , γ_t – панельные эффекты по объектам исследования и по периодам соответственно, ρ – коэффициент автокорреляции пространственного лага, λ – коэффициент пространственной ошибки, β – коэффициенты при регрессорах, ε – случайная компонента, i – индекс муниципальных образований ($i = 1 \dots 74$), t – индекс периода времени ($t = 2002 \dots 2019$).

Модель строилась по данным без учета 2020 г., в виду его специфичности на фоне пандемии COVID-19. Качество моделей мониторировалось по близости к единице $Pseudo-R^2$.

На пятом этапе исследования проводили анализ полученных результатов, интерпретировали результаты пространственного моделирования, в том числе панельных эффектов.

В качестве социально-экономических факторов, возможно обуславливающих изменение смертности трудоспособного населения, рассматривали: валовый муниципальный продукт, определенный

авторами самостоятельно согласно зарубежной методике «городского продукта» (метод А) [29]; отношение численности врачей к численности среднего медицинского персонала; обеспеченность большими койками на 10 000 населения; количество зарегистрированных преступлений на 10 000 человек населения и уровень зарегистрированной безработицы (%); плотность населения (человек/км²).

Все статистические расчеты проводились используя R Studio.

Результаты. За исследуемый период времени (2002–2020 гг.) изменение уровня общей смертности населения трудоспособного возраста сопоставимо с общероссийским: в динамике наблюдается снижение уровня смертности (у мужчин с 1031,0 до 780,6, у женщин – с 338,6 до 280,7 на 100 тыс. населения соответствующего возраста). В 2020 г. по сравнению с 2002 г. наблюдалось снижение общей смертности населения трудоспособного возраста во всех регионах республики. При сравнительном анализе среднемноголетних данных смертность в северном ($791,4 \pm 13,7 \text{ ‰}$, $p = 0,010$), в северо-восточном ($742,2 \pm 11,2 \text{ ‰}$, $p = 0,016$) регионах РБ превышает аналогичные в РФ ($629,4 \pm 26,0 \text{ ‰}$) (в РБ – $624,8 \pm 10,4 \text{ ‰}$).

С целью выявления пространственной зависимости отмеченных процессов изменения смертности трудоспособного населения были рассчитаны глобальные индексы пространственной автокорреляции Морана, и определен p -уровень их статистической значимости. В табл. 1 сведены соответствующие результаты пространственного автокорреляционного анализа, проведенного для общей смертности населения трудоспособного возраста, как в целом по населению республики, так и по полу.

Как видно из результатов проведенного анализа, все статистически значимые индексы пространственной автокорреляции положительны, что естественно для анализа уровня смертности и говорит о том, что территории пространственно связаны и имеют общие закономерности в процессах смертности трудоспособного населения. Примечательно, что пространственная связность территорий республики в показателях общей смертности трудоспособного населения наблюдалась в периоды 2002–2006, 2008–2010, 2012–2014 гг., в 2016 и 2018 гг. Причем для общей смертности трудоспособных мужчин периоды пространственной связности были такими же. Для женской общей смертности пространственная связность прослеживалась в периоды 2002–2014 и 2016–2018 гг. Следует отметить, что в 2019–2020 гг. пространственная автокорреляция не наблюдалась в показателях общей смертности.

Проведенные расчеты показывают, что в целом общая смертность населения трудоспособного возраста имеет выраженную пространственную зависимость. Визуализация локальных значений индекса Морана позволяет обнаружить концентрацию высоких значений показателя в восточных районах РБ и низких значений показателя в западных районах (см. рис. 1).

На рисунке более темным серым цветом обозначены центры территорий, характеризующихся

Таблица 1. Глобальные индексы пространственной автокорреляции Морана для показателей общей смертности населения трудоспособного возраста (на 100 тысяч человек)
Table 1. Global Moran's Index for mortality rates in the working-age population (per 100,000 people)

Год / Year	Общая смертность / Total mortality		Смертность мужчин / Male mortality		Смертность женщин / Female mortality	
	Индекс Морана / Moran's I	<i>p</i>	Индекс Морана / Moran's I	<i>p</i>	Индекс Морана / Moran's I	<i>p</i>
2002	0,223	< 0,001***	0,201	< 0,001***	0,098	0,027*
2003	0,259	< 0,001***	0,290	< 0,001***	0,131	0,006**
2004	0,163	0,001**	0,191	< 0,001***	0,133	0,006**
2005	0,205	< 0,001***	0,237	< 0,001***	0,101	0,025*
2006	0,154	0,002**	0,152	0,002**	0,095	0,031*
2007	0,055	0,116	0,047	0,144	0,119	0,010**
2008	0,121	0,010**	0,130	0,006**	0,132	0,006**
2009	0,127	0,008**	0,125	0,009**	0,182	< 0,001***
2010	0,144	0,003**	0,135	0,004**	0,097	0,027**
2011	0,046	0,149	0,031	0,219	0,142	0,003**
2012	0,171	0,001**	0,179	< 0,001***	0,083	0,050*
2013	0,160	0,001**	0,169	0,001**	0,086	0,042*
2014	0,125	0,009**	0,111	0,016*	0,127	0,007**
2015	-0,004	0,433	0,086	0,043*	0,054	0,121
2016	0,094	0,033*	0,096	0,030*	0,109	0,018*
2017	0,069	0,078	0,059	0,106	0,167	0,001**
2018	0,108	0,018*	0,117	0,012*	0,090	0,037*
2019	0,005	0,377	0,002	0,393	0,068	0,077
2020	-0,003	0,431	0,033	0,212	-0,059	0,779

Примечание: *, **, *** – статистическая значимость глобального индекса автокорреляции Морана при уровне значимости $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$ соответственно.
Note: *, **, *** statistical significance of the Moran's global autocorrelation index at $p < 0.05$, $p < 0.01$, and $p < 0.001$, respectively

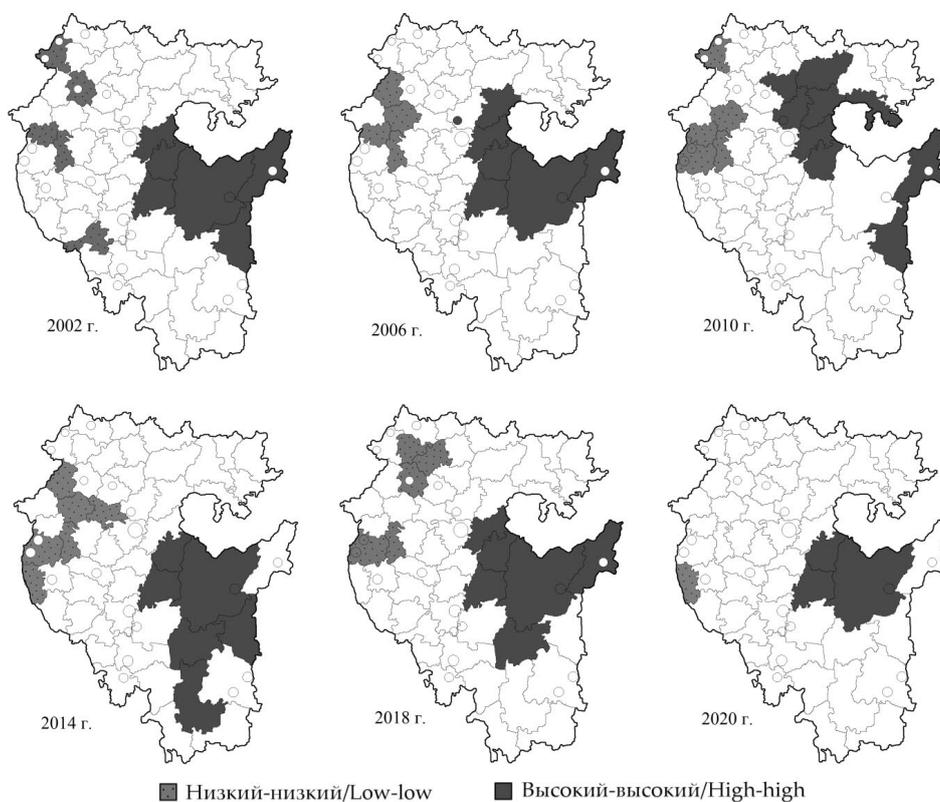


Рис. 1. Локальные значения индекса Морана для общей смертности населения трудоспособного возраста (на 100 тысяч человек)

Fig. 1. Local Moran's indexes for the total mortality of the working-age population (per 100,000 people)

высоким значением общей смертности, расположенные рядом с другими территориями, имеющими также относительно высокие значения показателя (High-high). Более светлым серым цветом выделены центры территорий, характеризующихся низким значением общей смертности, расположенные рядом с другими территориями, имеющими относительно низкие значения показателя (Low-low).

Проведенные расчеты показывают, что такая территориальная особенность, проявляющаяся в более низкой общей смертности на западе и более высокой общей смертности на востоке, прослеживается на протяжении всего рассматриваемого периода (даже в периоды, когда глобальная оценка индекса Морана статистически не значима), т. е. она неслучайна.

В табл. 2 сведены результаты всех проведенных предварительно статистических тестов, позволяющих определить с корректной спецификацией пространственных моделей общей смертности населения в трудоспособном возрасте, в том числе в отдельности для мужчин и женщин. Анализ результатов тестов показал, что для моделирования общей смертности трудоспособного населения оптимальными спецификациями моделей являются: для общей смертности – модель SAC с фиксированными эффектами по периодам и объектам наблюдения, для смертности мужчин – модель SAC с фиксированными эффектами по объектам наблюдения, для смертности женщин – модель SEM с фиксированными эффектами по периодам и объектам наблюдения. Анализ результатов тестов показал, что для моделей значимы и пространственный лаг, и пространственная ошибка. Поэтому последующий выбор моделей опирался на максимальную оценку Pseudo-R² отдельно для мужчин и женщин.

В табл. 3 отражены результаты мультифакторного регрессионного пространственного панельного моделирования в соответствии с отобранными спецификациями. Методом последовательно исключения объясняющих факторов, коэффициент при которых не отличался от нуля ($p > 0,05$), в модели были оставлены только те факторы, которые оказывают статистически значимое влияние.

В табл. 3 приводятся значения коэффициентов при регрессорах, их стандартная ошибка и p -уровень отклонения нулевой гипотезы о равенстве нулю соответствующего коэффициента. Метрики «объясняющей» способности пространственных моделей более 55 % (псевдо R² – 0,556–0,676), при этом при построении панельных моделей без учета «пространственной составляющей» R² не достигал значения 0,1. Как видно, для смертности населения мужчин и женщин характерно различное влияние рассматриваемых факторов. В пространственной модели для женщин пространственный лаг не значим при сохранении значимости пространственной ошибки, что указывает на то, что присутствует фактор, характерный для соседних территорий, оказывающий влияние на смертность.

Обсуждение. Проведенный пространственный панельный регрессионный анализ смертности трудоспособного населения показал целесообразность учета в модели пространственной автокорреляции: статистически значимы коэффициенты при пространственном лаге (для общей смертности и смертности мужчин при $p < 0,001$) и пространственной ошибке (для общей смертности и смертности мужчин при $p < 0,001$, для смертности женщин при $p < 0,05$). Полученные выводы согласуются с проводимыми в мире исследованиями, указывающими на то, что применение обычной регрессионной модели приводит к нарушению предположения о независимости

Таблица 2. Результаты статистических тестов на спецификацию пространственной панельной регрессионной модели для смертности населения в трудоспособном возрасте

Table 2. The results of statistical tests for the specification of a spatial panel regression model for the working-age population mortality

Название теста / Test	Общая смертность / Total mortality	Смертность мужчин / Male mortality	Смертность женщин / Female mortality
Тест Вулдриджа на ненаблюдаемые эффекты / Wooldridge's test for unobserved individual effects	$Z = 2,34; p = 0,019$	$Z = 2,494; p = 0,013$	$Z = 2,2; p = 0,027$
Тест Вулдриджа для последовательной корреляции в моделях с фиксированными эффектами / Wooldridge's test for serial correlation in FE panels	$F_{(1, 1312)} = 3,2; p = 0,072$	$F_{(1, 1312)} = 1,2; p = 0,265$	$F = 0,2; p = 0,633$
Тест Песарана на кросс-секционную зависимость / Pesaran CD test for cross-sectional dependence in panels	$Z = 53,2; p < 0,001$	$Z = 52,98; p < 0,001$	$Z = 41,7; p < 0,001$
Тест Балтаги – Сонга – Коха / Baltagi, Song and Koh LM-H one-sided joint test	$LM-H = 2769; p < 0,001$	$LM-H = 2718,4; p < 0,001$	$LM-H = 1777,1; p < 0,001$
	Присутствуют случайные региональные эффекты и/или пространственная автокорреляция / Random regional effects and/or spatial autocorrelation are present		
Тест Балтаги – Сонга – Коха на маржинальный эффект / Baltagi, Song and Koh SLM1 marginal test	$LM_1 = 51; p < 0,001$	$LM_1 = 50,1; p < 0,001$	$LM_1 = 40,9; p < 0,001$
	Присутствуют случайные эффекты / Random effects are present		
Тест Балтаги – Сонга – Коха на маржинальный эффект / Baltagi, Song and Koh LM2 marginal test	$LM_2 = 15; p < 0,001$	$LM_2 = 14,4; p < 0,001$	$LM_2 = 10,2; p < 0,001$
	Присутствует пространственная автокорреляция / Spatial autocorrelation is present		
LM-тест на наличие пространственного лага зависимой переменной / LM test for spatial lag dependence	$LM = 51; p < 0,001$	$LM = 34,9; p < 0,001$	$LM = 43,8; p < 0,001$
	Пространственный лаг значим / The spatial lag is significant		
LM-тест на пространственную зависимость ошибок / LM test for spatial error dependence	$LM = 215; p < 0,001$	$LM = 208,5; p < 0,001$	$LM = 104,2; p < 0,001$
	Пространственная ошибка значима / The spatial error is significant		

членов ошибок, так как в них есть пространственная автокорреляция, и, соответственно, целесообразности применения пространственной авторегрессионной модели [22]. При этом, как и в других исследованиях, мы отмечаем разное временное и пространственное распределение показателей смертности мужчин и женщин [30, 31].

В результате моделирования выявлено, что увеличение валового муниципального продукта на душу населения в определенном муниципальном образовании значимо ($p < 0,001$) снижает уровень общей смертности как для мужчин, так и женщин трудоспособного возраста, причем для мужского населения этот эффект существенней. Полученный вывод во многом согласуется с исследованиями, проводимыми в мире. Так, в работе Lorant V. и соавт. с использованием моделей пространственной авторегрессии еще в 2001 году было показано, что преждевременная смертность взрослого населения значимо зависит от среднедушевого дохода [17]. Похожие выводы были получены и в более поздних работах. Diez R.A.V. и соавт. (2007 г.) показали, что социально-экономическое неблагополучие во многом обуславливает смертность среди взрослого городского населения, причем эта обусловленность имеет пространственную зависимость [32], Alshaabi T. и соавт. (2021 г.) подтвердили гипотезу о том, что пространственные ассоциации богатства или социальной депривации между соседями оказывают прямое, а иногда и существенное влияние на риски смертности [12], Yang Y. и соавт. (2022 г.) вывели, что социально-экономический статус сообщества, оцениваемый через ВВП на душу населения, в значительной степени связан с его смертностью [31], Wang S. и Ren Z. (2019 г.) показали что общая смертность определяется комплексом показателей благосостояния, таких как общие инвестиции в основной капитал, доходы и расходы местного бюджета, располагаемый доход на душу населения,

в то время как младенческая смертность – ВВП на душу населения, доходы и расходы местного бюджета [33]. Связь доходов населения и смертности отмечается и в ряде отечественных работ, в том числе для общей смертности (без учета пространственной компоненты) [2, 34] и по видам причин [20, 25].

Модель показала, что рост обеспеченности медицинскими ресурсами в муниципалитетах (отношение численности врачей к численности среднего медицинского персонала и обеспеченность больничными койками в расчете на 10 000 человек населения) значимо снижают смертность мужчин трудоспособного возраста ($p < 0,001$). Это лишний раз доказывает необходимость развития таких федеральных программ, как, например, «Земский доктор». Рост числа больничных коек в муниципалитетах позволяет значимо снизить общую смертность трудоспособного населения ($p < 0,1$). Такая значимость ресурсного обеспечения отмечалась и ранее. В частности, Sun Y. и соавт. (2021 г.) выявили что высокие уровни смертности как от связанной с COVID-19, так и от не связанной с ней болезни наблюдаются в районах с более низким уровнем доступа к больнице [35], Берендеевой А.Б. и Сизовой О.В. (2020) показано значимое влияние на уровень смертности населения численности врачей всех специальностей на 10 000 чел. населения в отдельных регионах [2]. Важность соотношения различных видов ресурсов здравоохранения, в частности в ряде случаев определяющая разнонаправленное влияние обеспеченности врачами и средним медицинским персоналом, рассмотрена в работе [20].

Одним из факторов, значительно увеличивающим рост смертности трудоспособного населения, причем как мужчин, так и женщин, является численность зарегистрированных преступлений (на 10 000 человек населения). Во многом это объясняется тем, что

Таблица 3. Результаты пространственного панельного моделирования смертности трудоспособного населения (коэффициент \pm стандартная ошибка, p -уровень)

Table 3. Results of the spatial panel modeling of mortality in the working-age population (rate \pm standard error, p)

Регрессоры / Regressors	Общая смертность / Total mortality	Смертность мужчин / Male mortality	Смертность женщин / Female mortality
Свободный член / Constant		326,66 \pm 42,8***, $p < 0,001$	303,53 \pm 18,25***, $p < 0,001$
ВМП / Gross municipal product	-0,0001 \pm 0,00002***, $p < 0,001$	-0,00009 \pm 0,00002***, $p < 0,001$	-0,00007 \pm 0,00002***, $p = 0,001$
Отношение численности врачей к численности среднего медицинского персонала / The ratio of doctors to nurses	–	-2,9485 \pm 0,9878**, $p = 0,0028$	–
Обеспеченность больничными койками (на 10 000 населения) / Availability of hospital beds (per 10,000 population)	-0,4894 \pm 0,26962*, $p = 0,0695$	-0,9587 \pm 0,2866***, $p < 0,001$	–
Зарегистрировано преступлений (на 10 000 человек населения) / Crime rate (per 10,000 population)	0,3684 \pm 0,08974***, $p < 0,001$	0,2734 \pm 0,0842**, $p = 0,0012$	0,1725 \pm 0,0725*, $p = 0,0179$
Уровень зарегистрированной безработицы / Unemployment rate	–	–	–
Плотность населения / Population density	–	–	–
Пространственный лаг / Spatial lag, ρ	0,0616 \pm 0,0105***, $p < 0,001$	0,0895 \pm 0,0053***, $p < 0,001$	–
Пространственная ошибка / Spatial error, λ	-0,0871 \pm 0,0181***, $p < 0,001$	-0,0851 \pm 0,0139***, $p < 0,001$	-0,0172 \pm 0,0078*, $p = 0,0278$
Псевдо R^2 / Pseudo R^2	0,677	0,652	0,556

Примечание: *, **, *** – коэффициенты статистически значимо отличаются от нуля при $p < 0,1$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$ соответственно.

Notes: *, **, *** statistical significance of the Moran's global autocorrelation index at $p < 0.05$, $p < 0.01$, and $p < 0.001$, respectively.

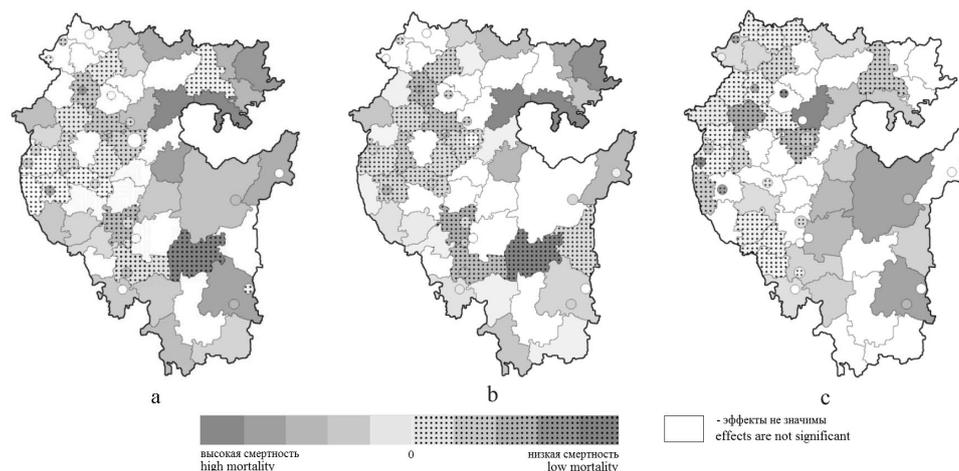


Рис. 2. Фиксированные эффекты: общая смертность для обоих полов (а), смертность среди мужчин (б), среди женщин (с)

Fig. 2. Fixed effects: (a) total mortality, both sexes; mortality in (b) men and (c) women

одной из ведущих причин смерти трудоспособного населения (особенно у мужчин) являются травмы и другие внешние причины, напрямую связанные с уровнем преступности. Усиливает негативное влияние отмечаемая в исследованиях связь преступности и алкогольного опьянения [2]. Кроме того, есть исследование [36], в котором показано, что у людей, совершающих правонарушения, значительно выше риск умереть в трудоспособном возрасте.

В модели для оценки смертности трудоспособного населения показатели безработицы и плотности населения не являлись статистически значимыми при $p < 0,1$. Проводимые исследования показывают, что влияние этих факторов на уровень смертности варьируется по регионам стран, видам причин и не является стабильным [2, 10, 20, 30, 34]. Принятие решения о включении данных факторов в модель было основано на анализе существующих источников: фактор безработицы и фактор сниженной плотности населения косвенно являются признаками территорий, имеющих тенденцию к обезлюдению, как правило, с высокой смертностью. Но при построении пространственных моделей данные признаки не являлись статистически значимыми для Республики Башкортостан.

Отдельное внимание было уделено анализу фиксированных эффектов (см. рис. 2). Так, положительные статистически значимые значения эффектов наблюдались для Архангельского, Аскинского, Баймакского, Бакалинского, Белокатайского, Бижбулякского, Благовещенского, Гафурийского, Зианчуринского, Кигинского, Кугарчинского, Куюргазинского, Мечетлинского, Нуримановского, Хайбуллинского, Салаватского, Татышлинского, Учалинского районов и городов Баймака и Белорецка. Практически все из перечисленных районов и городов Республики относятся к депрессивным территориям, для которых характерна в том числе высокая смертность трудоспособного населения.

Статистически значимые отрицательные значения эффектов наблюдались для Буздякского, Бураевского, Бурзянского, Дюртюлинского, Кушнаренковского, Мелеузовского, Стерлитамакского Уфимского

Чекмагушевского, Чишминского районов и городов Нефтекамска, Октябрьского, Стерлитамака и Белебея. Все из перечисленных районов и городов (за исключением Бурзянского) являются территориями с высоким уровнем социально-экономического развития и с относительно благополучной экологической ситуацией, в Бурзянском же районе сложилась благоприятная экологическая ситуация в Башкортостане. Таким образом, для этих территорий характерно снижение показателей смертности от всех причин трудоспособного населения.

Заключение. Многие процессы и явления пространственно обусловлены, что определяет включение пространственного лага в модели, описывающие их. Проведенный пространственный анализ на данных РБ за период 2002–2020 гг. доказывает, что пространственная зависимость характерна и для показателей смертности трудоспособного населения, в том числе с учетом разделения по полу, что согласуется с исследованиями, проводимыми на основе данных других стран. Факторами, обуславливающими изменение смертности, являются благосостояние населения, обеспеченность медицинскими ресурсами и криминогенность территорий. Полученные результаты указывают на то, что более низкая общая смертность на западе и более высокая общая смертность на востоке Республики Башкортостан неслучайна и прослеживается на протяжении всего рассматриваемого периода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горчакова Т.Ю., Чуранова А.Н. Современное состояние смертности населения трудоспособного возраста в России и странах Европы // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 11. С. 756–759. doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-756-759
2. Берендеева А.Б., Сизова О.В. Анализ факторов смертности населения в трудоспособном возрасте в регионах Российской Федерации методом моделирования // Теоретическая экономика. 2020. № 4 (64). С. 11–24.
3. Башкирева А.С. Демографические и профессиональные риски депопуляции работающего населения в России (аналитический обзор) // Успехи геронтологии. 2010. Т. 23. № 1. С. 30–39.

4. Иванова А.Е. Прогноз смертности в России исходя из контроля за основными социальными детерминантами // Социальные аспекты здоровья населения. 2020. Т. 66. № 6. doi: 10.21045/2071-5021-2020-66-6-6
5. Иванова А.Е., Плетнева Ю.Э., Сивоплясова С.Ю. и др. Возможен ли естественный прирост населения России в ближайшие 10 лет? // Экономика. Налоги. Право. 2021. Т. 14. № 2. С. 32–43. doi: 10.26794/1999-849X-2021-14-2-32-43
6. Короленко А.В. Смертность населения регионов России в текущем десятилетии: тенденции, структура и дифференциация показателей // Социальное пространство. 2020. Т. 6. № 3. doi: 10.15838/sa.2020.3.25.7
7. Драпкина О.М., Самородская И.В., Явелов И.С. и др. Региональные различия показателей смертности от кардиологических причин в России: роль особенностей статистического учета // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021. Т. 20. № 7. С. 163–171. doi: 10.15829/1728-8800-2021-2928
8. Шартова Н.В., Крайнов В.Н., Малхазова С.М., Тикун В.С. Пространственный анализ смертности городского населения // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. Т. 5. С. 45–51.
9. Spijker J, Recaño J, Martínez S, Carioli A. Mortality by cause of death in Colombia: A local analysis using spatial econometrics. *J Geogr Syst.* 2021;23:161–207. doi: 10.1007/s10109-020-00335-1
10. Cupido K, Fotheringham AS, Jevtic P. Local modelling of U.S. mortality rates: A multiscale geographically weighted regression approach. *Popul Space Place.* 2021;27(1):e2379. doi: 10.1002/psp.2379
11. Weng SS, Chan TC, Hsu PY, Niu SF. Neighbourhood social determinants of health and geographical inequalities in premature mortality in Taiwan: A spatiotemporal approach. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(13):7091. doi: 10.3390/ijerph18137091
12. Alshaabi T, Dewhurst DR, Bagrow JP, Dodds PS, Danforth CM. The sociospatial factors of death: Analyzing effects of geospatially-distributed variables in a Bayesian mortality model for Hong Kong. *PLoS ONE.* 2021;16(3):e0247795. doi: 10.1371/journal.pone.0247795
13. Banerjee S. Spatial data analysis. *Annu Rev Public Health.* 2016;37:47–60. doi: 10.1146/annurev-publhealth-032315-021711
14. Chammartin F, Probst-Hensch N, Utzinger J, Vounatsou P. Mortality atlas of the main causes of death in Switzerland, 2008–2012. *Swiss Med Wkly.* 2016;146:w14280. doi: 10.4414/smw.2016.14280
15. Gao L, Banerjee S, Ritz B. Spatial difference boundary detection for multiple outcomes using Bayesian disease mapping. *Biostatistics.* 2023;24(4):922–944. doi: 10.1093/biostatistics/kxac013
16. Yang TC, Jensen L. Exploring the inequality–mortality relationship in the US with Bayesian spatial modeling. *Popul Res Policy Rev.* 2015;34(3):437–460. doi: 10.1007/s11113-014-9350-9
17. Lorant V, Thomas I, Delière D, Tonglet R. Deprivation and mortality: The implications of spatial autocorrelation for health resources allocation. *Soc Sci Med.* 2001;53(12):1711–1719. doi: 10.1016/s0277-9536(00)00456-1
18. Baptista EA, Queiroz BL. Spatial analysis of cardiovascular mortality and associated factors around the world. *BMC Public Health.* 2022;22(1):1556. doi: 10.1186/s12889-022-13955-7
19. Cao Q, Liang Y, Niu X. China's air quality and respiratory disease mortality based on the spatial panel model. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(9):1081. doi: 10.3390/ijerph14091081
20. Тимирьянова В.М., Аскарлов Р.А., Лакман И.А., Аскарова З.Ф. Пространственные факторы смертности населения трудоспособного возраста в Республике Башкортостан // Экология человека. 2023. Т. 30. № 7. С. 523–537. doi: 10.17816/humeco456492
21. Bermudi PMM, Pellini ACG, Salinas-Rebolledo EA, et al. Spatial pattern of mortality from breast and cervical cancer in the city of São Paulo. *Rev Saude Publica.* 2020;54:142. doi: 10.11606/s1518-8787.2020054002447
22. Balint L, Dome P, Daroczi G, Gonda X, Rihmer Z. Investigation of the marked and long-standing spatial inhomogeneity of the Hungarian suicide rate: A spatial regression approach. *J Affect Disord.* 2014;155:180–185. doi: 10.1016/j.jad.2013.10.047
23. Penina O. Spatial disparities in mortality by causes of death in the Republic of Moldova. *Moldovan Medical Journal.* 2021;64(4):55–61. doi: 10.52418/moldovan-med-j.64-4.21.10
24. Иноземцев Е.С., Кочетыгова О.В. Пространственный анализ рождаемости и продолжительности жизни в России // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2018. Т. 18. № 3. С. 314–321. doi: 10.18500/1994-2540-2018-18-3-314-321
25. Аскарлов Р.А., Лакман И.А., Аскарова З.Ф., Агапитов А.А. Медико-социальные факторы и их пространственное влияние на смертность населения от болезней системы кровообращения (на примере Республики Башкортостан) // Российский кардиологический журнал. 2017. № 6. С. 146–151. doi: 10.15829/1560-4071-2017-6-146-151
26. Егорова Н.Н., Франц М.В. Смертность от новообразований в Республике Башкортостан: пространственный анализ // Демографические чтения. Вызовы и тенденции демографического развития России и ее регионов. 2020. С. 88–90.
27. Bivand R, Millo G, Piras G. A review of software for spatial econometrics in R. *Mathematics.* 2021;9(11):1276. doi: 10.3390/math9111276
28. Croissant Y, Millo G, eds. *Panel Data Econometrics with R.* EU, USA: John Wiley & Sons, Ltd; 2019. doi: 10.1002/9781119504641
29. UN-HABITAT Urban Indicators Guidelines: 'Better Information, Better Cities' Monitoring the Habitat Agenda and the Millennium Development Goals – Slums Target. Technical Report. United Nations Human Settlements Programme; 2009. Accessed December 11, 2023. <https://unhabitat.org/urban-indicators-guidelines-monitoring-the-habitat-agenda-and-the-millennium-development-goals/>
30. Cai Z, Chen M, Ye P, Yip PSF. Socio-economic determinants of suicide rates in transforming China: A spatial-temporal analysis from 1990 to 2015. *Lancet Reg Health West Pac.* 2021;19:100341. doi: 10.1016/j.lanwpc.2021.100341
31. Yang Y, Shang HL, Cohen JE. Temporal and spatial Taylor's law: Application to Japanese subnational mortality rates. *J R Stat Soc Ser A Stat Soc.* 2022;185(4):1979–2006. doi: 10.1111/rssa.12859
32. Diez Roux AV, Green Franklin T, Alazraqui M, Spinelli H. Intraurban variations in adult mortality in a large Latin American city. *J Urban Health.* 2007;84(3):319–333. doi: 10.1007/s11524-007-9159-5
33. Wang S, Ren Z. Spatial variations and macroeconomic determinants of life expectancy and mortality rate in China: A county-level study based on spatial analysis models. *Int J Public Health.* 2019;64(5):773–783. doi: 10.1007/s00038-019-01251-y
34. Сизова О.В., Берендеева А.Б., Рычихина Н.С. Использование метода моделирования в анализе факторов смертности трудоспособного населения в регионах

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-12-7-16>
Original Research Article

- России // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 2 (62). С. 62–73.
35. Sun Y, Hu X, Xie J. Spatial inequalities of COVID-19 mortality rate in relation to socioeconomic and environmental factors across England. *Sci Total Environ*. 2021;758:143595. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143595
36. Stenbacka M, Jansson B. Unintentional injury mortality – The role of criminal offending. A Swedish longitudinal population based study. *Int J Inj Contr Saf Promot*. 2014;21(2):127-135. doi: 10.1080/17457300.2013.792281

REFERENCES

- Gorchakova TYu, Churanova AN. Current state of mortality of the working-age population in Russia and Europe. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2020;60(11):756-759. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2020-60-11-756-759
- Berendeeva AB, Sizova OV. Analysis of factors of mortality of population in the labor age in the regions of the Russian Federation by the model of modeling. *Teoreticheskaya Ekonomika*. 2020;(4(64)):11-24. (In Russ.)
- Bashkireva AS. The demographic and professional risks of depopulation of the Russian labor forces (analytical review). *Uspekhi Gerontologii*. 2010;23(1):30-39. (In Russ.)
- Ivanova AE. Mortality forecast in Russia based on monitoring major social determinants. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2020;66(6):6. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2020-66-6-6
- Ivanova AE, Pletneva JuE, Sivoplasova SYu, Sigareva EP, Arkhangelskiy VN. Is natural population growth in Russia possible in the next 10 years? *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. 2021;14(2):32-43. (In Russ.) doi: 10.26794/1999-849x-2021-14-2-32-43
- Korolenko AV. Mortality in Russian regions in the current decade: Trends, structure, and differentiation of indicators. *Sotsial'noe Prostranstvo*. 2020;6(3):7. (In Russ.) doi: 10.15838/sa.2020.3.25.7
- Drapkina OM, Samorodskaya IV, Yavelov IS, Kashtalov VV, Barbarash OL. Regional differences in cardiac mortality rates in Russia: The role of statistical features. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika*. 2021;20(7):163-171. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2928>
- Shartova NV, Krainov VN, Malkhazova SM, Tikunov VS. Spatial analysis of urban mortality. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2020;(5):45-51. (In Russ.)
- Spijker J, Recaño J, Martínez S, Carioli A. Mortality by cause of death in Colombia: A local analysis using spatial econometrics. *J Geogr Syst*. 2021;23:161–207. doi: 10.1007/s10109-020-00335-1
- Cupido K, Fotheringham AS, Jevtic P. Local modelling of U.S. mortality rates: A multiscale geographically weighted regression approach. *Popul Space Place*. 2021;27(1):e2379. doi: 10.1002/psp.2379
- Weng SS, Chan TC, Hsu PY, Niu SF. Neighbourhood social determinants of health and geographical inequalities in premature mortality in Taiwan: A spatiotemporal approach. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(13):7091. doi: 10.3390/ijerph18137091
- Alshaabi T, Dewhurst DR, Bagrow JP, Dodds PS, Danforth CM. The sociospatial factors of death: Analyzing effects of geospatially–distributed variables in a Bayesian mortality model for Hong Kong. *PLoS ONE*. 2021;16(3):e0247795. doi: 10.1371/journal.pone.0247795
- Banerjee S. Spatial data analysis. *Annu Rev Public Health*. 2016;37:47-60. doi: 10.1146/annurev-publhealth-032315-021711
- Chammartin F, Probst-Hensch N, Utzinger J, Vounatsou P. Mortality atlas of the main causes of death in Switzerland, 2008–2012. *Swiss Med Wkly*. 2016;146:w14280. doi: 10.4414/smw.2016.14280
- Gao L, Banerjee S, Ritz B. Spatial difference boundary detection for multiple outcomes using Bayesian disease mapping. *Biostatistics*. 2023;24(4):922-944. doi: 10.1093/biostatistics/kxac013
- Yang TC, Jensen L. Exploring the inequality–mortality relationship in the US with Bayesian spatial modeling. *Popul Res Policy Rev*. 2015;34(3):437-460. doi: 10.1007/s11113-014-9350-9
- Lorant V, Thomas I, Delière D, Tonglet R. Deprivation and mortality: The implications of spatial autocorrelation for health resources allocation. *Soc Sci Med*. 2001;53(12):1711-1719. doi: 10.1016/s0277-9536(00)00456-1
- Baptista EA, Queiroz BL. Spatial analysis of cardiovascular mortality and associated factors around the world. *BMC Public Health*. 2022;22(1):1556. doi: 10.1186/s12889-022-13955-7
- Cao Q, Liang Y, Niu X. China's air quality and respiratory disease mortality based on the spatial panel model. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(9):1081. doi: 10.3390/ijerph14091081
- Timiryanova VM, Askarov RA, Lakman IA, Askarova ZF. Spatial effects of mortality among the able-bodied population in the Republic of Bashkortostan. *Ekologiya Cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(7):523-537. (In Russ.) doi: 10.17816/humeco456492
- Bermudi PMM, Pellini ACG, Salinas-Rebolledo EA, et al. Spatial pattern of mortality from breast and cervical cancer in the city of São Paulo. *Rev Saude Publica*. 2020;54:142. doi: 10.11606/s1518-8787.2020054002447
- Balint L, Dome P, Daroczi G, Gonda X, Rihmer Z. Investigation of the marked and long-standing spatial inhomogeneity of the Hungarian suicide rate: A spatial regression approach. *J Affect Disord*. 2014;155:180-185. doi: 10.1016/j.jad.2013.10.047
- Penina O. Spatial disparities in mortality by causes of death in the Republic of Moldova. *Moldovan Medical Journal*. 2021;64(4):55–61. doi: 10.52418/moldovan-med-j.64-4.21.10
- Inozemcev ES, Kochetygova OV. Spatial panel analysis of fertility and life expectancy in Russia. *Izvestiya Saratovskogo Universiteta. Novaya Seriya. Seriya: Ekonomika. Upravlenie. Pravo*. 2018;18(3):314-321. (In Russ.) doi: 10.18500/1994-2540-2018-18-3-314-321
- Askarov RA, Lakman IA, Askarova ZF, Agapitov AA. Medical and social factors spatial influence on cardiovascular mortality (by an example of Bashkortostan Republic). *Rossiyskiy Kardiologicheskiy Zhurnal*. 2017;22(6):146-151. (In Russ.) doi: 10.15829/1560-4071-2017-6-146-151
- Egorova NN, Frants MV. Cancer mortality rate in the Republic of Bashkortostan: Spatial modeling. In: *Demographic Readings. Challenges and Trends of the Demographic Development of Russia and Its Regions: Collection of Articles*. Ufa: "Bashkir Encyclopedia" Publ.; 2020:88-91. (In Russ.)
- Bivand R, Mollo G, Piras G. A review of software for spatial econometrics in R. *Mathematics*. 2021;9(11):1276. doi: 10.3390/math9111276
- Croissant Y, Mollo G, eds. *Panel Data Econometrics with R*. EU, USA: John Wiley & Sons, Ltd; 2019. doi: 10.1002/9781119504641
- UN-HABITAT Urban Indicators Guidelines: 'Better Information, Better Cities' Monitoring the Habitat Agenda and the Millennium Development Goals – Slums Target. Technical Report. United Nations Human Settlements Programme; 2009. Accessed December 11, 2023. <https://unhabitat.org/urban-indicators-guidelinesmo>

- onitoring-the-habitat-agenda-and-the-millennium-development-goals/
30. Cai Z, Chen M, Ye P, Yip PSF. Socio-economic determinants of suicide rates in transforming China: A spatial-temporal analysis from 1990 to 2015. *Lancet Reg Health West Pac.* 2021;19:100341. doi: 10.1016/j.lanwpc.2021.100341
 31. Yang Y, Shang HL, Cohen JE. Temporal and spatial Taylor's law: Application to Japanese subnational mortality rates. *J R Stat Soc Ser A Stat Soc.* 2022;185(4):1979–2006. doi: 10.1111/rssa.12859
 32. Diez Roux AV, Green Franklin T, Alazraqui M, Spinelli H. Intraurban variations in adult mortality in a large Latin American city. *J Urban Health.* 2007;84(3):319–333. doi: 10.1007/s11524-007-9159-5
 33. Wang S, Ren Z. Spatial variations and macroeconomic determinants of life expectancy and mortality rate in China: A county-level study based on spatial analysis models. *Int J Public Health.* 2019;64(5):773–783. doi: 10.1007/s00038-019-01251-y
 34. Sizova OV, Berendeeva AB, Rychikhina NS. Using the modeling method in the analysis of mortality factors of the working-age population in the regions of Russia. *Sovremennye Naukoemkie Tekhnologii. Regional'noe Prilozhenie.* 2020;(2(62)):62–73. (In Russ.)
 35. Sun Y, Hu X, Xie J. Spatial inequalities of COVID-19 mortality rate in relation to socioeconomic and environmental factors across England. *Sci Total Environ.* 2021;758:143595. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143595
 36. Stenbacka M, Jansson B. Unintentional injury mortality – The role of criminal offending. A Swedish longitudinal population based study. *Int J Inj Contr Saf Promot.* 2014;21(2):127–135. doi: 10.1080/17457300.2013.792281

Сведения об авторах:

✉ **Лакман** Ирина Александровна – к.т.н., заведующая лабораторией исследования социально-экономических проблем регионов ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии»; e-mail: Lackmania@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9876-9202>.

Аскар Расул Аскарлович – к.м.н., доцент кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе»; e-mail: rasul72@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7980-4113>.

Тимирьянова Венера Маратовна – д.э.н., заместитель заведующего лабораторией исследования социально-экономических проблем регионов ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии»; e-mail: 79174073127@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1004-0722>.

Аскарова Загира Фаткулловна – д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии № 2 ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: zagira_a@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9772-1311>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Лакман И.А., Аскарова З.Ф.; сбор данных: Аскар Р.А., Аскарова З.Ф.; анализ и интерпретация результатов: Лакман И.А., Тимирьянова В.М.; литературный обзор: Лакман И.А., Аскар Р.А.; подготовка проекта рукописи: Лакман И.А., Аскар Р.А., Аскарова З.Ф.; оформление рукописи: Тимирьянова В.М. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код научной темы FZWU-2023-0002).

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 22.06.23 / Принята к публикации: 11.12.23 / Опубликовано: 29.12.23

Author information:

✉ **Irina A. Lakman**, Cand. Sci. (Tech.), Head of the Laboratory for the Study of Socio-Economic Problems of Regions, Ufa University of Science and Technology; e-mail: lackmania@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9876-9202>.

Rasul A. Askarov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Technosphere Safety, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting; e-mail: rasul72@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7980-4113>.

Venera M. Timiryanova, Dr. Sci. (Econ.), Deputy Head of the Laboratory for the Study of Socio-Economic Problems of Regions, Ufa University of Science and Technology; e-mail: 79174073127@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1004-0722>.

Zagira F. Askarova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Hospital Therapy No. 2, Bashkir State Medical University; e-mail: zagira_a@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9772-1311>.

Author contributions: study conception and design: Lakman I.A., Askarova Z.F.; data collection: Askarov R.A., Askarova Z.F.; analysis and interpretation of results: Lakman I.A., Timiryanova V.M.; literature review: Lakman I.A., Askarova Z.F.; draft manuscript preparation: Lakman I.A., Askarov R.A., Askarova Z.F.; manuscript design: Timiryanova V.M. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: This research has been carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Scientific Topic Code: FZWU- 2023-0002).

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: June 22, 2023 / Accepted: December 11, 2023 / Published: December 29, 2023