



Региональные различия распространения пневмоний в России: сравнительный пространственно-временной анализ ситуации 2017–2021 годов

А.Р. Погорелов

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН,
ул. Радио, д. 7, г. Владивосток, 690041, Российская Федерация

Резюме

Введение. Пневмонии остаются актуальными болезнями органов дыхания, продолжая оказывать влияние в XXI веке на заболеваемость и смертность населения во всем мире. Россия долгое время характеризуется увеличением частоты заболеваемости пневмониями. В связи с этим для России актуальным представляется мониторинг в разрезе регионов для лучшего понимания пространственных различий распространения пневмоний и их изменений в последние годы.

Цель исследования: проведение пространственно-временного анализа региональных различий общей заболеваемости пневмониями среди взрослого населения в России в сравнительной временной динамике 2017–2021 годов с выделением до- и пандемийного периодов, учитывая общероссийскую многолетнюю динамику за период 2010–2022 годов.

Материалы и методы. Исследование сфокусировано на общем временном периоде 2017–2021 гг. с наличием достаточных данных по общей заболеваемости. Рассчитывались статические и динамические показатели за сравнительные до- и пандемийные периоды. Разработанная с помощью ГИС-инструментов серия картограмм позволила визуализировать полученную информацию и оценить пространственно-временную ситуацию по исследуемому процессу.

Результаты. Рассмотрена долговременная динамика общей заболеваемости взрослого населения пневмониями в России и оценены региональные тенденции в 2017–2021 гг. В 2017–2019 гг. большинство регионов России отличались приращением заболеваемости пневмониями (темпы прироста не превышали 30 %). В 2019–2021 гг., в условиях возникшего кризиса пандемии COVID-19, ситуация по распространению пневмоний значительно изменилась и произошло увеличение темпов прироста заболеваемости в подавляющем большинстве субъектов. Значительное ухудшение ситуации наблюдалось в большей части европейской территории России (темпы прироста от 70 до 90 %). Отчетливо сократилась группа регионов с отсутствием приращения заболеваемости (с 25 до 5).

Заключение. В результате оценены изменения региональных различий общей заболеваемости взрослого населения пневмониями в России в 2017–2021 годах. Выявлено усложнение межрегиональной неравномерности распространения пневмоний в пандемийный период в сравнении с допандемийным. Увеличение темпов прироста заболеваемости различной интенсивности затронуло 80 российских регионов.

Ключевые слова: болезни органов дыхания, пневмония, заболеваемость, территориальная дифференциация, геоинформационный мониторинг, эпидемиологическая ситуация, пандемия COVID-19.

Для цитирования: Погорелов А.Р. Региональные различия распространения пневмоний в России: сравнительный пространственно-временной анализ ситуации 2017–2021 годов // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 6. С. 7–16. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-6-7-16

Regional Differences in the Spread of Pneumonia in Russia: A Comparative Spatiotemporal Analysis of the Situation in 2017–2021

Artur R. Pogorelov

Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
7 Radio Street, Vladivostok, 690041, Russian Federation

Summary

Introduction: Pneumonia remains a respiratory disease of concern that keeps influencing morbidity and mortality throughout the world in the 21st century. Increased incidence rates of pneumonia have been registered in Russia for a long time. In this regard, regional surveillance seems relevant across the country for a better understanding of recent spatial differences in the disease spread and their fluctuations.

Objective: To carry out a spatiotemporal analysis of regional differences in pneumonia prevalence in the adult population of Russia in 2017–2021 with a focus on pre- and COVID-19 pandemic periods, given the Russian long-term dynamics for 2010–2022.

Materials and methods: The study covers the years 2017–2021 with sufficient data on pneumonia prevalence collected. Static and dynamic parameters were calculated for the compared pre- and pandemic periods. A series of cartograms developed using GIS tools made it possible to visualize the information obtained and assess the spatiotemporal situation of the process under study.

Results: The long-term dynamics of pneumonia prevalence rates in the adult population in Russia was examined with the regional trends in 2017–2021 assessed. In 2017–2019, they rose in most regions of Russia but the growth rate did not exceed 30 %. In 2019–2021, in the context of the COVID-19 pandemic, the pneumonia situation changed dramatically and the disease rates increased in most regions. A significant deterioration of the situation was observed in most of the European part of Russia with the growth rates ranging from 70 % to 90 %. The number of regions with a null increase in the pneumonia prevalence dropped from 25 to five.

Conclusions: Changes in the regional differences in the disease prevalence in the adult population of Russia for 2017–2021 were assessed. The uneven interregional spread of pneumonia complicated during the pandemic compared with the pre-pandemic period. Increased growth rates of the disease prevalence of varying intensity were observed in 80 Russian regions.

Keywords: diseases of the respiratory system, pneumonia, prevalence, territorial differentiation, geoinformation monitoring, epidemiologic situation, COVID-19 pandemic.

Cite as: Pogorelov AR. Regional differences in the spread of pneumonia in Russia: A comparative spatiotemporal analysis of the situation in 2017–2021. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(6):7–16. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-6-7-16

Введение. Пневмонии являются одними из наиболее обременяющих заболеваний органов дыхания в глобальном медико-социальном контексте. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) инфекционные заболевания нижних дыхательных путей, основную группу из которых составляют пневмонии, остаются в XXI веке в числе ведущих причин смертей во всем мире¹. При этом наиболее распространены именно внебольничные пневмонии [1], представляющие наибольшую опасность для общественного здоровья. В России и ее регионах неоднократно отмечалась тенденция к росту частоты заболеваемости пневмониями [2–5]. Это, в свою очередь, приводит к увеличению смертности, инвалидизации, потерянных лет жизни и ухудшению медико-социальной ситуации [6–8]. На индивидуальном уровне заболеваемость пневмонией приводит к снижению или утрате трудоспособности, возникновению и развитию прочих сопутствующих заболеваний, ухудшая тем самым общее состояние здоровья и качество жизни человека [9, 10]. Вышесказанное определяет необходимость всестороннего изучения проблемы распространения пневмоний не только с позиций клинической и профилактической медицины, но и других наук, в том числе пространственной эпидемиологии и медицинской географии. Последняя с помощью геоинформационных технологий позволяет актуализировать имеющиеся данные и расширять представления о пространственных вариациях и предпосылках состояния популяционного здоровья и заболеваемости [11, 12].

Проблема широкого распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19 установилась с 2020 года, когда ВОЗ официально объявила пандемию. В России период пандемии определил изменения не только эпидемиологической ситуации, но и повлек существенные изменения в здравоохранении, демографической ситуации, социальной и экономической сферах регионов страны [13–15]. К настоящему времени выполнен ряд исследований, основанных на различных аспектах географического анализа, позволивших оценить масштабы и возможные факторы распространения COVID-19 [16–18]. Представленные в этих работах данные, полученные с помощью геоинформационного картографирования, позволили определить состояние распространения новой коронавирусной инфекции на разных временных интервалах ее динамики, а также объяснить ее продвижение различными географическими и социально-экономическими факторами.

Тем не менее важно учитывать, что пневмонии проявляются как одни из клинических форм и осложнений при COVID-19 у пациентов с тяжелым течением инфекции². Несмотря на это, исследованию проблемы распространения пневмоний в регионах

России с позиций пространственных (региональных) различий уделено недостаточно внимания. Дополнительно показатели по пневмониям можно рассматривать как индикаторы качества медицинской помощи населению [1, 19]. Это актуально для оценки ситуации в период коронавирусного кризиса, когда повысилась необходимость получения данных о проблемах и эффективности функционирования системы здравоохранения и общественного здоровья, ее ответа в условиях возникновения внешних кризисных факторов.

Цель исследования: проведение пространственно-временного анализа региональных различий общей заболеваемости пневмониями среди взрослого населения в России в сравнительной временной динамике 2017–2021 годов с выделением до- и пандемийного периодов, учитывая общероссийскую многолетнюю динамику за период 2010–2022 годов.

Материалы и методы. При постановке и обосновании исследования изначально рассматривалась общая ситуация по заболеваемости (РФ, федеральные округа) и смертности (РФ) от пневмоний за многолетний период 2010–2022 годов. Основными исходными источниками информации по данным показателям послужили статистические материалы Росстата. Далее внутри этого промежутка, с учетом выявленных наблюдений многолетней динамики, изучались региональные различия общей заболеваемости (распространенности) взрослого населения пневмониями в 2017–2021 годах. Базовыми источниками данных в разрезе регионов РФ по распространенности пневмоний (код Международной классификации болезней X пересмотра – J18) за 2017–2021 годы стала форма государственной статистической отчетности³. Обработка и интерпретация данных в разрезе регионов РФ осуществлена с помощью сравнительно-географического, картографического и геоинформационного методов. Поставленная цель поэтапно решалась в следующей последовательности.

1. Сбор медико-статистических данных по всем федеральным округам и субъектам РФ по взрослому населению и формирование базы данных. Фокусирование работы на взрослом контингенте определялось тем, что в данной группе населения в отличие от детского контингента наблюдался значительный рост заболеваемости пневмониями и другими болезнями органов дыхания в 2020–2021 гг., а также более широкое в этот период распространение новой коронавирусной инфекции COVID-19.

2. Выполнение с помощью сформированной базы данных расчетно-оценочных операций, в том числе определение темпов прироста общей заболеваемости пневмониями по федеральным округам и субъектам РФ, рассчитанных по аналогии с демографическими показателями [20], за два сравнительных перио-

¹ 10 ведущих причин смерти в мире (Информационный бюллетень Всемирной организации здравоохранения). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (дата обращения: 30.04.2024).

² Новая коронавирусная инфекция (COVID-19): этиология, эпидемиология, клиника, диагностика, лечение и профилактика: методическое пособие / Кол. авторов. М.: Департамент здравоохранения города Москвы, 2020. 71 с.

³ Приказ Федеральной службы государственной статистики от 27 октября 2023 г. N 533 "Об утверждении формы федерального статистического наблюдения с указаниями по ее заполнению для организации Министерством здравоохранения Российской Федерации федерального статистического наблюдения в сфере охраны здоровья" (Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации (Форма N 12 (годовая)

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-6-7-16>
Original Research Article

да – ситуации в допандемийные (2017–2019 гг.) и пандемийные (2019–2021 гг.) годы. Выбор данных периодов определялся равнозначным временным интервалом, возможностью расчета темпа прироста двух последних лет к исходному первому году и их сравнительного сопоставления, а также наличием необходимой медико-статистической информации.

3. Составление серии сравнительных картограмм, отражающих фактические однолетние ситуации по распространенности среди взрослого населения пневмоний в регионах РФ за общий период 2017–2021 гг., темпы прироста (динамическую ситуацию) за сравнительные периоды 2017–2019 и 2019–2021 гг. Первая серия картограмм, в которых отражена годовая фактическая ситуация, строилась на основе единой шкалы, учитывающей вариацию показателей за полный исследуемый временной период. Вторая серия картограмм также построена на основе единой шкалы, включившей 7 групп регионов по темпам прироста, с выделением групп очень низкого (менее 10) и очень высокого прироста (более 90), а также его отсутствия (снижение общей заболеваемости). Последний этап позволил визуализировать в масштабе страны полученную сравнительную информацию и охарактеризовать региональные различия по исследуемому процессу. Для этого использована геоинформационная система QGIS 3.16, в которой был разработан проект тематического картографического исследования.

Результаты. За период с 2010 по 2022 г. общая заболеваемость взрослого населения РФ пневмониями увеличилась на 38,4 % и ее средний многолетний показатель составил 583,5 случая на 100 тыс. взрослого населения (рис. 1). Значительный рост пришелся на 2020–2021 гг., который характеризовался широким распространением новой коронавирусной инфекции. Показатели общей заболеваемости в эти годы составили 1554,5 случая на 100 тыс. взрослых, что на 75,5 % выше аналогичных показателей за ранний продолжительный период 2010–2019 годов. В период с 2010 г. до коронавирусного кризиса средняя многолетняя общая заболеваемость пневмониями варьировала на уровне 380,5 случая на 100 тыс. взрослого населения, а ее доля в структуре класса болезней органов дыхания варьировалась в след за динамикой заболеваемости и составляла 1,7–2,0 %. В 2020–2021 гг. распространение пневмоний повлекло значительное, ранее не наблюдавшееся увеличение их доли в общей структуре заболеваемости по классу болезней органов дыхания до 5,7–5,9 %. Изменение заболеваемости в условиях коронавирусного кризиса проявилось ростом числа умерших от пневмоний. Их доля в структуре смертности от болезней органов дыхания в 2020 г. составила 60,4 %, в 2021 г. – 65,3 %, учитывая тот факт, что в период до пандемии 2017–2019 гг. она составляла 41,5 % и в целом характеризовалась постепенным снижением. К 2022 г. эпидемиологическая ситуация стала стабилизироваться и доля пневмоний в струк-

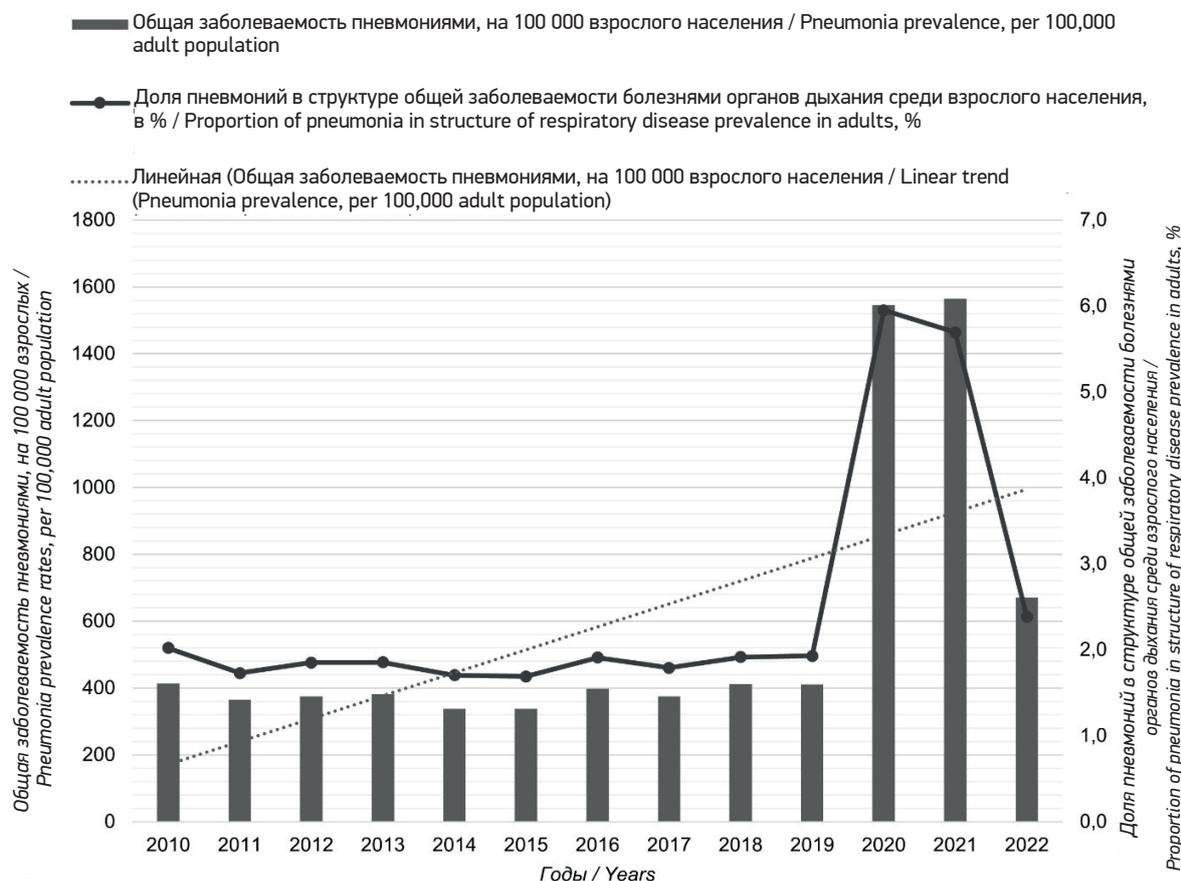


Рис. 1. Динамика показателей общей заболеваемости взрослого населения пневмониями в РФ в 2010–2022 гг.
Fig. 1. Pneumonia prevalence rates in the adult population of the Russian Federation in 2010–2022

туре заболеваемости по классу болезней органов дыхания составила 2,4 %, в структуре смертности она сокращается медленней и составила 52,5 %.

Определенные различия в распространении пневмоний наблюдаются на макрорегиональном уровне в разрезе федеральных округов России (рис. 2). В период 2010–2022 гг. во всех федеральных округах рост общей заболеваемости пневмониями составил от 27,7 до 44,5 %. Ниже общероссийских показателей средние многолетние уровни общей заболеваемости пневмониями на 100 тыс. населения взрослых определились в Центральном (ЦФО) – 529,6, Северо-Западном (ЦЗФО) – 543,5, Южном (ЮФО) – 563,1, Уральском (УФО) – 572,2 и Северо-Кавказском (СКФО) – 577,9 федеральных округах. При этом только в первых двух зафиксировано снижение заболеваемости в устойчивый многолетний период, до коронавирусного кризиса, 2010–2019 гг. Выше среднероссийских показателей общей заболеваемости отличаются Дальневосточный (ДФО) – 587,3, Сибирский (СФО) – 634,8 и Приволжский (ПФО) – 644,4 федеральные округа. В 2020–2021 гг. во всех федеральных округах ситуация по пневмониям обострилась, что отразилось на значительном и нетипичном для ранних временных периодов увеличении показателей общей заболеваемости. Так, темпы прироста заболеваемости за сравнительный период 2019–2021 гг. значительно увеличились в федеральных округах европейской части России – от 53,7 % в ПФО до 66,4 % в ЮФО. В азиатской части России федеральные округа характеризовались темпами прироста менее 50 %: УФО – 36,0 %, СФО, 44,7 % и ДФО – 46,9 %. Кроме того, в последних трех федеральных округах в сравнительный период 2017–2019 гг. темпы прироста, наоборот, были самыми высокими (СиФО – 6,9 %, УФО – 8,4 %, ДФО – 11,0 %), в то время как в

остальных федеральных округах они не превышали значения в 2,1 %.

Более детально пространственные различия по распространенности пневмоний в России и ее изменение в 2017–2021 гг. определяются в разрезе отдельных регионов, представленных серией картограмм (рис. 3). В период 2017–2019 гг., до возникновения коронавирусного кризиса, последовательное увеличение общей заболеваемости пневмониями отмечалось в 28 регионах России, большинство которых находится в азиатской части России. Это преимущественно дальневосточные и сибирские приграничные регионы, а также некоторые северные регионы Западной Сибири и Урала. В пределах европейской территории России это немногочисленная и рассредоточенная часть регионов, в числе которых важно отметить Москву и Московскую область. В то же время наихудшие значения показателей заболеваемости в основном определились для таких регионов, как Чукотский автономный округ и Чеченская Республика. Только в первом из них значительное ухудшение ситуации продолжилось в 2020–2021 гг. Относительно благополучная ситуация имела в нескольких межрегиональных сегментах – группа северных регионов Дальнего Востока (Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Магаданская область), южных регионов европейской территории (Республики Дагестан, Калмыкия, Волгоградская область) и Западной Сибири (Тюменская, Новосибирская, Омская области). В 2020–2021 гг. эпидемиологическая ситуация значительно изменилась, позволив сдержать широкое распространение пневмоний лишь в отдельных регионах, из которых явно выделились национальные Республики Якутия (Саха) и Калмыкия.

Показательна оценка ситуации за два сравнительных периода – до коронавирусного кризиса (2017–2019 гг.) и в период возникновения и развития коронавирусного кризиса (2019–2021 гг.). Для каж-

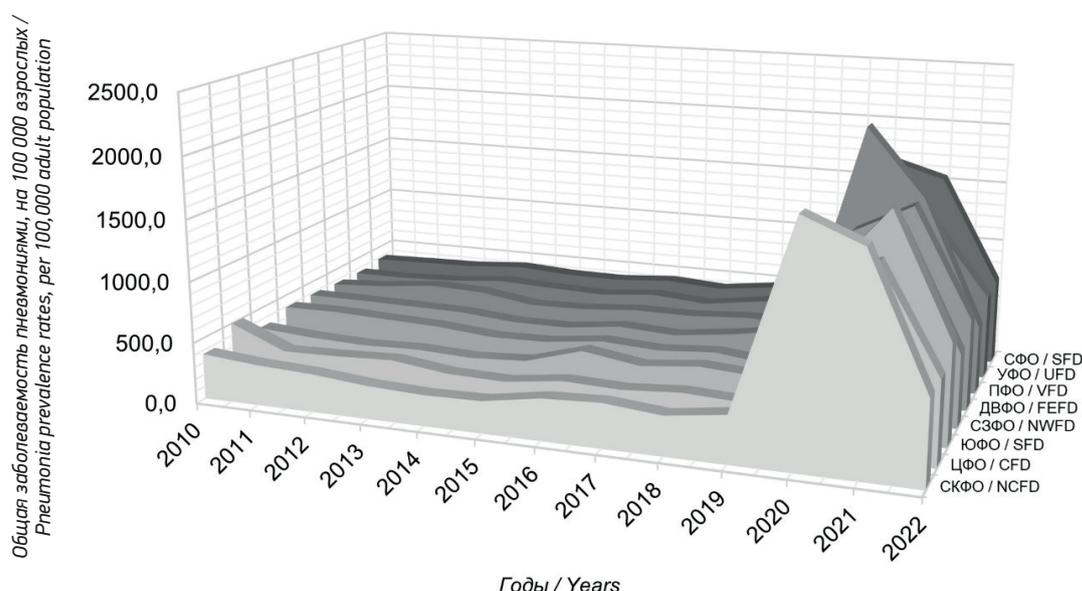


Рис. 2. Динамика показателей общей заболеваемости взрослого населения пневмониями в федеральных округах РФ в 2010–2022 гг. на 100 тыс. взрослого населения

Fig. 2. Pneumonia prevalence rates in the federal districts of the Russian Federation in 2010–2022, per 100,000 adult population

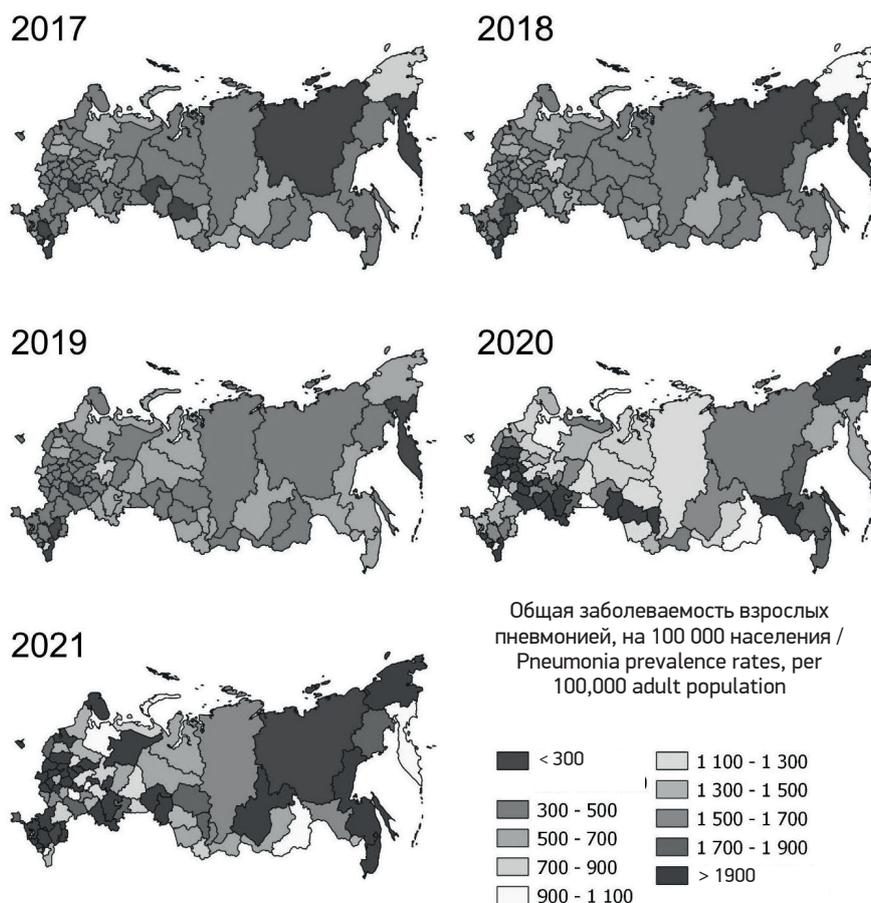


Рис. 3. Территориальная межрегиональная дифференциация показателей общей заболеваемости взрослого населения пневмониями в РФ в 2017–2021 гг.

Fig. 3. Interregional territorial differentiation of pneumonia prevalence rates in the adult population of the Russian Federation in 2017–2021

дого субъекта рассчитаны темпы прироста общей заболеваемости пневмониями среди взрослого населения. Это позволило более отчетливо показать сравнительные пространственные различия негативных или позитивных тенденций распространения пневмоний, выраженных соответствующими темпами прироста общей заболеваемости (рис. 4, табл. 1). В 2017–2019 гг. большинство регионов России отличалось приращением заболеваемости пневмониями. На момент до пандемии наиболее напряженная ситуация по распространению пневмоний наметилась преимущественно в регионах Западной Сибири, южных частях Сибири и Дальнего Востока, для которых темпы прироста составили от 10 до 30 %. Исключениями стали несколько регионов европейской части России – Севастополь и Белгородская область с темпами прироста не более 12 % и Республика Северная Осетия – Алания с одним из самых высоких темпов прироста в 21,1 %. Позитивные изменения, связанные со снижением заболеваемости (до 10,3 %), отмечались в половине регионов европейской России, а также на северо-востоке России и лишь в одном сибирском регионе (Республика Тыва). Остальные регионы (всего 45) отличались средними на тот период темпами прироста (до 10 %).

В сравнительном периоде 2019–2021 гг., в условиях возникшего коронавирусного кризиса, ситуация по распространению пневмоний значительно изменилась на всей территории России. Практически во всех регионах увеличились показатели общей заболеваемости пневмониями за исключением 4 субъектов. Дифференцировались регионы и по степени темпов прироста. Наихудшая ситуация отмечалась в 6 регионах, в которых темпы прироста составили более 90 % (Республики Мордовия, Коми, Карачаево-Черкесия, Курская, Сахалинская и Орловская области). Значительное ухудшение ситуации отчетливо наблюдалось в большей части европейской территории России, где темпы прироста часто варьировались от 70 до 90 %. Такой же темп прироста в азиатской части России был типичен только в Томской области. Остальные российские регионы дифференцированы различными темпами прироста. Весьма непростая ситуация также сложилась в регионах юга Сибири и на Дальнем Востоке, где прирост заболеваемости колебался от 30 до 70 %. Снижением заболеваемости пневмониями в весьма напряженный период 2019–2021 гг. отличились 4 региона без выраженных географических закономерностей: Республика Саха (Якутия), Ямало-Ненецкий автономный округ, Алтайский край, Республика Калмыкия. Причем

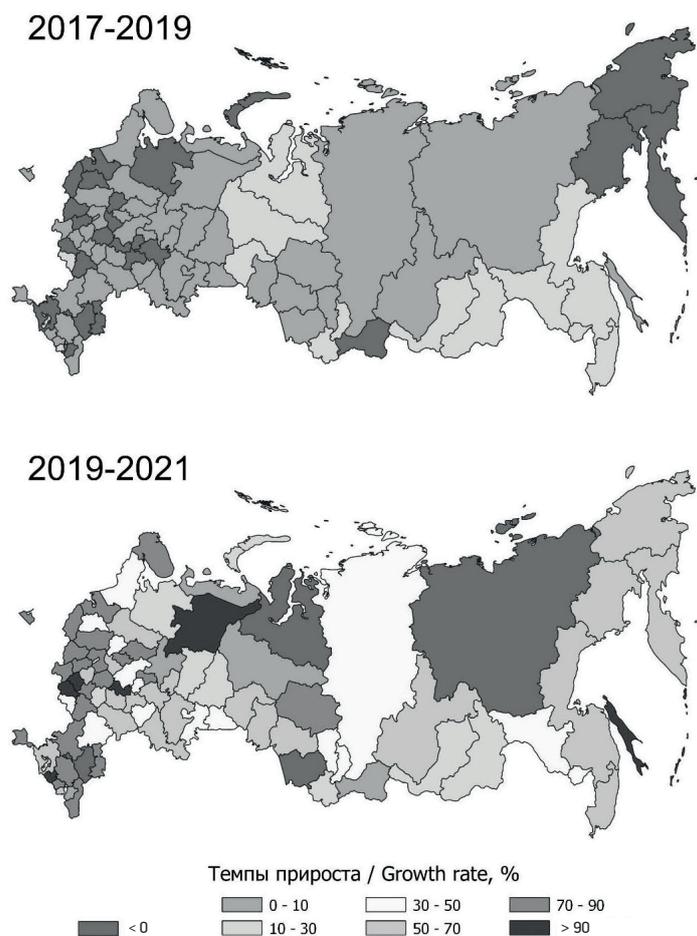


Рис. 4. Территориальная межрегиональная дифференциация показателей темпов прироста общей заболеваемости взрослого населения пневмониями в РФ в периоды 2017–2019 и 2019–2021 гг.

Fig. 4. Interregional territorial differentiation of pneumonia prevalence growth rates in the adult population of the Russian Federation in the years 2017–2019 and 2019–2021

только последняя республика не изменяла региональную тенденцию в двух сравниваемых периодах 2017–2021 гг., устойчиво оставаясь в группе регионов, в которых прекратилось приращение заболеваемости.

Обсуждение. Большинство регионов России в 2019–2021 гг. в сравнении с 2017–2019 гг. характеризовались негативными тенденциями распространения пневмоний среди взрослого населения, что выражалось увеличением показателей и темпов прироста общей заболеваемости. Значительно сократились группы регионов с позитивными и низкими темпами приростов заболеваемости. Только 10 регионов смогли войти в эти группы в пандемийный период. В итоге группа регионов с низким приростом (0–10 %) сократилась с 45 до 5, с отсутствием прироста с 25 также до 5. Сократилась и группа с темпами прироста 10–30 %, в которой за сравнительный период 2019–2021 гг. оказались 9 вместо ранее находившейся в ней 15 регионов. Большинство же регионов характеризовались темпами прироста заболеваемости более 30 %. Причем наихудшими показателями более 90 % выделились 6 регионов, которые за ранний сравнительный период, наоборот, входили в относительно благополучные группы регионов.

Вместе с тем 12 регионов в 2019–2021 гг. отличились устойчивыми положениями или показали позитивные сдвиги, связанные со снижением общей заболеваемости пневмониями. Сохранение положения характерно для Республик Адыгея, Бурятия, Алтай, Забайкальского края, Ненецкого автономного округа, Кировской области, Республик Калмыкия и Ингушетия. Они сохранили свое положение в аналогичных группах за два сравнительных периода. Более позитивные перемены положения произошли в самой немногочисленной части российских регионов (Республика Саха (Якутия), Алтайский край, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский (Югра) автономные округа). Благодаря этому первые три субъекта вошли в группу с отсутствием прироста общей заболеваемости, а Ханты-Мансийский автономный округ – Югра вошел в группу с темпами прироста 0–10 %.

Сложившиеся региональные различия в России за рассматриваемый период времени во многом определены особенностями течения в различных регионах эпидемиологической ситуации, связанной с распространением среди взрослого населения новой коронавирусной инфекции COVID-19. Широкое распространение пневмоний повлияло на общие изменения в заболеваемости и смертности россий-

Таблица. Распределение субъектов РФ по темам прироста общей заболеваемости взрослого населения пневмониями в 2017–2019 и 2019–2021 гг.**Table. Distribution of the constituent entities of the Russian Federation by pneumonia prevalence growth rates in the adult population in 2017–2019 and 2019–2021**

Темпы прироста, в % / Growth rate, %	Субъекты РФ / Constituent entities of the Russian Federation	
	2017–2019 гг. (допандемийный период) / 2017–2019 (pre-pandemic period)	2019–2021 гг. (пандемийный период) / 2019–2021 (pandemic period)
> 90	–	Мордовия, Коми, Курская, Сахалинская, Орловская, Карачаево-Черкесская / Mordovia, Komi, Kursk, Sakhalin, Oryol, Karachay-Cherkess
70–90	–	Ленинградская, Дагестан, Рязанская, Ставропольский, Тверская, Кабардино-Балкарская, Астраханская, Московская, Калининградская, Калужская, Мурманская, Ростовская, Липецкая, Костромская, Марий Эл, Псковская, Севастополь, Томская, Брянская, Крым, Ивановская, Смоленская, Воронежская / Leningrad, Dagestan, Ryazan, Stavropol, Tver, Kabardino-Balkarian, Astrakhan, Moscow, Kaliningrad, Kaluga, Murmansk, Rostov, Lipetsk, Kostroma, Mari El, Pskov, Sevastopol, Tomsk, Bryansk, Crimea, Ivanovo, Smolensk, Voronezh
50–70	–	Оренбургская, Саратовская, Тюменская, Магаданская, Санкт-Петербург, Омская, Владимирская, Чукотский, Краснодарский, Северная Осетия – Алания, Татарстан, Башкортостан, Приморский, Вологодская, Тульская, Иркутская, Камчатский, Новосибирская, Ульяновская, Пензенская, Хабаровский, Удмуртская / Orenburg, Saratov, Tyumen, Magadan, St. Petersburg, Omsk, Vladimir, Chukotka, Krasnodar, North Ossetia - Alania, Tatarstan, Bashkortostan, Primorsky, Vologda, Tula, Irkutsk, Kamchatka, Novosibirsk, Ulyanovsk, Penza, Khabarovsk, Udmurt
30–50	–	Самарская, Челябинская, Белгородская, Красноярский, Кемеровская, Нижегородская, Хакасия, Амурская, Чувашская, Волгоградская, Карелия, Ярославская, Еврейская, Курганская, Новгородская / Samara, Chelyabinsk, Belgorod, Krasnoyarsk, Kemerovo, Nizhny Novgorod, Khakassia, Amur, Chuvash, Volgograd, Karelia, Yaroslavl, Jewish, Kurgan, Novgorod
10–30	Ямало-Ненецкий, Еврейская, Северная Осетия – Алания, Алтай, Хабаровский, Забайкальский, Хакасия, Ханты-Мансийский – Югра, Приморский, Адыгея, Тюменская, Севастополь, Бурятия, Амурская, Белгородская / Yamalo-Nenets, Jewish, North Ossetia – Alania, Altai, Khabarovsk, Transbaikal, Khakassia, Khanty-Mansi – Yugra, Primorsky, Adygea, Tyumen, Sevastopol, Buryatia, Amur, Belgorod	Адыгея, Свердловская, Забайкальский, Архангельский, Москва, Тамбовская, Бурятия, Алтай, Пермский / Adygea, Sverdlovsk, Transbaikal, Arkhangelsk, Moscow, Tambov, Buryatia, Altai, Perm
0–10	Карелия, Новосибирская, Красноярский, Кабардино-Балкарская, Свердловская, Кировская, Калининградская, Костромская, Саха (Якутия), Саратовская, Карачаево-Черкесская, Омская, Ростовская, Мурманская, Брянская, Марий Эл, Ивановская, Курганская, Ненецкий, Кемеровская, Сахалинская, Башкортостан, Алтайский, Дагестан, Пермский, Челябинская, Тамбовская, Крым, Иркутская, Удмуртская, Тверская, Москва, Ставропольский, Липецкая, Вологодская, Московская, Тульская, Волгоградская, Самарская, Коми, Оренбургская, Томская, Орловская, Нижегородская, Пензенская / Karelia, Novosibirsk, Krasnoyarsk, Kabardino-Balkarian, Sverdlovsk, Kirov, Kaliningrad, Kostroma, Sakha (Yakutia), Saratov, Karachay-Cherkess, Omsk, Rostov, Murmansk, Bryansk, Mari El, Ivanovo, Kurgan, Nenets, Kemerovo, Sakhalin, Bashkortostan, Altai, Dagestan, Perm, Chelyabinsk, Tambov, Crimea, Irkutsk, Udmurt, Tver, Moscow, Stavropol, Lipetsk, Vologda, Moscow, Tula, Volgograd, Samara, Komi, Orenburg, Tomsk, Oryol, Nizhny Novgorod, Penza	Ненецкий, Тыва, Кировская, Чеченская, Ханты-Мансийский – Югра / Nenets, Tyva, Kirov, Chechen, Khanty-Mansiysk – Yugra
< 0 (снижение заболеваемости / a decrease in prevalence)	Курская, Камчатский, Магаданская, Смоленская, Архангельская, Новгородская, Воронежская, Краснодарская, Ленинградская, Татарстан, Рязанская, Владимирская, Ульяновская, Ингушетия, Чувашская, Чеченская, Калмыкия, Астраханская, Тыва, Калужская, Псковская, Мордовия, Санкт-Петербург, Чукотский, Ярославская / Kursk, Kamchatka, Magadan, Smolensk, Arkhangelsk, Novgorod, Voronezh, Krasnodar, Leningrad, Tatarstan, Ryazan, Vladimir, Ulyanovsk, Ingushetia, Chuvash, Chechen, Kalmykia, Astrakhan, Tyva, Kaluga, Pskov, Mordovia, St. Petersburg, Chukotka, Yaroslavskaya	Саха (Якутия), Ямало-Ненецкий, Алтайский, Калмыкия, Ингушетия / Sakha (Yakutia), Yamalo-Nenets, Altai, Kalmykia, Ingushetia

ского населения от болезней органов дыхания, что в целом согласуется с отдельными тематическими исследованиями [21, 22]. Также подтверждается связь разности медико-демографических показателей и здравоохранительных факторов в условиях пандемии как на разномасштабных зарубежных моделях [23, 24], так и в России [25–27]. Поэтому важно рассматривать различия негативных тенденций распространения пневмоний как проявлений состоятельности и контролируемости региональных систем здравоохранения и общественного здоровья к кризисным ситуациям, вызванным внешними причинами эпидемиологического характера. Региональные различия в изменениях общей заболеваемости пневмониями, таким образом, могут служить определенным индикатором. Для предупреждения и противодействия значительных уровней заболеваемости и в последующем смертности от внебольничных и больничных пневмоний эффективные управленческие и медико-профилактические решения следует предпринимать с учетом различий ресурсов здравоохранения в регионах, а также локальных условий и возможностей медицинских организаций.

Не исключая важность медико-биологических и медико-санитарных детерминант, сложность территориальной дифференциации заболеваемости пневмониями в России определяется рядом иных фоновых условий и потенциальных факторов риска на региональном уровне. Во-первых, значимая роль сохраняется за демографическими особенностями различных территорий. Более высокая частота подверженности и неблагоприятных последствий развития пневмоний встречается среди жителей городов [4], а также в старшей возрастной группе населения [3]. В частности, выявлено, что доля умерших от последствий COVID-19 от общего числа смертей достигла максимальных значений в старших возрастных группах российского населения [28]. Во-вторых, актуальными остаются особенности социальных условий и статуса людей, входящих в группы риска. Прежде всего, это факторы, связанные с образом жизни, информированностью человека о рисках и последствиях заболевания пневмонией, необходимости вакцинации [2, 4]. В завершение имеются представления о значимости природно-экологических факторов среды проживания. Например, ранее было показано, что с учетом степени адаптированности населения погодноклиматические факторы обуславливают особенности эпидемического процесса внебольничных пневмоний в различных регионах с экстремальными условиями среды [29]. В целом же погодноклиматические условия определяют сезонность развития вирусных пневмоний. Данный тезис подтверждается выраженным сезонным характером частоты выявления респираторных вирусов у заболевших внебольничными пневмониями [9].

Наблюдаемые в до- и пандемийные периоды региональные тенденции общей заболеваемости

ти населения регионов России пневмониями, при учете ситуации в системе здравоохранения и общественного здоровья и иных потенциальных факторов риска, могут быть приняты во внимание при совершенствовании специализированной пульмонологической помощи и разработке стратегий адаптации к здравоохранительным кризисам на макро- и региональном уровнях. Дальнейший геоинформационный мониторинг и детализация представленных данных на модели конкретных регионов актуальны для предотвращения увеличения заболеваемости, последующих негативных медико-демографических и социальных процессов (нетрудоспособности, инвалидизации, сокращения продолжительности здоровой жизни, смертности), связанных с перенесением и осложнениями пневмоний. В настоящее время актуальными основными мерами остаются общая медицинская профилактика, массовая просветительская работа и вакцинация уязвимых групп населения, а также следование специалистам на местах утвержденным федеральным клиническим рекомендациям Российского респираторного общества⁴ и Национального научного общества инфекционистов⁵.

Заключение. В результате проведенного исследования получены новые сведения об изменении региональных различий общей заболеваемости взрослого населения пневмониями в России в 2017–2021 годах и сделаны следующие выводы.

1. На национальном уровне пневмонии показывали некоторый негативный тренд в динамике общей заболеваемости взрослого населения России в допандемийный период и значительно увеличили свою долю в структуре болезней органов дыхания в последующие годы пандемийного периода, что прежде всего связано с последствиями ухудшения эпидемиологической ситуации и широкого распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19.

2. На макрорегиональном уровне в пандемийный период ситуация по общей заболеваемости взрослого населения пневмониями обострилась во всех федеральных округах России. Значительный прирост общей заболеваемости (более 50 %) пришелся на федеральные округа европейской части России, в то время как в федеральных округах азиатской части России он был ниже (менее 50 %).

3. На межрегиональном уровне территориальная дифференциация России отличалась неравномерностью распространения пневмоний среди взрослого населения и в пандемийный период, в сравнении с допандемийным, она проявилась изменением и еще большим усложнением. Темпы прироста общей заболеваемости увеличились во всех регионах за исключением 5 субъектов. Более выраженным ухудшением ситуации отличилась большая часть европейской территории России. Наихудшая ситуация с темпами прироста более 90 % зафиксирована в 6 регионах (Республики Мордовия, Коми, Карачаево-Черкесия, Курская,

⁴ Клинические рекомендации Российского респираторного общества (РРО). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://spulmo.ru/obrazovatelnye-resursy/federalnye-klinicheskie-rekomendatsii/> (дата обращения: 30.04.2024).

⁵ Клинические рекомендации Национального научного общества инфекционистов (НАСИБ). [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://nnoi.ru/clinical-guid-approved> (дата обращения: 30.04.2024.).

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-6-7-16>
Original Research Article

Сахалинская и Орловская области). Наилучшая ситуация с отсутствием прироста выявлена в 5 преимущественно национальных регионах (Республики Саха (Якутия), Калмыкия, Ингушетия, Алтайский край, Ямало-Ненецкий автономный округ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быстрицкая Е.В., Биличенко Т.Н. Анализ заболеваемости пневмониями взрослого и детского населения Российской Федерации за период 2010–2014 гг. // Пульмонология. 2017. № 2. С. 173–178. doi: 10.18093/0869-0189-2017-27-2-173-178
- Биличенко Т.Н., Быстрицкая Е.В., Чучалин А.Г., Белевский А.С., Батын С.З. Смертность от болезней органов дыхания в 2014–2015 гг. и пути ее снижения // Пульмонология. 2016. № 4. С. 389–397. doi: 10.18093/0869-0189-2016-26-4-389-397
- Биличенко Т.Н., Чучалин А.Г. Заболеваемость и смертность населения России от острых респираторных вирусных инфекций, пневмонии и вакцинопрофилактика // Терапевтический архив. 2018. № 1. С. 22–26. doi: 10.17116/terarkh201890122-26
- Быстрицкая Е.В., Биличенко Т.Н. Заболеваемость, инвалидность и смертность от болезней органов дыхания в Российской Федерации (2015–2019) // Пульмонология. 2021. № 5. С. 551–561. doi: 10.18093/0869-0189-2021-31-5-551-561
- Погорелов А.Р., Рябина Л.И., Захарова О.М. География бронхолегочной заболеваемости населения в регионах России: мониторинг 2010–2019 годов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 2. С. 298–310. doi: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-298-310
- Чучалин А.Г. Пневмония: актуальная проблема медицины XXI века // Терапевтический архив. 2016. № 3. С. 4–12. doi: 10.17116/terarkh20168834-12
- Aston SJ. Pneumonia in the developing world: Characteristic features and approach to management. *Respirology*. 2017;22(7):1276–1287. doi: 10.1111/resp.13112
- Ferkol T, Schraufnagel D. The global burden of respiratory disease. *Ann Am Thorac Soc*. 2014;11(3):404–406. doi: 10.1513/AnnalsATS.201311-405PS
- Авдеев С.Н., Дехнич А.В., Зайцев А.А. и др. Внебольничная пневмония: федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению // Пульмонология. 2022. № 3. С. 296–355. doi: 10.18093/0869-0189-2022-32-3-295-355
- Самойлов А.С., Удалов Ю.Д., Пустовойт В.И., Петрова М.С., Назарян С.Е. Анализ субъективной оценки качества жизни пациентов перенесших пневмонию, вызванную COVID-19 // Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2020. № 4. С. 30–33. doi: 10.26269/46y3-bb59
- Малхазова С.М., Котова Т.В., Тикунов В.С. Картографирование динамики заболеваемости населения: подходы и новые решения // Геодезия и картография. 2015. № 10. С. 25–33.
- Kotova TV, Malkhazova SM, Tikunov VS, Bandrova TV. Visualization of public health dynamics. *Geography, Environment, Sustainability*. 2017;10(4):27–42. doi: 10.24057/2071-9388-2017-10-4-27-42
- Зубаревич Н.В. Влияние пандемии на социально-экономическое развитие и бюджеты регионов // Вопросы теоретической экономики. 2021. № 1. С. 48–60. doi: 10.24411/2587-7666-2021-10104
- Макаренцева А.О., Мкртчян Н.В., Зубаревич Н.В. Демографическая ситуация и социально-экономическое развитие регионов России в первой половине 2020 г. // Экономическое развитие России. 2020. № 10. С. 73–88.
- Хасанова Р.Р., Зубаревич Н.В. Рождаемость, смертность населения и положение регионов в начале второй волны пандемии // Экономическое развитие России. 2021. №1. С. 77–87.
- Земцов С.П., Бабурин В.Л. COVID-19: пространственная динамика и факторы распространения по регионам России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 4. С. 485–505. doi: 10.31857/S2587556620040159
- Панин А.Н., Рылский И.А., Тикунов В.С. Пространственные закономерности распространения пандемии COVID-19 в России и мире: картографический анализ // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2021. № 1. С. 62–77.
- Baklanov AA, Chubarova NE, Kolosov VA, Malkhazova SM, Porfiriev BN. Introduction to geography of COVID-19 pandemic: Environmental issues, public health and socio-economic consequences. *Geography, Environment, Sustainability*. 2021;14(4):105–108. doi: 10.24057/2071-9388-2021-044
- Metersky ML. Should management of pneumonia be an indicator of quality of care? *Clin Chest Med*. 2011;32(3):575–589. doi: 10.1016/j.ccm.2011.05.005
- Практическая демография. Под ред. Л.Л. Рыбаковского. М.: ЦСП, 2005. 280 с.
- Горошко Н.В., Пацала С.В. Избыточная смертность в период пандемии COVID-19: регионы России на фоне страны // Социально-трудовые исследования. 2022. № 1. С. 103–116.
- Кваша Е.А., Харькова Т.Л. Пандемия COVID-19 и смертность от основных причин смерти в регионах Российской Федерации в 2020 году // Региональные исследования. 2022. № 4. С. 61–75. doi: 10.5922/1994-5280-2022-4-6
- Breitenbach MC, Ngobeni V, Aye GC. Global healthcare resource efficiency in the management of COVID-19 death and infection prevalence rates. *Front Public Health*. 2021;9:638481. doi: 10.3389/fpubh.2021.638481
- Cuadros DF, Xiao Y, Mukandavire Z, et al. Spatiotemporal transmission dynamics of the COVID-19 pandemic and its impact on critical healthcare capacity. *Health Place*. 2020;64:102404. doi: 10.1016/j.healthplace.2020.102404
- Власова О.В. Финансовое обеспечение здравоохранения в рамках борьбы с распространением COVID-19 // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. №8. С. 46–52.
- Руднева О.С., Соколов А.А. Готовность регионов России к пандемии COVID-19 на основе демографической устойчивости и развития системы здравоохранения // Народонаселение. 2023. № 1. С. 160–171. doi: 10.19181/population.2023.26.1.13
- Степанов В.С. Зависимость уровня смертности в регионах от распространенности активных носителей SARS-CoV-2 и ресурсов организаций здравоохранения // Анализ риска здоровью. 2020. № 4. С. 12–22. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.02
- Горошко Н.В., Пацала С.В. Избыточная смертность пожилого населения России в условиях COVID-19 // Социальное пространство. 2022. № 1. С. 1–19. doi: 10.15838/sa.2022.1.33.1
- Рахманов Р.С., Потехина Н.Н., Гришин И.А. и др. Эпидемиологические особенности внебольничных пневмоний в экстремальных природно-климатических условиях // Здоровье населения и среда обитания. 2017. № 4. С. 53–56. doi: 10.35627/2219-5238/2017-289-4-53-56

REFERENCES

- Bystritskaya EV, Bilichenko TN. An analysis of pneumonia morbidity in adults and children at Russian Federation, 2010–2014. *Pulmonologiya*. 2017;27(2):173–178. (In Russ.) doi: 10.18093/0869-0189-2017-27-2-173-178
- Bilichenko TN, Bystritskaya EV, Chuchalin AG, Belevskiy AS, Batyn SZ. Mortality of respiratory disease in 2014–2015 and ways of its improvement. *Pulmonologiya*. 2016;26(4):389–397. (In Russ.) doi: 10.18093/0869-0189-2016-26-4-389-397
- Bilichenko TN, Chuchalin AG. Morbidity and mortality of the Russian population from acute respiratory viral infections, pneumonia and vaccination. *Terapevticheskiy Arkhiv*. 2018;90(1):22–26. (In Russ.) doi: 10.17116/terarkh201890122-26

4. Bystritskaya EV, Bilichenko TN. The morbidity, disability, and mortality associated with respiratory diseases in the Russian Federation (2015–2019). *Pulmonologiya*. 2021;31(5):551–561. (In Russ.) doi: 10.18093/0869-0189-2021-31-5-551-561
5. Pogorelov AR, Ryabinina LI, Zakharova OM. Geography of bronchopulmonary diseases in the regions of Russia: Monitoring from 2010 to 2019. *InterCarto. InterGIS*. 2022;28(2):298–310. (In Russ.) doi: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-298-310
6. Chuchalin AG. Pneumonia: The urgent problem of 21st century medicine. *Terapevticheskiy Arkhiv*. 2016;88(3):4–12. (In Russ.) doi: 10.17116/terarkh20168834-12
7. Aston SJ. Pneumonia in the developing world: Characteristic features and approach to management. *Respirology*. 2017;22(7):1276–1287. doi: 10.1111/resp.13112
8. Ferkol T, Schraufnagel D. The global burden of respiratory disease. *Ann Am Thorac Soc*. 2014;11(3):404–406. doi: 10.1513/AnnalsATS.201311-405PS
9. Avdeev SN, Dekhnich AV, Zaytsev AA, et al. Federal guidelines on diagnosis and treatment of community-acquired pneumonia. *Pulmonologiya*. 2022;32(3):295–355. (In Russ.) doi: 10.18093/0869-0189-2022-32-3-295-355
10. Samoilov AS, Udalov YD, Pustovoi VI, Petrova MS, Nazaryan SE. Analysis of the subjective assessment of the quality of life of patients with pneumonia caused by COVID-19. *Kremlevskaya Meditsina. Klinicheskiy Vestnik*. 2020;(4):30–33. (In Russ.) doi: 10.26269/46y3-bb59
11. Malkhazova SM, Kotova TV, Tikunov VS. Mapping of the dynamics of population morbidity: Approachs and new decisions. *Geodeziya i Kartografiya*. 2015;(10):25–33. (In Russ.)
12. Kotova TV, Malkhazova SM, Tikunov VS, Bandrova TV. Visualization of public health dynamics. *Geography, Environment, Sustainability*. 2017;10(4):27–42. doi: 10.24057/2071-9388-2017-10-4-27-42
13. Zubarevich NV. Influence the pandemic at socio-economic development and regional budgets. *Voprosy Teoreticheskoy Ekonomiki*. 2021;(1(10)):48–60. (In Russ.) doi: 10.24411/2587-7666-2021-10104
14. Makarentseva AO, Mkrtchyan NV, Zubarevich NV. Demographic situation and socio-economic development of Russian regions in the first half of 2020. *Russian Economic Development*. 2020;27(10):73–88. (In Russ.)
15. Khasanova RR, Zubarevich NV. Birth rate, mortality and situation of regions at the onset of the second wave of pandemic. *Russian Economic Developments*. 2021;28(1):77–87. (In Russ.)
16. Zemtsov SP, Baburin VL. COVID-19: Spatial dynamics and diffusion factors across Russian regions. *Izvestiya Rossiyskoy Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2020;(4):485–505. (In Russ.) doi: 10.31857/S2587556620040159
17. Panin AN, Rilskiy IA, Tikunov VS. Spatial patterns of COVID-19 distribution in Russia and the world: Cartographic analysis. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya*. 2021;(1):62–77. (In Russ.)
18. Baklanov AA, Chubarova NE, Kolosov VA, Malkhazova SM, Porfiriev BN. Introduction to geography of COVID-19 pandemic: Environmental issues, public health and socio-economic consequences. *Geography, Environment, Sustainability*. 2021;14(4):105–108. doi: 10.24057/2071-9388-2021-044
19. Metersky ML. Should management of pneumonia be an indicator of quality of care? *Clin Chest Med*. 2011;32(3):575–589. doi: 10.1016/j.ccm.2011.05.005
20. Rybakovsky LL, ed. [*Practical Demography*.] Moscow: CSP; 2005. (In Russ.)
21. Goroshko NV, Patsala SV. Excess mortality during the COVID-19 pandemic: Russian regions against the backdrop of the country. *Sotsial'no-Trudovye Issledovaniya*. 2022;(1(46)):103–116. (In Russ.) doi: 10.34022/2658-3712-2022-46-1-103-116
22. Kvasha EA, Kharkova TL. COVID-19 pandemic and mortality by main causes of death in regions of the Russian Federation in 2020. *Regional'nye Issledovaniya*. 2022;(4(78)):61–75. (In Russ.) doi: 10.5922/1994-5280-2022-4-6
23. Breitenbach MC, Ngobeni V, Aye GC. Global healthcare resource efficiency in the management of COVID-19 death and infection prevalence rates. *Front Public Health*. 2021;9:638481. doi: 10.3389/fpubh.2021.638481
24. Cuadros DF, Xiao Y, Mukandavire Z, et al. Spatiotemporal transmission dynamics of the COVID-19 pandemic and its impact on critical healthcare capacity. *Health Place*. 2020;64:102404. doi: 10.1016/j.healthplace.2020.102404
25. Vlasova OV. Financing health care in the framework of the fight against the spread of COVID-19. *Vestnik Altayskoy Akademii Ekonomiki i Prava*. 2022;(8-1):46–52. (In Russ.) doi: 10.17513/vaael.2345
26. Rudneva OS, Sokolov AA. Analysis of the readiness of Russian regions for the COVID-19 pandemic based on demographic sustainability and development of the healthcare system. *Narodonaselenie*. 2023;26(1):160–171. (In Russ.) doi: 10.19181/population.2023.26.1.13
27. Stepanov VS. Dependence between mortality in regions and prevalence of active SARS-COV-2 carriers and resources available to public healthcare organizations. *Health Risk Analysis*. 2020;(4):12–23. doi: 10.21668/health.risk/2020.4.02.eng
28. Goroshko NV, Patsala SV. Excess mortality in the elderly population of Russia under the COVID-19 pandemic. *Sotsial'noe Prostranstvo*. 2022;8(1):1. (In Russ.) doi: 10.15838/sa.2022.1.33.1
29. Rakhmanov RS, Potekhina NN, Grishin IA, et al. Epidemiological features of community-acquired pneumonia under extreme natural-climatic conditions. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2017;(4(289)):53–56. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2017-289-4-53-56

Сведения об авторе:

✉ **Погорелов** Артур Русланович – научный сотрудник лаборатории социальной и медицинской географии; e-mail: pogorelov_ar@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7682-571X>.

Информация о вкладе автора: автор берет на себя единоличную ответственность за все аспекты работы над статьей.

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

Финансирование: исследование проведено в рамках темы госзадания Минобрнауки РФ № 122020900189-0 (раздел 3).

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Статья получена: 09.05.24 / Принята к публикации: 10.06.24 / Опубликована: 28.06.24

Author information:

✉ Artur R. **Pogorelov**, Researcher, Laboratory of Social and Medical Geography; e-mail: pogorelov_ar@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7682-571X>.

Author contribution: The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The study was carried out within the framework of the topic of the state task by the Russian Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 122020900189-0 (Section 3).

Conflict of interest: The author has no conflicts of interest to declare

Received: May 9, 2024 / Accepted: June 10, 2024 / Published: June 28, 2024