

Распространение COVID-19 в российских регионах в 2020 году: факторы избыточной смертности

Марина Г. Колосницына¹, Михаил Ю. Чубаров¹

¹ НИУ ВШЭ, Москва, 109028, Россия

Получено 13 June 2022 ♦ Принято в печать 26 August 2022 ♦ Опубликовано 6 December 2022

Цитирование: Kolosnitsyna MG, Chubarov MYu. (2022) Spread of COVID-19 in the Russian regions in 2020: factors of excess mortality. Population and Economics 6(4): 1–20. <https://doi.org/10.3897/poperecon.6.e87739>

Аннотация

В работе выявляются основные факторы, связанные с распространением пандемии в российских регионах, с помощью эконометрических моделей и нелинейных моделей «Случайный лес» оценивается их значимость. Исследование выполнено на данных российских регионов за март – декабрь 2020 года, сбалансированная панельная выборка составила 780 наблюдений. Распространенность пандемии оценивалась на основе показателя избыточной смертности.

Обнаружена положительная зависимость избыточной смертности от доли мигрантов и отрицательная — от доли пенсионеров в регионе. Подтверждена важность климатических факторов: высокие температуры, при прочих равных условиях, снижают избыточную смертность, а высокая влажность воздуха, наоборот, увеличивает ее. Избыточная смертность выше в регионах, где ниже мобильность населения. Смертность выше в регионах с высокими среднедушевыми доходами населения и в регионах со значительным уровнем безработицы. И наоборот, избыточная смертность ниже в тех регионах, которые лучше обеспечены врачами и средним медицинским персоналом.

Результаты исследования показывают, что политика общественного здоровья в случае повторных волн эпидемии или появления новых вирусов должна быть географически дифференцированной. Следует обращать первоочередное внимание на эпидемиологическую ситуацию в регионах с влажным климатом и низкими температурами, с высокими доходами, интенсивной миграцией, высокой безработицей. Необходимы значительные инвестиции в медицинское образование, увеличение численности медицинских работников и более равномерное ее распределение по регионам. Такой подход оказывается более эффективным в терминах сокращения смертности, чем принудительные ограничения мобильности населения.

Ключевые слова

пандемия; самоизоляция; возрастная структура; миграция; климат; доходы; безработица; здравоохранение

Коды JEL: J11, I12, I18

Введение

Пандемия коронавируса признана исследователями и политиками важнейшим вызовом для систем здравоохранения всего мира со времен знаменитой «испанки» 1918-1920-х гг. Она оказала существенное влияние на макроэкономическую динамику, сократив темпы роста валового внутреннего продукта (ВВП), доходы бизнеса и домохозяйств, а также увеличив безработицу во многих странах. Но прежде всего оценивать последствия COVID-19 для современных обществ следует в терминах потерянных жизней. По данным Института Джонса Хопкинса¹, по состоянию на начало мая 2022 года пандемия унесла более 6 млн человеческих жизней. Более 500 млн людей во всем мире перенесли заболевание (и это только зарегистрированные случаи). Неудивительно, что такое масштабное социальное явление стало предметом исследований ученых в самых разных областях науки. Сотни статей — не считая препринтов — уже опубликованы медиками, демографами, социологами, математиками, экономистами, специалистами по государственному управлению и общественному здоровью. Однако интерес к пандемии не ослабевает, и причины этого очевидны. Во-первых, сам вирус, хоть и становится менее опасным, по мнению специалистов, может сохраняться еще долгие годы, и возможно появление новых опасных инфекций, к чему человечество должно быть готово. Во-вторых, за два года постепенно накоплена обширная информация, которая дает возможность формально анализировать разнообразие аспекты заболеваемости, что было практически невозможно в начале пандемии.

В частности, это относится к работам, исследующим факторы заболеваемости или смертности от COVID-19. Ранние исследования 2020 года в основном были выполнены на небольших выборках, использовали дескриптивный подход или изучали влияние небольшого числа факторов, оставляя в стороне другие возможные детерминанты. Авторы более поздних работ, опираясь на достаточно продолжительные ряды помесечных или ежедневных данных по странам мира или регионам одной страны, могли использовать регрессионный анализ и нелинейные модели машинного обучения и получали более надежные выводы. Однако до сих пор многочисленные исследования дают зачастую противоречивые результаты в отношении отдельных факторов, влияющих (или не влияющих) на заболеваемость или смертность от COVID-19. Поэтому изучение детерминант распространения пандемии по-прежнему актуально, и в особенности для России, где работ, использующих современные техники моделирования и данные за достаточно продолжительный период, пока опубликовано немного. Цель настоящего исследования — выявление и оценка связи отдельных факторов с распространением пандемии в российских регионах в 2020 году.

1. С чем связано распространение коронавируса: обзор исследований

Миграция. Уже самые ранние исследования, проведенные весной 2020 года, показали, что эпидемия распространялась по регионам отдельных стран, начиная с крупного экономического центра. Например, в Италии эпицентром инфекции стал Милан, который считается экономической столицей страны, а потому оказывается и главным направлением внутренней миграции. С введением локдауна начался процесс обратной миграции: люди, приехавшие сюда с целью работы и учебы, возвращались домой. Большинство внутренних мигрантов приезжает из соседних регионов, которые и стали лидерами по количеству случаев заболевания после Ломбардии [Михайлова, Валсеки, 2020]. Москва, аналогично Милану в Италии, — экономический

¹ <https://coronavirus.jhu.edu/> (дата обращения: 22 мая 2022 г.).

центр России, куда люди приезжают для учебы или в поисках хорошо оплачиваемой работы. С введением локдауна многие мигранты сразу вернулись домой в соседние регионы, которые, как следствие, не имели времени подготовиться к пандемии. У регионов, расположенных далеко от Москвы, откуда в столицу переезжает намного меньше людей, было для этого больше времени [Михайлова, Валсеки, 2020]. В Бразилии именно экономический центр — Сан-Паулу — стал источником распространения эпидемии в стране [Nakada, Urban, 2021]. В США на ранних стадиях распространения вируса наиболее отчетливо прослеживается влияние мобильности населения на заболеваемость и смертность в развитых городах восточного побережья — в Нью-Йорке, Бостоне и Филадельфии [Glaeser et al., 2020].

Плотность населения и урбанизация. Отличительная черта экономических центров — высокая плотность населения, которая, согласно выводам многих исследований, положительно связана с распространением инфекции. Такие результаты получены, в частности, для Бразилии [Nakada, Urban, 2021], Франции [Pascoal, Rocha, 2022], Ирана [Ahmadi et al., 2020], Турции [Şahin, 2020]. Однако исследование, проведенное в США на региональном уровне, обнаружило, что плотность населения не связана с числом умерших от пандемии. Авторы объясняют результат тем, что в богатых регионах с высокой плотностью расселения население обладает возможностью быстрого доступа к медицинским услугам лучшего качества. Вместе с тем стоит различать страны по уровню доходов. В небогатых странах городские агломерации с высокой плотностью населения отличаются тесными неформальными связями жителей, что затрудняет социальное дистанцирование [Hamidi et al., 2020]. Помимо плотности населения, исследователи используют показатель доли или численности населения, проживающего в крупных городах, характеризующий частоту социальных контактов в среднем по региону — он оказывается положительно связанным с заболеваемостью и с избыточной смертностью (Иванов, 2020; Земцов, Бабурин, 2020; Колосницына, Чубаров, 2021). Однако исследование Пилясова и соавторов на данных российских регионов не выявило значимой связи распространения коронавируса с плотностью населения и уровнем урбанизации [Пилясов и др., 2021]. Другое исследование структуры избыточной смертности в России в 2020 году продемонстрировало более быстрый рост смертности жителей городов в сравнении с жителями сельской местности [Сабгайда, 2021]. В работе Дружинина и Молчановой [2021] прирост смертности в российских регионах в 2020 году также оказался значимо положительно связанным с долей городского населения.

Возрастная структура населения. С самого начала пандемии пожилое население было объявлено особенно уязвимой группой. Действительно, во многих странах наблюдалась высокая смертность среди пожилых, это связывали, в частности, с наличием сопутствующих заболеваний — диабета, сердечно-сосудистых заболеваний, астмы, онкологии и пр. [Singh et al., 2021]. В некоторых странах высокие показатели смертности очевидно определялись институционализацией пожилых, как, например, в Италии, где заражение происходило в домах для престарелых. Помимо этого, исследователи отмечают тот факт, что пожилым людям чаще проводят тестирование, а значит и чаще выявляют болезнь, поэтому регистрируемый уровень заболеваемости в этой группе может оказаться завышенным [Данилова, 2020]. Вместе с тем и теоретические модели передачи инфекции [Калинин и др., 2020], и эмпирические работы [Горошко, Пацала, 2021; Земцов, Бабурин, 2020] доказывают, что заболеваемость, а поэтому и смертность пожилого населения ниже в сравнении с молодым, в частности, потому что пожилые люди более ответственно относятся к своему здоровью, имеют меньше социальных контактов (не работают, не ездят ежедневно на общественном транспорте в часы пик) и добровольно соблюдают все запреты и ограничения, иногда даже после их официальной отмены. В работе Дружинина и Молчановой, выполненной на данных российских регионов за 2020 год, доля пенсионеров оказалась незначимым фактором при оценке прироста смертности [Дружинин, Молчанова, 2021].

Климатические факторы также могут влиять на распространение инфекций. Не только отдельные страны, но и регионы больших по протяженности стран (в том числе России) существенно различаются по климатическим характеристикам. Среди всех климатических факторов в литературе особое внимание уделяется температуре и относительной влажности, потому что они определяют защиту дыхательных путей человека от инфекционных заболеваний [Lowen, Steel, 2014; Mescenas et al., 2020]. Доказано, что температура воздуха негативно связана с темпами распространения коронавирусной инфекции, то есть чем выше температура, тем ниже темпы. Направление влияния относительной влажности зависит от температуры. Если в стране/регионе преобладают высокие температуры, то высокая относительная влажность снижает темпы распространения вируса [De Angelis et al., 2021; Sun et al., 2021]. При низкой температуре, наоборот, высокая относительная влажность увеличивает темпы распространения инфекции [Lin et al., 2020]. Так, на региональных данных России с помощью статистического метода «случайный лес» была показана значимая взаимосвязь между климатическими факторами и распространением коронавирусной инфекции [Pramanik et al., 2022]. Вместе с тем Сабгайда и Зубко, проведя исследование на данных за два холодных месяца 2020 года (ноябрь и декабрь), сделали вывод, что низкие температуры способствуют снижению уровня передачи вируса SARS-COV-2 [Сабгайда, Зубко, 2021].

Распространенность растительности в городах также является важным фактором среды. С помощью метода «анализа путей» было доказано, что увеличение площади зеленых растений в городе на 1% снижает темпы распространения коронавирусной инфекции на 2.6% при прочих равных условиях [You, Pan, 2020]. Озеленение города помогает бороться не только с коронавирусной инфекцией, но и со многими другими вызовами XXI века. Озеленение города воздействует сразу через несколько каналов. Во-первых, оно улучшает качество воздуха, которое в современных мегаполисах очень низкое. Во-вторых, распространенность зеленых насаждений положительно воздействует на эмоциональное состояние человека, улучшая его ментальное здоровье [Hartig, Kahn, 2016].

Политические факторы многочисленны. Прежде всего, это те меры, которые принимают правительства стран для сдерживания распространения инфекции: от мягких рекомендаций до полных локдаунов. На региональных данных США было доказано, что действия, направленные на снижение темпов распространения ковида, являются эффективными как на федеральном, так и на региональном уровне [White, Hébert-Dufresne, 2020]. Важны не только сами решения, но и скорость их принятия: в США каждые два дня задержки введения ограничений в штате увеличивали число заразившихся на 20% [Adolph et al., 2021]. В Великобритании немедленное введение норм физического дистанцирования в марте 2020 года позволило снизить скорость заражения в 4 раза [Jarvis et al., 2021].

Значительную роль играет и жесткость принятых мер, и строгость наказания за их несоблюдение. Изначально предполагалось, что чем строже меры, тем медленнее происходит распространение инфекции. Однако пример Швеции, где с самого начала пандемии соблюдение социальной дистанции носило лишь рекомендательный характер, показал, что это не обязательно так [Adolph et al., 2021]. Возможно, причиной является негативное психологическое восприятие строгих запретов. Именно поэтому важным фактором выступает уровень доверия населения своему правительству и готовность следовать его решениям [Lewnard, Lo, 2020]. Ведь понятно, что на распространение инфекции влияет фактическое поведение людей, а оно не обязательно следует установленным нормам. В свою очередь, соблюдение установленных мер может диктоваться как чувством социальной ответственности, так и простым страхом заболеть [Maloney, Taskin, 2020]. Поэтому во время резкого роста заболеваемости ограничения будут соблюдаться лучше, чем в периоды ее спада.

Масштабная программа тестирования не менее важна: страны, которые проводили ее с самого начала пандемии, по мнению многих исследователей, в целом лучше справились с эпиде-

мией [Brotherhood et al., 2020]. Интенсивное тестирование может свести к минимуму потери населения от пандемии, а также обеспечить изоляцию и своевременное лечение инфицированных, что замедляет распространение инфекции и сокращает число летальных исходов, поэтому оно оказывается близкой заменой локдаунам [Wells et al., 2021]. Вместе с тем есть исследования, которые не находят значимой связи локдаунов, закрытия границ или программ тестирования с показателями смертности от COVID-19 [Chaudhry et al., 2020].

Экономические факторы прямо или косвенно оказывают влияние на распространение коронавирусной инфекции. Чем строже ограничительные меры, тем тяжелее экономические последствия для людей, поэтому соблюдение самоизоляции может позволить себе только относительно богатая часть населения. Так, в США в более бедных районах страны была зафиксирована относительно высокая мобильность населения. Это объясняется тем, что бедная часть населения была вынуждена, несмотря на локдаун, ездить на работу, чтобы покрыть свои базовые потребности [Khalatbari-Soltani et al., 2020]. Аналогичная зависимость была обнаружена и в российских муниципалитетах — мобильность была выше там, где ниже зарплаты [Dokhov, Торпиков, 2021]. А в Великобритании в бедных районах смертность от коронавирусной инфекции в два раза превышала аналогичный показатель в богатых районах [Caul, 2020]. Существует несколько объяснений взаимосвязи бедности и показателей заболеваемости и смертности от коронавируса. Во-первых, более бедная часть населения в основном выполняет низкоквалифицированную работу, которая не может быть выполнена удаленно. Кроме того, население с низкими доходами передвигается на общественном транспорте, где происходит больше социальных контактов [Rachele et al., 2015]. Бедные районы характеризуются большей плотностью населения, что затрудняет социальное дистанцирование. В исследовании на данных Германии, собранных во время первой волны пандемии, была доказана важность такой прокси-переменной бедности, как занятость низкоквалифицированным трудом [Ettensperger, 2021]. Исследование в Мексике показало, что вероятность умереть от инфекции для населения из нижнего доходного дециля в 5 раз выше, чем у людей из верхнего дециля [Arceo-Gomez et al., 2022]. Не только уровень бедности, но и показатели безработицы во многих исследованиях оказываются положительно коррелированными со смертностью от коронавирусной инфекции [Sun et al., 2021]. Однако есть исследования, показывающие противоположные результаты. Например, на макроуровне для 50 стран мира обнаружена положительная взаимосвязь ВВП на душу населения и смертности от пандемии в расчете на 100 тыс. населения [Chaudhry et al., 2020]. В работе Дружинина и Молчановой [2021] оценка регрессии прироста смертности по российским регионам в 2020 году показала незначимость переменных доходов. Так же незначимой оказалась переменная подушевых доходов при оценке избыточной смертности в России в исследовании Пилясова и соавторов [2021]. Земцов и Бабурин, напротив, отмечают более высокий уровень заболеваемости в богатых регионах, объясняя это тем, что их население больше путешествует, а также имеет лучшие возможности для диагностики заболевания [Земцов, Бабурин, 2020].

Наконец, отдельно нужно сказать о факторах *системы здравоохранения*. Логично предположить, что лучшая обеспеченность ресурсами, включая и человеческие, и материальные, и финансовые, при прочих равных условиях должна сокращать если не саму заболеваемость, то по крайней мере смертность. Однако в первые месяцы пандемии и заболеваемость, и смертность росли катастрофическими темпами именно в богатых странах с развитыми и современными системами здравоохранения. И наоборот, в относительно бедном и менее обеспеченном медицинскими ресурсами Китае первая волна эпидемии была быстро и эффективно подавлена. Это значит, что сама по себе обеспеченность услугами медицинской помощи не решает проблему в отсутствие других необходимых мер антиинфекционной политики. Попытки выявить влияние показателей здравоохранения на распространение эпидемии сталкиваются с очевидной про-

блемой эндогенности: рост заболеваемости во многих странах или регионах заставлял власти быстро реагировать на ухудшение ситуации и расширять мощности медицинских учреждений, увеличивая финансирование. Поэтому, например, такой показатель, как относительное число больничных коек, возрастал вслед за ростом числа больных. Неудивительно, что в Италии, наиболее пострадавшей в начале пандемии, была обнаружена положительная связь числа больничных коек в провинциях как с заболеваемостью, так и с уровнем смертности от COVID-19 [De Angelis et al., 2021]. И лишь показатель относительной численности врачей (которую невозможно быстро увеличить) оказался связанным с избыточной смертностью «правильным» образом: в регионах Италии, где численность врачей была выше, смертность значительно сокращалась [Vuja et al., 2022]. Исследование, проведенное для всех стран Евросоюза, показало незначимость такого фактора, как число больничных коек, тогда как относительная численность врачей в стране сокращала смертность от коронавирусной инфекции [Cifuentes-Faura, 2021]. Работы, выполненные на российских данных, не находят значимой связи заболеваемости и числа больничных коек в регионе [Земцов, Бабурин, 2020], но подтверждают отрицательную взаимосвязь смертности и относительной численности врачей и среднего медицинского персонала [Степанов, 2020].

Как показывает обзор исследований, факторы распространения коронавирусной инфекции многочисленны и разнообразны по своему воздействию, но в общем виде их можно объединить в пять основных групп:

- *демографические* (возрастной состав населения, миграция, плотность населения, урбанизация);
- *факторы природной среды* (температура, влажность, озеленение городов);
- *политические факторы* (действия государства — меры ограничительной политики и степень «попущения» населения, программы тестирования, впоследствии — вакцинация);
- *экономические факторы* (уровень доходов, бедность, неравенство, жилищные условия, специфика занятости, безработица);
- *характеристики системы здравоохранения* (обеспеченность материальными и человеческими ресурсами, финансирование).

В этом исследовании мы попытаемся оценить связь всех названных групп факторов с распространением коронавирусной инфекции в российских регионах в 2020 году с помощью эконометрического моделирования и построения нелинейных моделей.

2. Эмпирический анализ факторов изменения избыточной смертности в российских регионах в период пандемии

2.1 Данные

В исследовании использованы данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [<https://rosstat.gov.ru/>]. В выборку вошли данные по 82 регионам России, включая Тюменскую и Архангельскую области без выделения округов. Период наблюдения ограничен 10 месяцами с марта по декабрь 2020 года, то есть с начала эпидемии и до начала массовой вакцинации в стране. Кроме данных Росстата, в работе использовалась информация публичного сервиса визуализации и анализа данных Яндекса — Yandex DataLens¹ и сайта Weather Archive².

1 Yandex DataLens URL: <https://cloud.yandex.ru/services/datalens>

2 Weather Archive URL: <http://weatherarchive.ru/>

2.2 Переменные

В качестве зависимой переменной при построении моделей выступал показатель избыточной смертности на 100 тыс. человек населения в регионе — *excess mortality*. Вслед за большинством исследователей мы намеренно отказались от показателей заболеваемости и/или смертности от COVID-19, которые предоставляет официальная статистика. Уже на ранних стадиях пандемии специалисты указывали на очевидные преимущества показателя избыточной смертности как наиболее объективного и дающего возможности для сопоставлений [Leon et al., 2020]. Действительно, статистика заболеваемости имеет очевидный недостаток: регистрируемое число заболевших существенно зависит от интенсивности тестирования, которая может различаться по странам/регионам одной страны/временным периодам. Тесты чаще делают более уязвимым группам населения, например пожилым, что может исказить структуру выявляемой заболеваемости [Данилова, 2020]. Многие люди болеют легко или бессимптомно, доля невыявленных случаев точно не известна и зависит, в свою очередь, от доступности системы медицинской помощи. Кроме того, могут использоваться разные критерии определения COVID-19 в качестве официальной причины смерти [Иванов, 2020]. Важно и то, что коронавирусная инфекция увеличивает вероятность смерти от других заболеваний, выступая косвенной причиной смерти. Избыточная смертность — это превышение фактического уровня смертности над ожидаемым, поэтому она включает не только официальную смертность от COVID-19, но и неучтенные случаи, а также случаи, косвенно обусловленные пандемией. Оценки избыточной смертности за два года пандемии, с 1 января 2020 до 31 декабря 2021 года, проведенные специалистами в 191 стране мира, показали, что избыточная смертность превышает официальные показатели смертности от COVID-19 более чем втрое [COVID-19 Excess Mortality Collaborators, 2022].

Существуют разные способы оценки избыточной смертности. В этой работе использован следующий подход: сначала рассчитывался показатель относительной (в расчете на 100 тыс. человек) смертности в каждом регионе за каждый месяц каждого года — с 2017 по 2019. Затем для каждого региона рассчитывалось среднее за три года значение относительной смертности для каждого месяца. Далее для каждого региона из относительной смертности за каждый месяц (с марта по декабрь) 2020 года вычиталась средняя относительная смертность в том же месяце за 2017–2019 года. Таким образом, мы получили избыточную смертность для каждого региона России за каждый месяц 2020 года:

$$EM_{ij2020} = M_{ij2020} - \sum_{t=2017}^{2019} \frac{M_{ijt}}{3}, \quad (1)$$

где M — фактическая смертность; EM — избыточная смертность; i — индекс региона; j — индекс месяца; t — индекс года, $t = 2017-2019$.

В некоторых работах в качестве базы для сравнения используется только предыдущий год — 2019 [Дружинин, Молчанова, 2021], но такой способ представляется неточным, потому что в одном отдельном году могут наблюдаться случайные колебания смертности. Использование в качестве базы среднего значения за несколько лет позволяет сгладить такие колебания. В исследовании Горошко и Пацала в качестве базы используется среднее значение показателя за 5 лет [Горошко, Пацала, 2021], но в последние годы смертность в России существенно снижалась, в частности, за счет сердечно-сосудистой компоненты, поэтому среднее значение за 5 лет могло оказаться выше фактических показателей 2020 года. Однако и при использовании трехлетней средней в качестве базы, среди полученных нами помесечных показателей избыточной смертности по регионам обнаружили отдельные отрицательные значения. Поскольку далее в исследовании будет использована линейно-логарифмическая форма функции смертности, переменная избыточной смертности на 100 тыс. человек была преобразована

путем добавления ко всем ее значениям константы, равной сумме модуля самого большого отрицательного значения и единицы.

Независимые переменные для моделирования выбирались в соответствии с выделенными выше группами факторов заболеваемости и смертности (Таблица 1). Для учета демографических факторов использовались три переменные: численность пенсионеров на 100 тыс. человек населения, доля внутренних мигрантов, рассчитанная как сальдо внутренней миграции на 100 тыс. человек, и доля населения, проживающего в столице субъекта РФ и других городах численностью не менее 300 тыс. человек. Пенсионером считается гражданин РФ, реализовавший право на получение пенсии.

Таблица 1. Описание переменных, используемых в моделировании

Название переменной	Описание переменной	Измерение и периодичность наблюдений
Зависимая переменная		
<i>excess mortality</i>	избыточная смертность	человек, на 100 тыс. жителей региона; помесячные оценки
Независимые переменные		
<i>Демографические факторы:</i>		
<i>pensioners</i>	доля пенсионеров	человек на 100 тыс. жителей региона; квартальные данные
<i>migrant</i>	доля внутренних мигрантов	человек на 100 тыс. жителей региона; месячные данные
<i>capital</i>	доля населения, проживающего в крупных городах	доля населения, проживающего в столице субъекта РФ и других городах численностью не менее 300 тыс. человек, %; годовые данные
<i>Факторы природной среды:</i>		
<i>temp</i>	средняя температура воздуха	°C; месячные данные
<i>humidity</i>	относительная влажность воздуха	%; месячные данные
<i>plants</i>	площадь зеленых насаждений в городах	доля зеленых насаждений в пределах городской черты на 1 гектар территории, %; годовые данные
<i>Политические факторы:</i>		
<i>self.isolation.aver</i>	индекс самоизоляции	от 1 до 5; месячные данные
<i>Экономические факторы:</i>		
<i>income</i>	среднедушевые денежные доходы населения	в рублях, в ценах декабря 2020 г.; месячные данные
<i>flat</i>	общая площадь жилых помещений в расчете на одного жителя	м ² ; годовые данные
<i>unemployment</i>	уровень безработицы	доля безработного населения в составе рабочей силы, %; месячные данные
<i>Факторы системы здравоохранения:</i>		
<i>medicine</i>	численность врачей и среднего медицинского персонала	человек, на 10 тыс. жителей; годовые данные

Доля пенсионеров отражает, во-первых, возрастную структуру населения региона, а во-вторых, что важно для этого исследования, примерно показывает долю неработающих пожилых людей. Показатель численности пенсионеров на 100 тыс. человек населения имеет квартальную периодичность.

Численность внутренних мигрантов была рассчитана как сумма числа межрегиональных и внутрирегиональных мигрантов, этот показатель доступен в помесечном выражении. Показатель доли населения, проживающего в столице субъекта РФ и других городах численностью не менее 300 тыс. человек, считался вручную для каждого региона как сумма числа всех жителей, проживающих в крупных городах региона, отнесенная к численности населения региона. Показатель доступен только в годовом выражении.

Для оценки *факторов природной среды* использовались следующие переменные: средняя температура и относительная влажность воздуха, доля зеленых насаждений в пределах городской черты на 1 гектар территории. Данные о средней температуре и относительной влажности брались помесечно для каждого региона с сайта WeatherArchive. В зимние месяцы средняя температура большинства регионов принимает отрицательные значения, поэтому для дальнейшего логарифмирования показатель пришлось преобразовать. К каждому наблюдению была прибавлена константа, равная сумме модуля самого большого отрицательного значения (–37.3 в декабре 2020 года в Республике Саха (Якутия)) и единице. Чтобы получить долю зеленых насаждений в пределах городской черты на 1 гектар земли, для каждого региона показатель общей площади зеленых насаждений в пределах городской черты был разделен на общую площадь городских земель в пределах городской черты.

Политические факторы представлены в анализе переменной индекса самоизоляции Яндекса. Самоизоляция населения — одна из главных немедицинских мер борьбы с распространением эпидемии. Для того, чтобы измерить уровень жесткости применяемой политики, исследователи используют различные показатели. Некоторые из них собирают официальные данные о всех вводимых или отменяемых мерах и составляют интегральные индексы для отдельных регионов страны или целых стран. Этот принцип используется, в частности, при построении известного Индекса строгости OxCGRТ (Oxford Coronavirus Government Response Tracker). Другие используют показатели геолокации населения, которые обычно собирают телеоператоры и другие специализированные компании, например Google Mobility в США или “Baidu” Maps в Китае [Brodeur et al., 2021]. В России для оценки степени мобильности населения разработан индекс самоизоляции Яндекса — интегрированный показатель, который рассчитывается ежедневно на данных об использовании различных приложений и сервисов Яндекса с самых первых дней эпидемии. Он сравнивает уровень городской активности в конкретный день и в обычный день до эпидемии. Если уровень активности такой же, как в час пик обычного буднего дня, — значит, уровень самоизоляции низкий, 0 баллов. Если в городе тихо, как ночью, — индекс равен 5 баллам.

Разумеется, индекс Яндекса показывает не формальный набор действующих в регионе антиинфекционных мер, а то, как они фактически выполняются. В этом смысле его можно считать прокси-переменной применяемых мер с поправкой на «послушание» населения. Вместе с тем именно такой подход к учету политических мер представляется правильным, ведь влияние на заболеваемость/смертность населения оказывает именно фактическая мобильность, а не указы губернатора или постановления Роспотребнадзора. И наоборот, интегральные индексы, составленные на основе набора принятых мер, требуют корректировки на степень их выполнения. Индекс Яндекса уже использовался ранее в исследованиях распространенности COVID-19 на российских данных [Dokhov, Torņikov, 2021; Egorov et al., 2021].

Сайт Яндекса приводит лишь графические представления индекса по дням и городам, его количественные значения по регионам не находятся в публичном доступе. Для их получения авторы

делали индивидуальный запрос в Отдел исследований ООО «Яндекс». Поскольку индекс имеет дневную периодичность, для каждого региона высчитывалось его среднее значение для каждого месяца.

В качестве *экономических индикаторов* были использованы среднедушевые денежные доходы населения, общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, и уровень безработицы населения в возрасте 15 лет и старше. Месячные значения среднедушевых денежных доходов населения были приведены к постоянным ценам декабря 2020 года с помощью базового индекса потребительских цен (ИПЦ) на товары и услуги Федеральной службы государственной статистики. Данные Росстата об общей площади жилых помещений, приходящейся в среднем на одного жителя региона, имеют годовую периодичность. Данные об уровне безработицы населения в возрасте 15 лет и старше доступны помесячно.

Из всех факторов, характеризующих *систему здравоохранения*, в исследовании используется численность врачей и среднего медицинского персонала по одной очень важной причине. Число больничных коек, как и расходы на систему здравоохранения во время пандемии, существенно увеличились именно как реакция на рост заболеваемости и смертности. Поэтому включение этих показателей в модель в качестве независимых переменных не представляется осмысленным ввиду очевидной эндогенности. В отличие от коек и денежных расходов, увеличить численность медицинского персонала за короткий срок невозможно, поскольку медицинские профессии требуют специального и продолжительного образования.

В качестве выбросов мы удалили из выборки данные по городам Москва, Санкт-Петербург и Севастополь. Выбросами являются значения показателя «доля населения, проживающего в столице субъекта РФ и других городах численностью не менее 300 тысяч человек» для городов Москва, Санкт-Петербург, Севастополь, потому что значение этого показателя в городах-субъектах равно 100%. Кроме того, из выборки был исключен Чукотский округ из-за отсутствия данных об индексе самоизоляции. Во избежание дублирования информации не использовались данные по автономным округам в составе регионов. После удаления выбросов получена сбалансированная панельная выборка, которая составила 780 наблюдений по 78 регионам за 10 месяцев.

2.3 Дескриптивный анализ

Распределение избыточной смертности по регионам представлено на карте (Приложение). Для визуализации мы выбрали октябрь, когда наблюдались одни из наиболее высоких значений избыточной смертности. Волатильность значений зависимой переменной высокая, избыточная смертность неравномерно распределена по стране. Среди лидеров — Краснодарский край, Волгоградская, Саратовская и Белгородская области и некоторые другие регионы. Если рассмотреть динамику средней избыточной смертности по стране по месяцам (Рисунок 1), мы видим, что рост наблюдается на протяжении всего 2020 года, единственным исключением стал август.

Динамика индекса самоизоляции Яндекса показывает пиковые значения по стране в апреле, что вполне ожидаемо, поскольку именно в этом месяце в большинстве регионов действовал локдаун и были самые строгие ограничения на передвижение населения (Рисунок 2).

Дескриптивный анализ данных, использованных в исследовании, приведен в Таблице 2. Мы видим значительную вариацию значений переменных по месяцам и регионам: минимальный разрыв по таким показателям, как обеспеченность медицинскими работниками, доля пенсионеров или влажность воздуха, составляет около двух раз, тогда как разброс значений независимой переменной — избыточной смертности — составляет от минус 30 до плюс 126. Таким образом, все выбранные переменные демонстрируют значительную волатильность и могут быть включены в регрессионный анализ. Корреляционная матрица, построенная для выбранных переменных, не показала высокой парной корреляции (выше 0,6), что говорит об отсутствии мультиколлинеарности и возможности использовать все переменные в модели одновременно.

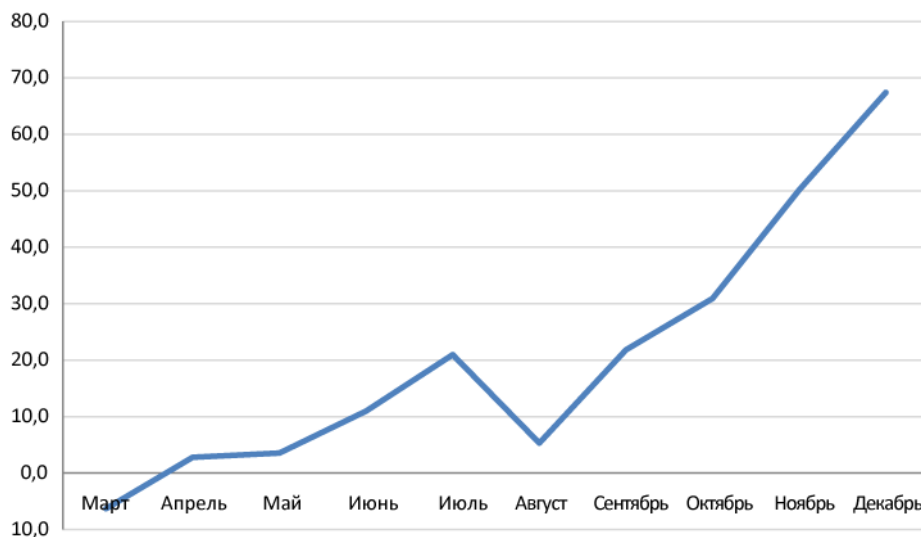


Рис. 1. Средняя избыточная смертность по стране по месяцам 2020 года, в расчете на 100 тыс. человек. *Источник:* расчеты авторов на основе данных Росстата.

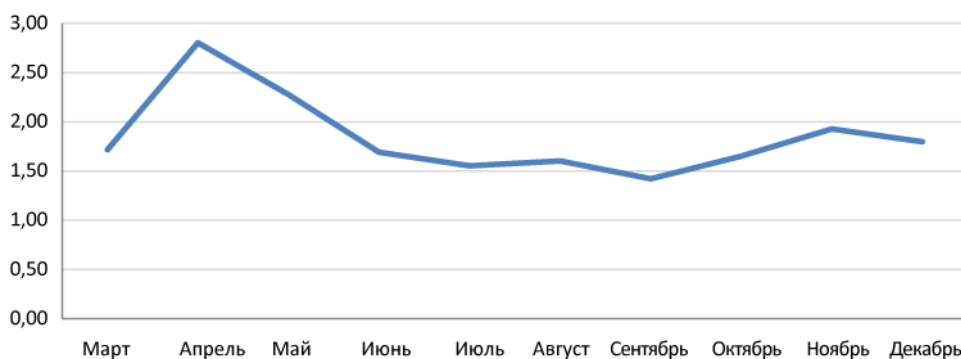


Рис. 2. Среднее значение индекса самоизоляции Яндексса по стране по месяцам 2020 года. *Источник:* расчеты авторов на основе данных Yandex DataLens; URL: <https://cloud.yandex.ru/services/datalens>

Таблица 2. Дескриптивный анализ переменных, использованных в исследовании

	Единица измерения	Среднее	Стандартное отклонение	Медиана	min	max
<i>excess.mortality</i>	Человек на 100 тысяч человек населения в регионе	20.35	26.83	13.16	-30.42	125.64
<i>pensioners</i>	Человек на 100 тысяч человек населения в регионе	30 581	3 445	30 742	21 684	38 589
<i>migrants</i>	Человек на 100 тысяч человек населения в регионе	222.82	95.92	218.56	25.80	550.40

	Единица измерения	Среднее	Стандартное отклонение	Медиана	min	max
<i>capital</i>	%	38	11	38	5	66
<i>temp</i>	°С	8.26	9.98	9.7	-37.30	26.90
<i>humidity</i>	%	72	10	72	42	92
<i>plants</i>	%	22	11	20	2	55
<i>self.isolation.aver</i>	–	1.89	0.48	1.80	0.80	3.60
<i>income</i>	в постоянных ценах декабря 2020 года, рублей	32 502	12 870	29 017	13 875	99 274
<i>flat</i>	квадратный метр	27.20	3.96	27.56	14.29	34.18
<i>unemployment</i>	%	7.19	4.21	6.10	1.50	31.20
<i>medicine</i>	Человек на 100 тысяч человек населения в регионе	155	20.96	154	109	217

2.4 Гипотезы

На основе теоретических моделей экономики здоровья и эмпирических исследований, проведенных в других странах или ранее в России, а также принимая во внимание сложную природу эпидемии, ее не только медицинские, но и социальные особенности, мы ожидаем, что избыточная смертность будет связана с пятью группами факторов, а именно: с демографическими характеристиками региона; особенностями природной среды; политикой ограничений, действующей в регионе; экономическими факторами и с состоянием системы здравоохранения.

2.5 Моделирование и результаты

В качестве основного метода в исследовании использовались регрессионные модели панельных данных. Для удобства интерпретации результатов была выбрана линейно-логарифмическая форма модели, для этого на этапе подготовки данных мы преобразовали переменные избыточной смертности и средней температуры, так чтобы значения всех наблюдений стали положительными. Функция смертности имеет следующую форму (2):

$$\log(\text{excess_mortality}) = \beta_0 + \beta_1 \times \log(\text{pensioners}) + \beta_2 \times \log(\text{migrants}) + \beta_3 \times \log(\text{capital}) + \beta_4 \times \log(\text{temp}) + \beta_5 \times \log(\text{humidity}) + \beta_6 \times \log(\text{plants}) + \beta_7 \times \log(\text{self.isolation.aver}) + \beta_8 \times \log(\text{income}) + \beta_9 \times \log(\text{flats}) + \beta_{10} \times \log(\text{unemployment}) + \beta_{11} \times \log(\text{medicine}). \quad (2)$$

Были оценены три регрессионные модели: метода наименьших квадратов (МНК или pooled regression), модели со случайными и фиксированными эффектами (RE и FE). Оценка моделей проводилась с использованием статистического пакета R, версия 4.0.2.

Последовательное сравнение оцененных моделей с помощью тестов Хаусмана, Бройша-Пагана и F-теста говорит о том, что модель с фиксированными эффектами является более предпочтительной. Однако в этой модели мы теряем ряд важных переменных, для которых недоступны месячные значения. Из-за особенности панельной модели с фиксированными эффектами влияние всех переменных, периодичность которых является годовой, «уходит» в эффекты регионов. Поэтому далее мы интерпретируем коэффициенты как модели FE, так и модели МНК, оказавшиеся статистически значимыми.

Как показывает Таблица 3, оценки обеих моделей указывают на статистически значимую положительную связь между избыточной смертностью в регионе и относительной численностью мигрантов.

Таблица 3. Результаты оценивания регрессионных моделей избыточной смертности

Переменная	Модель МНК	Модель FE
Pensioners	–0.01 (0.23)	–36.81*** (5.79)
Migrants	0.19*** (0.05)	0.43*** (0.08)
Capital	0.08 (0.03)	
Temp	–0.32*** (0.07)	–0.16* (0.07)
Humidity	0.98*** (0.14)	0.47* (0.14)
Plants	–0.07 (0.03)	
Self.isolation.aver	0.01 (0.05)	0.24*** (0.06)
Income	0.31*** (0.08)	1.52*** (0.20)
Flat	0.22† (0.18)	
Unemployment	0.18*** (0.06)	0.90*** (0.14)
Medicine	–0.48*** (0.18)	
Константа	2.56 (2.41)	
R-квадрат	0.25	0.54
F-статистика	22.90	114.74
Число наблюдений	780	780
Число объектов наблюдения	78	78

Значения стандартных отклонений — в скобках.

*** — 0.1%, ** — 1%, * — 5%, † — 10%

Положительно связана избыточная смертность с влажностью атмосферного воздуха и отрицательно — с его средней температурой, причем фактор влажности оказывается важнее. Оценки обеих моделей также подтверждают положительную корреляцию зависимой переменной с показателями доходов населения и безработицы. Кроме того, модель FE выявляет отрицательную связь избыточной смертности и относительной численности пенсионеров в регионе и положительную связь с индексом самоизоляции. Модель МНК дополнительно подтверждает значимую и отрицательную зависимость переменной смертности от относительной численности медицинских работников.

Для проверки робастности полученных результатов линейных эконометрических моделей мы использовали модель «Случайный лес» (Random Forest) — мощный алгоритм, основанный на методе решающих деревьев. Он позволяет установить наличие нелинейных связей между

выбранными переменными. В модели были включены все те же факторы, что использовались выше для регрессионных моделей. На первом шаге выборка была разделена на тренировочную и тестовую в пропорции 75:25. Количество деревьев было задано равным 500. После тестирования модели на обеих выборках на следующем этапе отдельные факторы проверялись на важность. Полученные методом Random Forest оценки не имеют точной количественной интерпретации, как коэффициенты в линейных регрессионных моделях, но дают возможность понять, какие факторы более важны в модели. На рисунках 3(а) и 3(б) представлены результаты моделирования, проведенного разными способами. В обоих случаях горизонтальная ось показывает важность каждого фактора в модели. Результаты моделирования показали, что наиболее важными переменными, связанными с избыточной смертностью, выступают: относительная влажность воздуха (*humidity*); средняя температура (*temp*); индекс самоизоляции (*self.isolation.aver*); число внутренних мигрантов на 100 тыс. человек населения (*migrants*); среднедушевые денежные доходы населения (*income*). Так же, как и в регрессионных моделях, наименее значимыми здесь оказались доля городского населения, обеспеченность жильем и доля зеленых насаждений в городах.

Используя метод «Случайного леса», мы убедились, что большинство факторов, оказавшихся значимыми в регрессионной панельной модели с фиксированными эффектами, также оказались важны и в нелинейной модели. Таким образом, результаты моделирования оказались достаточно устойчивыми.

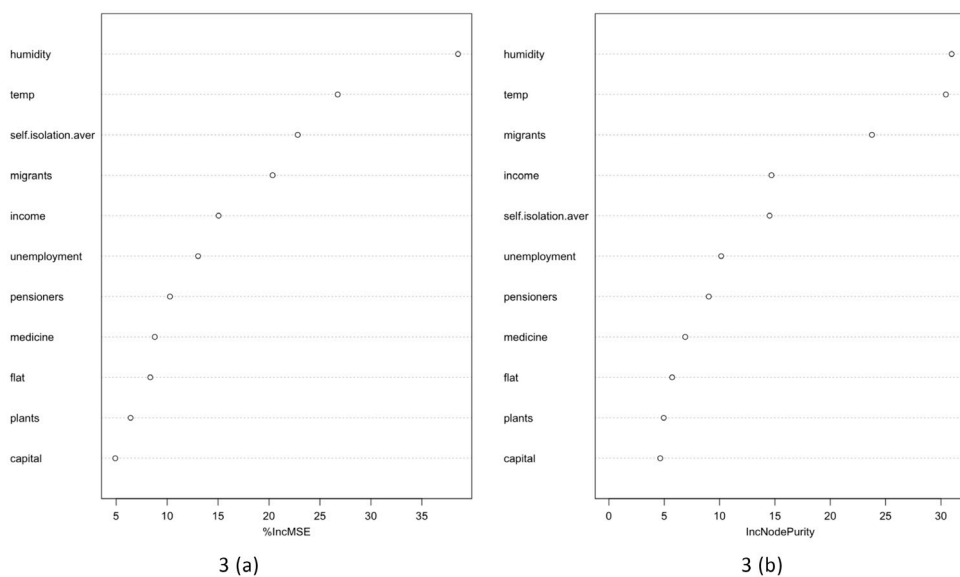


Рис. 3. Важность факторов в модели «Случайный лес»

2.6 Обсуждение результатов

Гипотезы исследования в целом подтвердились: в каждой из пяти групп факторов, выделенных в ходе анализа литературы и дескриптивного анализа данных, в результате моделирования обнаружили переменные, статистически значимо связанные с показателем избыточной смертности.

Среди демографических факторов подтвердилась положительная зависимость избыточной смертности от числа мигрантов, что согласуется с исследованиями как в России, так и в других

странах [Nakada, Urban, 2021; Михайлова, Валсеки, 2020]. Как и ожидалось, коронавирусная инфекция, как и другие подобные заболевания, быстрее распространяется в тех регионах, где интенсивнее перемещение людей.

Интересный результат — сравнительно низкая избыточная смертность в тех регионах, где больше относительная численность пенсионеров. Казалось бы, смертность именно среди пожилых должна быть выше [Singh et al., 2021]. Однако люди этой возрастной группы, во-первых, не работают и объективно имеют меньше социальных контактов, а во-вторых, более осторожны и соблюдают самоизоляцию добровольно, даже в отсутствие установленных ограничений [Калинин и др., 2020]. Поэтому заболеваемость в этой группе ниже, чем среди молодых, что снижает среднюю смертность в регионе. Такой результат согласуется с более ранними исследованиями [Горошко, Пацала, 2021; Земцов, Бабурин, 2020; Пилясов и др., 2021].

В работе подтверждена важность климатических факторов: высокие температуры, при прочих равных условиях, снижают избыточную смертность, а высокая влажность воздуха, наоборот, увеличивает ее. Этот вывод подтверждает результаты работы [Pramanik et al., 2022] в отношении распространенности COVID-19 в России, хотя и не согласуется с выводами другой работы [Сабгайда, Зубко, 2021], сделанными на основе данных двух холодных месяцев 2020 года.

Индекс самоизоляции оказался значимо и положительно связанным с избыточной смертностью. Это значит, что в тех регионах и в те месяцы, когда индекс выше и ниже мобильность, показатели смертности также выше. Видимо, здесь имеет место обратная зависимость: плохая эпидемиологическая ситуация заставляет людей оставаться дома независимо от формальных ограничений, либо из-за болезни и карантина, либо просто из-за боязни заразиться. Этот факт согласуется с выводом работы [Maloney, Taskin, 2020]. Вместе с тем такой вывод очевидно противоречит утверждениям об эффективности принудительной масштабной изоляции населения, которую применяли власти во многих странах, включая и Россию в первые месяцы пандемии.

Среди значимых экономических факторов стоит в первую очередь обратить внимание на среднедушевые доходы населения. Их положительную связь с избыточной смертностью подтвердили все использованные в работе модели. Очевидно, в более богатых регионах с развитой промышленностью, транспортом и оптовой торговлей выше уровень деловой активности и больше людей продолжали работать даже в период локдауна, поэтому и заболеваемость, и смертность были относительно выше. Полученный вывод противоречит результатам многих зарубежных и одной российской работы [Khalatbari-Soltani et al., 2020; Caul, 2020; Ettensperger, 2021; Dokhov, Torņikov, 2021], но совпадает с результатами межстранового исследования [Chaudhry et al., 2020] и исследований, выполненных на данных российских регионов [Земцов, Бабурин, 2020; Пилясов и др., 2021].

Другой экономический фактор — безработица — также оказался положительно связанным с избыточной смертностью. Можно предположить, что люди, оставшиеся без работы в результате закрытия предприятий, были вынуждены заниматься поисками вакансий или подработками и не могли работать дистанционно. Такой вывод на российских данных получен впервые, но соответствует результатам исследований в других странах [Sun et al., 2021].

И наконец, важный результат работы — отрицательная зависимость избыточной смертности в регионе от концентрации медицинских работников. Этот вывод согласуется с итогами многих зарубежных исследований [Vuja et al., 2022; Cifuentes-Faura, 2021] и одной российской работы [Степанов, 2020]. В отличие от числа больничных коек, которое увеличивается вслед за развитием эпидемии и поэтому положительно коррелирует как с заболеваемостью, так и со смертностью, число врачей и медицинских сестер экзогенно, по крайней мере, в краткосрочном периоде. Таким образом, можно утверждать, что регионы, наиболее обеспеченные меди-

цинским персоналом, действительно лучше справлялись с заболеваемостью и, как следствие, имели относительно низкую избыточную смертность при прочих равных условиях.

Результаты, полученные в этом исследовании, могут быть полезны для политики общественного здоровья в случае повторных волн эпидемии или появления новых вирусов. Большая протяженность территории России и значительная вариация природно-климатических и социально-экономических характеристик ее регионов требуют дифференцированных мер политики, а не ее унификации. В частности, следует обращать первоочередное внимание на эпидемиологическую ситуацию в регионах с влажным климатом и низкими температурами, с высокими доходами, интенсивной миграцией, высокой безработицей — например, в рамках очередной программы вакцинации. Пандемия COVID-19 также показала со всей очевидностью необходимость значительных инвестиций в медицинское образование, с тем чтобы увеличивать численность медицинских работников, сегодня крайне неравномерно распределенную по регионам. Такой подход оказывается более эффективным в терминах сокращения смертности, чем принудительные ограничения мобильности населения.

2.7 Ограничения анализа и перспективы дальнейших исследований

Ограничения представленного исследования во многом связаны с несовершенством информации. Так, отдельные статистические показатели представлены в базах данных Росстата по регионам только годовыми или поквартальными значениями, что значительно сужает возможности анализа. Информация о применявшихся регионами мерах антиинфекционной политики не унифицирована и не систематизирована. Нет достоверных данных о масштабах тестирования населения по регионам и в динамике, что не позволяет учесть этот важный фактор в моделировании.

Кроме того, в этом исследовании мы намеренно использовали информацию только за 2020 год, когда в стране еще не проводилась массовая вакцинация. Однако дальнейший анализ, начиная с 2021 года, требует включения этого фактора. Между тем официальных данных о численности вакцинированных по регионам и в динамике пока нет. Возможно привлечение результатов социологических опросов населения и работодателей по мере накопления таких данных.

Благодарности

Авторы благодарны сотрудникам Федеральной службы государственной статистики и Отдела исследований ООО «Яндекс», неоднократно отвечавшим на индивидуальные запросы в ходе сбора данных для анализа.

Литература

- Горошко Н.В., Пацала С.В. (2021) Основные причины избыточной смертности населения в России в условиях пандемии COVID-19 // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]: 67(6): 1. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2021-67-6-1>
- Данилова И.А. (2020) Заболеваемость и смертность от COVID-19. Проблема сопоставимости данных // Демографическое обозрение: 7(1): 6–26. <https://doi.org/10.17323/demreview.v7i1.10818>

- Дружинин П.В., Молчанова Е.В. (2021) Смертность населения российских регионов в условиях пандемии COVID-19 // Регионология: 29(3): 666–85. <https://doi.org/10.15507/2413-1407.116.029.202103.666-685>
- Земцов С.П., Бабурин В.Л. (2020) Коронавирус в регионах России: особенности и последствия распространения // Государственная служба: 2(124): 48–55. <https://doi.org/10.22394/2070-8378-2020-22-2-48-55>
- Иванов С.Ф. (2020) Смертность от COVID-19 на фоне других всплесков смертности XX века // Демографическое обозрение: 7(2): 143–51. <https://doi.org/10.17323/demreview.v7i2.11141>
- Калинин А.М., Засимова Л.С., Колосницына М.Г., Хоркина Н.А. (2020) Политика изоляции населения во время пандемии COVID-19: какие стратегии выгодны государству? // Вопросы государственного и муниципального управления: 4: 7–30. URL: <https://vgmu.hse.ru/data/2020/12/11/1356547742/Калинин%20и%20Иванов.pdf>
- Колосницына М.Г., Чубаров М.Ю. (2021) Социально-экономические факторы смертности от инфекционных заболеваний в российских регионах // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]: 67(5): 2. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2021-67-5-2>
- Михайлова Т., Валсеки М. (2020) Внутренняя миграция и вирус COVID-19 // Экономическая политика во времена COVID-19. М.: Российская экономическая школа. С. 26–33. URL: [https://www.nes.ru/files/COVID19\(21apr2020\).pdf](https://www.nes.ru/files/COVID19(21apr2020).pdf)
- Пилясов А.Н., Замятина Н.Ю., Котов Е.А. (2021) Распространение пандемии COVID-19 в регионах России в 2020 году: модели и реальность // Экономика региона: 17(4): 1079–95. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-3>
- Сабгайда Т.П. (2021) Структура избыточной смертности, обусловленной пандемией новой коронавирусной инфекции, у городских и сельских жителей // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]: 67(5): 1. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2021-67-5-1>
- Сабгайда Т.П., Зубко А.В. (2021) Влияют ли низкие температуры на распространение новой коронавирусной инфекции? // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]: 67(1): 1. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2021-67-1-1>
- Степанов В.С. (2020) Зависимость уровня смертности в регионах от распространенности активных носителей SARS-CoV-2 и ресурсов организаций здравоохранения // Анализ риска здоровью: 4: 12–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.02>
- Adolph C., Amano K., Bang-Jensen B., Fullman N., Wilkerson J. (2021) Pandemic politics: Timing state-level social distancing responses to COVID-19 // Journal of Health Politics, Policy and Law 46(2): 211–33. <https://doi.org/10.1215/03616878-8802162>
- Ahmadi M., Sharifi A., Dorosti S., Ghouschi S.J., Ghanbari N. (2020) Investigation of effective climatology parameters on COVID-19 outbreak in Iran // Science of the Total Environment 729: 138705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138705>
- Arceo-Gomez E.O., Campos-Vazquez R.M., Esquivel G., Alcaraz E., Martinez L.A., Lopez N.G. (2022) The income gradient in COVID-19 mortality and hospitalisation: An observational study with social security administrative records in Mexico // The Lancet Regional Health — Americas 6: 100115. <https://doi.org/10.1016/j.lana.2021.100115>
- Brodeur A., Gray D., Islam A., Bhuiyan S. (2021) A literature review of the economics of COVID-19 // Journal of Economic Surveys 35: 1007–44. <https://doi.org/10.1111/joes.12423>
- Brotherhood L., Kircher P., Santos C., Tertilt M. (2020) An economic model of the Covid-19 epidemic: The importance of testing and age-specific policies / CESifo Working Paper, No. 8316. Center for Economic Studies and Ifo Institute (CESifo), Munich [serial online]. URL: <https://www.econstor.eu/handle/10419/219134>

- Buja A., Paganini M., Fusinato R., Cozzolino C., Cocchio S., Scioni M., Rebba V., Baldo V., Boccuzzo G. (2022) Health and healthcare variables associated with Italy's excess mortality during the first wave of the COVID-19 pandemic: An ecological study // *Health Policy* 126(4): 294-301. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2022.03.002>
- Chaudhry R., Dranitsaris G., Mubashir T., Bartoszko J., Riazi S. (2020) A country level analysis measuring the impact of government actions, country preparedness and socioeconomic factors on COVID-19 mortality and related health outcomes // *eClinicalMedicine* 25: 100464. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100464>
- Cifuentes-Faura J. (2021) Factors influencing the COVID-19 mortality rate in the European Union: importance of medical professionals // *Public Health* 200: 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2021.09.003>
- COVID-19 Excess Mortality Collaborators (2022) Estimating excess mortality due to the COVID-19 pandemic: a systematic analysis of COVID-19-related mortality, 2020–21 // *The Lancet* 399(10334): 1513–36. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02796-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02796-3)
- De Angelis E., Renzetti S., Volta M., Donato F., Calza S., Placidi D., Lucchini R.G., Rota M. (2021) COVID-19 incidence and mortality in Lombardy, Italy: An ecological study on the role of air pollution, meteorological factors, demographic and socioeconomic variables // *Environmental Research* 195: 110777. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110777>
- Dokhov R., Topnikov M. (2021) Everyday mobility as a vulnerability marker: The uneven reaction to coronavirus lockdown in Russia // *Environment and Planning A: Economy and Space* 53(4): 612–15. <https://doi.org/10.1177/0308518X20968564>
- Egorov G., Enikolopov R., Makarin A., Petrova M. (2021) Divided we stay home: Social distancing and ethnic diversity // *Journal of Public Economics* 194: 104328. <https://doi.org/10.1016/j.jpu-beco.2020.104328>
- Ettensperger F. (2021) The Relationship Between Poverty and COVID-19 Infection and Case-Fatality Rates in Germany during the First Wave of the Pandemic // *Statistics, Politics and Policy* 12(2): 299–321 <https://doi.org/10.1515/spp-2021-0002>
- Glaeser E.L., Gorbach C., Redding S.J. (2020) How much does COVID-19 increase with mobility? Evidence from New York and four other U.S. cities / NBER Working Paper No. 27519. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w27519/w27519.pdf
- Hamidi S., Sabouri S., Ewing R. (2020) Does density aggravate the COVID-19 pandemic? Early findings and lessons for planners // *Journal of the American Planning Association* 86(4): 495–509. <https://doi.org/10.1080/01944363.2020.1777891>
- Hartig T., Kahn P.H. (2016) Living in cities, naturally // *Science* 352(6288): 938–40. <https://doi.org/10.1126/science.aaf3759>
- Jarvis C.I., Van Zandvoort K., Gimma A. et al. (2020) Quantifying the impact of physical distance measures on the transmission of COVID-19 in the UK // *BMC Medicine* 18(1): 124. <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01597-8>
- Khalatbari-Soltani S., Cumming R.C., Delpierre C., Kelly-Irving M. (2020) Importance of collecting data on socioeconomic determinants from the early stage of the COVID-19 outbreak onwards // *Journal of Epidemiology & Community Health* 74(8): 620–3. <https://doi.org/10.1136/jech-2020-214297>
- Leon D.A., Shkolnikov V.M., Smeeth L., Magnus P., Pechholdová M., Jarvis Ch.I. (2020) COVID-19: a need for real-time monitoring of weekly excess deaths // *The Lancet* 395(10234). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30933-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30933-8)
- Lewnard J.A., Lo N.C. (2020) Scientific and ethical basis for social-distancing interventions against COVID-19 // *The Lancet. Infectious diseases* 20(6): 631-3. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30190-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30190-0)

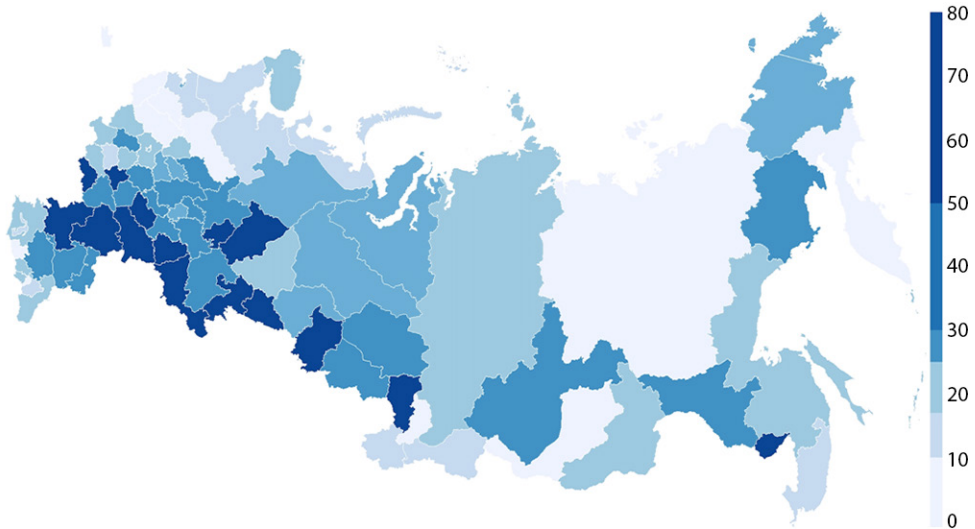
- Lin J., Huang W., Wen M. et al. (2020) Containing the spread of coronavirus disease 2019 (COVID-19): Meteorological factors and control strategies // *Science of the Total Environment* 744: 140935. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140935>
- Lowen A.C., Steel J. (2014) Roles of humidity and temperature in shaping influenza seasonality // *Journal of virology* 88(14): 7692–5. <https://doi.org/10.1128/JVI.03544-13>
- Mecenas P., Bastos R.T.d.R.M., Vallinoto A.C.R. (2020) Effects of temperature and humidity on the spread of COVID-19: a systematic review // *PLoS ONE* 15(9): e0238339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238339>
- Nakada L.Y.K., Urban R.C. (2021) COVID-19 pandemic: environmental and social factors influencing the spread of SARS-CoV-2 in São Paulo, Brazil // *Environmental Science and Pollution Research* 28: 40322–8. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10930-w>
- Pascoal R., Rocha H. (2022) Population density impact on COVID-19 mortality rate: A multifractal analysis using French data // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 593: 126979. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.126979>
- Pramanik M., Udmale P., Bisht P., Chowdhury K., Szabo S., Pal I. (2022) Climatic factors influence the spread of COVID-19 in Russia // *International journal of environmental health research* 32(4): 723–37. <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1793921>
- Rachele J.N., Kavanagh A.M., Badland H., Giles-Corti B., Washington S., Turrell G. (2015) Associations between individual socioeconomic position, neighbourhood disadvantage and transport mode: baseline results from the HABITAT multilevel study // *Journal of Epidemiology & Community Health* 69(12): 1217–23. URL: <https://jech.bmj.com/content/69/12/1217>
- Şahin M. (2020) Impact of weather on COVID-19 pandemic in Turkey // *Science of The Total Environment* 728: 138810. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138810>
- Sun Y., Hu X., Xie J. (2021) Spatial inequalities of COVID-19 mortality rate in relation to socioeconomic and environmental factors across England // *Science of The Total Environment* 758: 143595. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143595>
- Wells C.R., Townsend J.P., Pandey A. et al. (2021) Optimal COVID-19 quarantine and testing strategies // *Nature communications* 12(356). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20742-8>
- White E.R., Hébert-Dufresne L. (2020) State-level variation of initial COVID-19 dynamics in the United States // *PLoS One* 15(10): e0240648. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240648>
- You Y., Pan S. (2020) Urban vegetation slows down the spread of coronavirus disease (COVID-19) in the United States // *Geophysical Research Letters* 47(18): e2020GL089286. <https://doi.org/10.1029/2020GL089286>

Другие источники информации

- Caul S. (2020) Deaths involving COVID-19 by local area and socioeconomic deprivation: deaths occurring between 1 March and 31 July 2020. UK Office for National Statistics. URL: Deaths involving COVID-19 by local area and socioeconomic deprivation — Office for National Statistics (ons.gov.uk)
- Maloney W.F., Taskin T. (2020) Determinants of social distancing and economic activity during COVID-19: A global view / The World Bank, Documents & Reports: No. WPS9242: 1–23. URL: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/325021589288466494/determinants-of-social-distancing-and-economic-activity-during-covid-19-a-global-view>

Приложение

Избыточная смертность на 100 тысяч человек населения в октябре 2020 г.



Сведения об авторах

- Марина Григорьевна Колосницына — к.э.н., профессор департамента прикладной экономики, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия. Email: mkolosnitsyna@hse.ru
- Чубаров Михаил Юрьевич — студент магистратуры, стажёр исследовательской рабочей группы факультета экономических наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия. Email: myuchubarov@edu.hse.ru