

Эпидемиологическая и экономическая эффективность массового ПЦР-обследования населения Российской Федерации в период эпидемии COVID-19

В. Г. Акимкин, Д. В. Дубоделов, А. С. Есьман*, Р. М. Береговых,
Т. И. Махова, Г. А. Гасанов, А. А. Монахова

ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва

Резюме

Актуальность. Цель. Разработка алгоритма расчета эпидемиологической и экономической эффективности проведения массового ПЦР-обследования населения Российской Федерации в период эпидемии COVID-19 в 2020–2022 гг. **Материалы и методы.** Статистическая форма Роспотребнадзора №1035 «Мониторинг количества заболевших коронавирусной инфекцией, в том числе внебольничными пневмониями, и летальных исходов» за 2020–2022 гг. Информация о циркулирующих вариантах SARS-CoV-2 получена из VGARus. Результаты ПЦР-исследований на наличие РНК SARS-CoV-2 получены из российской информационной системы «SOLAR», демографические сведения — из Росстата (Федеральной службы государственной статистики). Базовое репродуктивное число (R_0), использованное в расчетах: Ухань + Альфа – 2,74, Дельта – 5,02, Омикрон SARS CoV-2 – 9,5. Средняя стоимость стационарного или амбулаторного лечения COVID-19 в Российской Федерации: бессимптомная и легкая при амбулаторной помощи – 28 000 руб., среднетяжелая в амбулаторном варианте – 122 000 руб., тяжелая и среднетяжелая в стационарном варианте – 216 000 руб. В ходе исследования применен статистический анализ с использованием стандартных методов вариационной статистики. Для статистической обработки полученных результатов и визуализации данных использованы инструменты SciPy, Pandas, Statsmodels. **Результаты.** С 2020–2022 гг. количество предотвращенных случаев COVID-19 за счет проведения массового ПЦР-обследования населения Российской Федерации для выявления РНК SARS-CoV-2 и последующей изоляции составляет от 48,3 до 158,1 млн человек, что соответствует снижению показателя заболеваемости COVID-19 населения Российской Федерации в 2,5–8,2 раза. Суммарный предотвращенный ущерб от COVID-19 в 2020–2022 гг. за счет проведения массового ПЦР-обследования населения Российской Федерации и последующей изоляции заболевших составил от 3 013 до 10 323 млрд руб. **Заключение.** Показана высокая экономическая эффективность массового ПЦР-обследования населения для выявления РНК SARS-CoV-2, позволившая снизить величину экономического ущерба от COVID-19 за 2020–2022 гг. в 1,8–3,8 раза.

Ключевые слова: COVID-19, Big Data, эпидемиологический надзор, SARS CoV-2, ПЦР, предотвращенный ущерб, экономика здравоохранения

Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Акимкин В. Г., Дубоделов Д. В., Есьман А. С. и др. Эпидемиологическая и экономическая эффективность массового ПЦР-обследования населения Российской Федерации в период эпидемии COVID-19. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2025;24(6):28-35. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2025-24-6-28-35>

Epidemiological and Economic Efficiency of Mass PCR-testing of the Population in the Russian Federation during the COVID-19 epidemic

VG Akimkin, DV Dubodelov, AS Esman**, RM Beregovoykh, TI Makhova, GA Gasanov, AA Monakhova
Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», Moscow, Russia

Abstract

Relevance Aims. Development of an algorithm for calculating the epidemiological and economic effectiveness of Mass PCR testing for SARS-CoV-2 infection in the Russian Federation during 2020–2022. **Materials and methods.** Rospotrebnadzor Statistical form №1035 «Monitoring the number of cases of coronavirus infection, including community-acquired pneumonia, and deaths» for 2020–2022. Circulating variants SARS-CoV-2 is obtained from VGARus. PCR-testing results for SARS-CoV-2 infection were obtained

* Для переписки: Есьман Анна Сергеевна, к. м. н., заведующий лаборатории молекулярной эпидемиологии и иммунологии, ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, 111123, Москва, ул. Новогиреевская, 3а. esman@cmd.su. ©Акимкин В. Г. и др.

** For correspondence: Esman Anna S., Cand. Sci. (Med.), Head, Laboratory of Molecular Epidemiology and Immunology, Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», 3a, Novogireevskaya str., Moscow, 111123, Russia. ©Akimkin VG, et al.

from the Russian information system «SOLAR», demographic data - from Rosstat (Federal State Statistics Service). The base reproductive number (R_0) used in the study was: Wuhan + Alpha – 2.74, Delta – 5.02, Omicron SARS-CoV-2 – 9.5. The average cost of one completed case of a new coronavirus infection (COVID-19) in hospitalization or outpatient treatment for the Russian Federation: asymptomatic and mild in the outpatient option – 28,000 rubles, moderate illness – 122,000 rubles. Severe, critical and moderate illness – 216,000 rubles. Statistical analysis was performed using standard methods of variation statistics. SciPy, Pandas, Statsmodels were used for statistical processing of the results obtained and data visualization. **Results.** During the period 2020–2022, mass PCR testing for SARS-CoV-2 infections in Russian Federation has prevented an estimated between 4.83 million to 1.58 billion COVID-19 cases. The total damage averted from COVID-19 for 2020 to 2022 through mass PCR-testing of the population in the Russian Federation and subsequent isolation, amounted to 3,013 to 10,323 billion rubles. **Conclusion.** Mass PCR-testing for SARS-CoV-2 infection is highly cost-effective and has reduced the averted damage from COVID-19 by 1.8–3.8 times in 2020–2022.

Keywords: COVID-19, Big Data, epidemiological surveillance, SARS-CoV-2, PCR, averted damage, Health economics
No conflict of interest to declare.

For citation: Akimkin VG, Dubodelov DV, Esman AS et al. Epidemiological and economic efficiency of mass PCR testing of the population in the Russian Federation during the COVID-19 epidemic. Epidemiology and Vaccinal Prevention. 2025;24(6):28-35 (In Russ.). <https://doi:10.31631/2073-3046-2025-24-6-28-35>

Введение

По данным Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2022 году», только в 2022 г. экономический ущерб в Российской Федерации от пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) составил не менее 1,6 трлн рублей [1]. Экономические потери с 2020 по 2022 гг. вследствие распространения COVID-19 оказались существенно выше (более 3,7 трлн рублей) чем от других значимых инфекционных и паразитарных болезней. Экономические потери РФ от COVID-19 могли быть намного выше, однако предпринятые эффективные меры по массовому молекулярно-биологическому обследованию населения и установлению последующих режимно-ограничительных мер существенно его снизили.

Нами сформулирована гипотеза: в отсутствие массового ПЦР-обследования выявление инфицированных лиц в бессимптомной форме COVID-19 было бы затруднено, что привело бы к дальнейшему распространению инфекции со скоростью, соответствующей значению базового репродуктивного числа (R_0).

Цель – разработка алгоритма расчета предотвращенного экономического ущерба и оценка эпидемиологической эффективности проведения массового ПЦР-обследования населения РФ в 2020–2022 гг.

Материалы и методы

Ретроспективный эпидемиологический анализ

Анализ проведен с использованием инструментов SciPy [2], Pandas [3], Statsmodels [4] на основе сведений об уровне, динамике заболеваемости населения РФ и распределении заболевших по степени тяжести из статистической формы Роспотребнадзора №1035 «Мониторинг количества заболевших коронавирусной инфекцией, в том числе внебольничными пневмониями, и летальных исходов» за 2020–2022 гг. Информация о

циркулирующих вариантах SARS-CoV-2 получена из VGRus (Virus Genome Aggregator of Russia) – российской платформы агрегации информации о геномах вирусов [5]. Результаты ПЦР-исследований на наличие РНК SARS-CoV-2 получены из российской информационной системы «SOLAR» [6], демографические сведения – из Росстата (Федеральной службы государственной статистики) [7].

Базовое репродуктивное число (R_0)

Для определения базового репродуктивного числа (R_0) по основным генетическим линиям SARS-CoV-2 (Ухань+Альфа, Дельта и Омикрон SARS-CoV-2) нами проведен разбор метаанализов и данных оригинальных исследований [8–14]. Для расчетов в данном исследовании использованы следующие значения R_0 : Ухань + Альфа – 2,74, Дельта – 5,02, Омикрон SARS-CoV-2 – 9,5.

Определение средней стоимости одного случая лечения заболевания COVID-19 при госпитализации или амбулаторном лечении в Российской Федерации

Проанализированы Приложения к Тарифным соглашениям Территориальных фондов обязательного медицинского страхования (ТФОМС) в следующих 16 крупнейших регионах Российской Федерации: Москва [15], Санкт-Петербург [16], Республика Татарстан [17], Республика Башкортостан [18], Новосибирская [19], Свердловская [20], Нижегородская [21], Челябинская [22], Самарская [23], Ростовская [24], Омская [25], Воронежская [26], Пермская [27] и Волгоградская области [28], Краснодарский край [29], Красноярский край [30]. Получены значения стоимости одного случая лечения заболевания COVID-19 в зависимости от степени тяжести течения: бессимптомная и легкая в амбулаторном варианте – 28 000 руб., среднетяжелая в амбулаторном варианте – 122 000 руб., тяжелая и среднетяжелая в стационарном варианте – 216 000 руб.

Результаты

Выделены периоды доминирования основных вариантов SARS-CoV-2, без учета минорных (Бета и Гамма SARS-CoV-2): циркуляция вариантов Ухань и Альфа SARS-CoV-2 – с января 2020 г. по апрель 2021 г.; варианта Дельта SARS-CoV-2 – с мая 2021 г. по декабрь 2021 г.; варианта Омикрон SARS-CoV-2 – с декабря 2021 г. по декабрь 2022 г.

На основе сведений статистической формы №1035 «Мониторинг количества заболевших коронавирусной инфекцией, в том числе внебольничными пневмониями, и летальных исходов» получены данные по распределению заболевших по степени тяжести в периоды доминирования различных вариантов SARS-CoV-2 (табл. 1).

Используя данные российской информационной системы «SOLAR» [6], установлено, что всего за исследуемый период (2020–2022 гг.) в Российской Федерации проведено 312 млн ПЦР-исследований для выявления РНК SARS-CoV-2. Наибольшее суточное количество проведенных исследований с 22 апреля 2020 г. по 31 декабря 2022 г. составило 1 126 667, наименьшее (28 094) – в 2020–2022 гг., в среднем в сутки – 316 759 ± 11 250,79 исследований.

Ниже представлен разработанный алгоритм расчета количества предотвращенных случаев заболевания COVID-19. В качестве среднего значения инкубационного периода принято значение – 7 дней. Схема расчета количества предотвращенных случаев приведена на рисунке 1.

Количество предотвращенных случаев заболевания за период рассчитывалось как произведение количества выявленных бессимптомных заболевших на значение показателя базового репродуктивного числа (R_0) доминирующего в данный период времени варианта возбудителя.

Все предотвращенные за рассматриваемый период случаи заболевания для последующего расчета разделялись на бессимптомные и манифестные формы (легкие с выраженным характерными признаками заболевания, среднетяжелые и тяжелые). При этом количество предотвращенных случаев

заболевания бессимптомными формами рассчитывалось как произведение всех предотвращенных случаев на вычисленную среднюю долю бессимптомных случаев, рассчитанную для периода доминирования каждого варианта возбудителя (см. табл. 1).

Для расчета прогноза заболевших COVID-19 манифестными формами через один инкубационный период ($M_{(1)}$) в отсутствии массового ПЦР-обследования:

$$M_{(1)} = B * R_0 * (1 - D) \quad (1)$$

Для расчета прогноза заболевших бессимптомной формой COVID-19 в отсутствии массового ПЦР-обследования через один инкубационный период ($BH_{(1)}$):

$$BH_{(1)} = B * R_0 * (D), \text{ где } (2)$$

$M_{(1)}$ – прогнозируемое количество заболевших манифестными формами COVID-19 на начальном этапе,

$BH_{(1)}$ – прогнозируемое количество заболевших в бессимптомной форме COVID-19 на начальном этапе,

B – фактическое количество заболевших в бессимптомной форме COVID-19, выявленных в начальный период (продолжительность каждого периода 7 дней),

R_0 – базовое репродуктивное число,

D – средняя доля бессимптомной формы заболевания.

Количество предотвращенных случаев за последующий период рассчитывалось как произведение базового репродуктивного числа (R_0) на сумму предотвращенных бессимптомных случаев заболевания за предыдущий период с количеством фактически выявленных бессимптомных случаев заболевания.

Для расчета прогноза заболевших COVID-19 на последующих этапах ($M(n)$):

$$M_{(n)} = (B_{(n-1)} + BH_{(n)}) * R_0 * (1 - D) \quad (3)$$

Таблица 1. Структура распределения заболевших по степени тяжести в периоды доминирования различных вариантов SARS-CoV-2. Среднее значение и 95% доверительный интервал

Table 1. The structure of the distribution of cases by severity during the periods of dominance of various variants of SARS-CoV-2. Mean value and 95% confidence interval

Вариант SARS-CoV-2 Variant SARS-CoV-2	Формы тяжести COVID-19 (M±95% ДИ) Form illness of COVID-19 (M±95% CI)			
	Бессимптомная Asymptomatic infection	Легкая Mild	Средней тяжести Moderate	Тяжелая Severe + Critical
Ухань + Альфа Wuhan + Alpha	0,22 ± 0,03	0,38 ± 0,02	0,36 ± 0,009	0,04 ± 0,003
Дельта Delta	0,09 ± 0,008	0,48 ± 0,02	0,39 ± 0,01	0,04 ± 0,001
Омикрон Omicron	0,09 ± 0,007	0,64 ± 0,01	0,25 ± 0,006	0,02 ± 0,002

Для расчета прогноза заболевших бессимптомной формой COVID-19 в отсутствии массового ПЦР-обследования на последующих этапах ($\text{БН}_{(n)}$):

$$\text{БН}_{(n)} = \text{Б}_{(n-1)} * R_0 * (\bar{D}), \text{ где (4)}$$

n – период расчета по порядку,

$\text{M}_{(n)}$ – прогнозируемое количество заболевших манифестными формами с выраженным клиническим проявлением заболевания COVID-19 на начальном этапе,

$\text{БН}_{(n)}$ – прогнозируемое количество заболевших бессимптомной формой COVID-19 на начальном этапе,

Б – количество заболевших бессимптомной формой COVID-19, выявленных в начальный период (продолжительность каждого периода 7 дней),

R_0 – базовое репродуктивное число,

\bar{D} – средняя доля бессимптомной формы заболевания.

Расчетные значения количества предотвращенных случаев заболевания COVID-19 в различные периоды пандемии за счет проведения массового ПЦР-обследования, а также спрогнозированный уровень заболеваемости в случае отсутствия массового ПЦР-обследования населения для выявления РНК SARS-CoV-2 представлены в таблице 2.

Далее проведен расчет показателя заболеваемости населения COVID-19 в случае отсутствия массового ПЦР-обследования населения:

$$I = ((M_{\text{прогнозируемое}} + M_{\text{фактическое}}) * 100 000) / \text{численность населения}, \text{ где (5)}$$

I – интенсивный показатель заболеваемости населения,

M – количество заболевших манифестными формами COVID-19.

Предотвращенный ущерб рассчитывался как произведение стоимости одного случая и количества предотвращенных случаев с учетом бессимптомной формы заболевания.

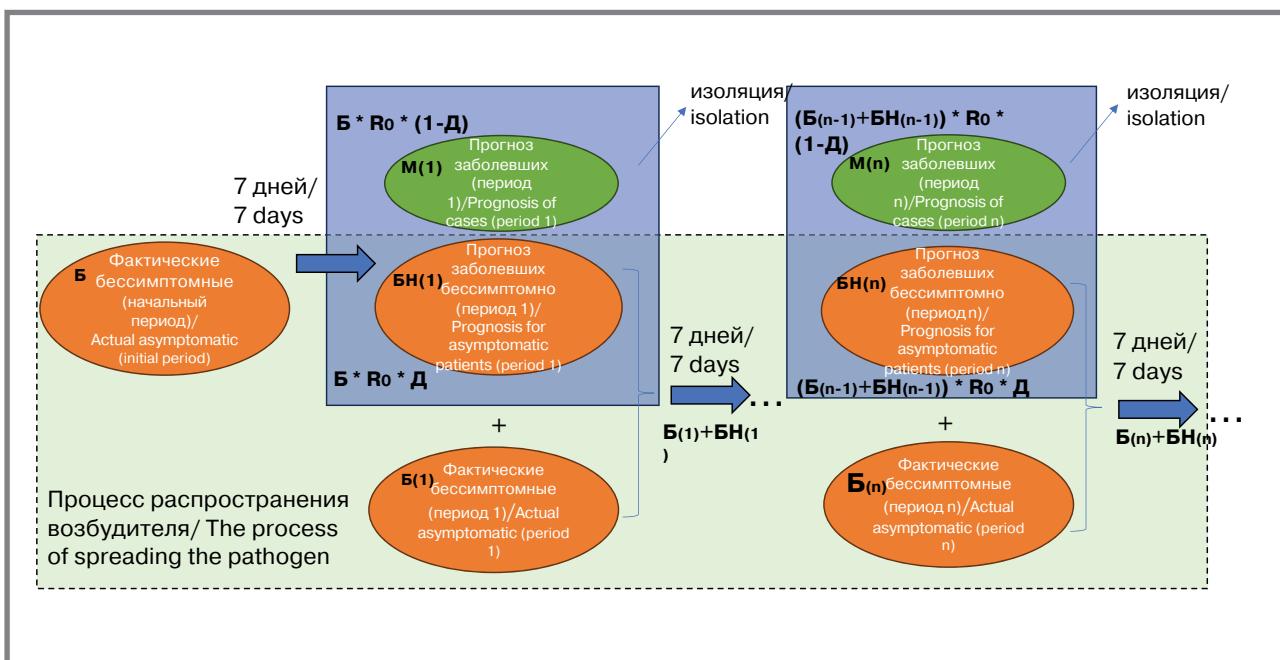
Обсуждение

Подтверждена высокая значимость массового ПЦР-обследования населения РФ для выявления бессимптомных случаев инфицирования COVID-19. Полученные данные формируют информацию о регистрируемых случаях заболевания и позволяют получить полное представление об эпидемиологической ситуации и эффективности проводимых противоэпидемических мер. Теория В. Д. Белякова о саморегуляции паразитарных систем также подчеркивает важность выявления бессимптомных носителей инфекции, которые, несмотря на отсутствие симптомов, активно ее распространяют.

Разработка рекомендаций по совершенствованию эпидемиологического надзора и противоэпидемических мероприятий требует анализа данных массового ПЦР-обследования населения для

Рисунок 1. Схема расчета количества предотвращенных случаев заболевания новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) в случае отсутствия массового ПЦР-обследования населения для выявления РНК возбудителя новой коронавирусной инфекции (SARS-CoV-2)

Figure 1. Calculation scheme for the number of prevented cases of COVID-19 in the absence of a mass PCR testing for SARS-CoV-2 infection



Примечание: $B(n)$ – фактическое количество заболевших бессимптомной формой COVID-19, выявленных за период n (продолжительность каждого периода 7 дней); $BH(n)$ – прогноз количества заболевших бессимптомной формой COVID-19; D – средняя доля бессимптомных; $M(n)$ – прогнозируемое количество заболевших в манифестной форме; R_0 – базовое репродуктивное число.

Note: $B(n)$ – the current number of cases of asymptomatic COVID-19 detected during period n (the duration of each period is 7 days);

$BH(n)$ – the prediction of the number of patients with asymptomatic cases; D – the average of asymptomatic cases; $M(n)$ – the predictable number of cases in manifest form; R_0 – basic reproductive number.

Таблица 2. Результаты исследования с применением разработанного алгоритма расчета предотвращенного экономического ущерба и эпидемиологической эффективности проведения массового ПЦР-обследования населения Российской Федерации в 2020–2022 гг.

Table 2. The results of the study using the developed algorithm to calculate the averted damage and the epidemiological effectiveness of conducting a mass PCR-testing of the population in the Russian Federation during 2020 –2022

Вариант SARS-CoV-2 Variant SARS-CoV-2	Ухань+Альфа Wuhan + Alpha	Дельта Delta	Омикрон Omicron	Всего Total
Прогнозируемое количество предотвращенных случаев заболевания (тыс. человек) Projected total number of prevented cases (thousand people)	6 529 –9 345	4 439 –5 185	42 333–162 736	53,3–177,3
Фактический показатель заболеваемости (на 100 тыс. населения) The current incidence rate (per 100 000 population)	3 433	3 754	7 578	14 765
Прогнозируемый показатель заболеваемости (на 100 тыс. населения) The predicted incidence rate (per 100,000 population)	6 373–7 550	6 217 –6 615	33 510–107 090	46 100–114 640
Соотношение прогнозируемого к фактическому показателю заболеваемости The ratio of the predicted incidence to the actual incidence rate	1,86–2,20	1,66–1,76	4,42–14,13	7,94–18,09
Величина предотвращенного ущерба, млрд руб. The amount of the averted prevented, billion rubles	432–678	311–386	2 270–9 260	3 013–10 323

выявления РНК SARS-CoV-2, оценки их эпидемиологической значимости и экономического ущерба.

В исследовании А. Е. Донникова также показано, что между объемом ПЦР-исследований и числом выявляемых случаев COVID-19 существует прямая, но не линейная зависимость [31]. Следовательно, увеличение количества ПЦР-исследований для выявления РНК SARS-CoV-2 ведет к росту обнаруженных случаев, особенно в период разгара эпидемии.

ПЦР-обследование населения РФ для выявления РНК SARS-CoV-2 – эффективный инструмент мониторинга эпидемиологической ситуации. Однако, для получения объективной оценки необходимо учитывать не только абсолютные показатели, но и долю положительных результатов, текущий этап эпидемии и целевые группы, подвергающиеся ПЦР-обследованию.

Динамика уровня и структуры заболеваемости и клинических проявлений COVID-19 является наглядным подтверждением основных положений теории саморегуляции паразитарных систем академика В. Д. Белякова [32,33], свидетельствующим о возрастании контагиозности возбудителя на фоне снижения его патогенных свойств в динамике течения эпидемического процесса.

Нами установлена доля бессимптомной формы заболевания COVID-19 на территории РФ в 2020–2022 гг. – 14,3%. В исследовании зарубежных коллег, проведенным Сяо Ченом и соавт., опубликованном в 2021 г. общая частота бессимптомных

случаев на территории Китая составила 23,6% (18,5–29,1%) [34]. В систематическом обзоре проведенным Цзинцзин Хэ и соавт. и опубликованном в 2020 г. – 15,6% (95% ДИ, 10,1–23,0%) [35]. Что в целом находится примерно на одном уровне с показателями в РФ.

Данные массового ПЦР-обследования населения для выявления РНК SARS-CoV-2 стали основой для реализации адресных противоэпидемических мероприятий, включая локализацию очагов инфекции, выявление контактных лиц, управление карантинными режимами и корректировку санитарных правил и нормативов в зависимости от циркулирующего варианта вируса.

Интеграция результатов лабораторного мониторинга в систему эпидемиологического контроля обеспечила возможность оперативного реагирования на эпидемическую ситуацию, включая прогнозирование нагрузки на систему здравоохранения и планирование ресурсного обеспечения в периоды пиков заболеваемости [36].

Применение массового ПЦР-обследования населения для выявления РНК SARS-CoV-2 в системе эпидемиологического надзора показало высокую экономическую эффективность. На территории Российской Федерации суммарный предотвращенный ущерб от COVID-19 за счет массового ПЦР-обследования составил от 3 013 до 10 323 млрд руб. (снижение величины экономического ущерба в 1,8–3,8 раза), что подтверждает

целесообразность вложений в лабораторную инфраструктуру при борьбе с инфекционными болезнями с пандемическим потенциалом.

Продемонстрировано количество предотвращенных случаев заболевания COVID-19 за счет проведения массового ПЦР-обследования для выявления РНК SARS-CoV-2 и последующей изоляции (от 48,3 до 158,1 млн человек, с учетом бессимптомной формы – от 53,3 до 177,3 млн человек), что соответствует снижению показателя заболеваемости в 2,5–8,2 раза. Впервые показана величина предотвращенного экономического ущерба от бессимптомных форм за счет проведения массового ПЦР-обследования населения РФ в 2020–2022 гг., составившая от 143 до 522 млрд руб.

Заключение

Пандемия COVID-19 оказала огромное влияние на расходы в сфере здравоохранения, что привело к необходимости дополнительного финансирования. Одним из важных направлений являлось проведения массового ПЦР-обследования для выявления РНК SARS-CoV-2 среди населения. В нашем исследовании оценивалась целесообразность данного подхода в рамках быстрого реагирования для предотвращения распространения инфекционных болезней с аэрозольным механизмом передачи

возбудителя, обладающих высоким эпидемическим и пандемическим потенциалом. За трехлетний период (2020–2022 гг.) количество предотвращенных случаев заболевания COVID-19, благодаря проведению массового ПЦР-обследования для выявления РНК SARS-CoV-2 и последующей изоляции заболевших составляет от 48,3 до 158,1 млн человек (с учетом бессимптомной формы составило от 53,3 до 177,3 млн человек), что соответствует снижению показателя заболеваемости COVID-19 населения РФ в 2,5–8,2 раза.

Суммарный предотвращенный ущерб от COVID-19 в 2020–2022 гг. за счет проведения массового ПЦР-обследования населения РФ и последующей изоляции заболевших составил от 3 013 до 10 323 млрд руб. (при суммарном экономическом ущербе более 3 720 млрд руб. согласно Государственным докладам «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» за 2020–2022 гг.).

Показана высокая экономическая эффективность массового ПЦР-обследования населения для выявления РНК SARS-CoV-2. Проведение массового ПЦР-обследования населения Российской Федерации позволило снизить величину экономического ущерба от COVID-19 за 2020–2022 гг. в 1,8–3,8 раза.

Литература

- Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2022 году». Доступно на: <https://www.rosпотребnadzor.ru/upload/iblock/b50/t4kqksh4b12a2iwjnha29922vu7nak15/GD-SEB.pdf> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- SciPy. Доступно на: <https://scipy.org/> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Pandas. Доступно на: <https://pandas.pydata.org/> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Statmodels. Доступно на: <https://www.statsmodels.org/stable/index.html> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Платформа VGRus. Доступно на: <https://genome.crie.ru/> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Платформа SOLAR. Доступно на: <https://www.crie.ru/about/aggregation/solar.php> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Россстат. Федеральная служба государственной статистики. Доступно на: <http://rosstat.gov.ru> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Zhao Sh., Lin Q., Ran J., et al. Preliminary estimation of the basic reproduction number of novel coronavirus (2019-nCoV) in China, from 2019 to 2020: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak / International Journal of Infectious Diseases. – 2020. – Vol. 92. – P. 214–217. doi:10.1016/j.ijid.2020.01.050.
- Tian D., Sun Y., Zhou J., et al. The Global Epidemic of the SARS-CoV-2 Delta Variant, Key Spike Mutations and Immune Escape / Frontiers in Immunology. – 2021. – Vol. 12. – P. 751778. doi:10.3389/fimmu.2021.751778.
- Liu Y., Rocklöv J. The reproductive number of the Delta variant of SARS-CoV-2 is far higher compared to the ancestral SARS-CoV-2 virus. Journal of Travel Medicine. – 2021. – Vol. 28, No. 7. doi:10.1093/jtm/taab124.
- Ueda, M., Kobayashi T., Nishiura H. Basic reproduction number of the COVID-19 Delta variant: Estimation from multiple transmission datasets. Mathematical Biosciences and Engineering. – 2022. – Vol. 19, No. 12. – P. 13137–13151. doi:10.3934/mbe.2022614.
- Separadi M., Alimohamadi Y., Esmaeilzadeh F. Estimate of the Basic Reproduction Number for Delta variant of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. Journal of Biostatistics and Epidemiology. – 2022. doi:10.18502/jbe.v8i1.10400.
- Liu Y., Rocklöv J. The effective reproductive number of the Omicron variant of SARS-CoV-2 is several times relative to Delta. Journal of Travel Medicine. – 2022. – Vol. 29, No. 3. doi:10.1093/jtm/taac037.
- Герасимов А. Н., Воронин Е. М., Мельниченко Ю. Р. и др. Методика оценки базового репродуктивного числа актуальных вариантов вируса SARS-CoV-2. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2024;23(4):12–22. doi:10.31631/2073-3046-2024-23-4-12-22.
- Территориальный ФОМС Москвы. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://web.archive.org/web/20230216070020/https://www.mgfoms.ru/medicinskie-organizacii/tarifi/2023> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Санкт-Петербурга. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://spbfoms.ru/page/docs> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Республики Татарстан. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://docs.cntd.ru/document/406518541> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Республики Башкортостан. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://tfoms-rb.ru/node/7165> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Новосибирской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: https://www.novofoms.ru/regulatory_documents/tariff_agreement.php Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Свердловской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://oms66.ru:443/učastnikam-sistemy-oms/dokumenty/12808/> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Нижегородской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://tfoms52.ru/index.php?id=1473> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Челябинской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: http://foms74.ru/page/tarifnoe_soglashenie_v_sfere_oms Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Самарской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://docs.cntd.ru/document/406411028> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
- Территориальный ФОМС Ростовской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://rostov-tfoms.ru/dokumenty/normativnaya-baza/tarifnoe-soglashenie> Ссылка активна на 6 ноября 2025.

Practical Aspects of Epidemiology and Vaccine Prevention

25. Территориальный ФОМС Омской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://omskportal.ru/oiv/mzdr/Gosgarant-programma/Program-2023> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
26. Территориальный ФОМС Воронежской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://www.ovsrrn.ru/pages/documents/3> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
27. Территориальный ФОМС Пермского края. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <http://www.pofoms.ru/RegRefInfo/tpoms/Pages/Tarif.aspx> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
28. Территориальный ФОМС Волгоградской области. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: https://www.volgatfoms.ru/oms_terprg.html Ссылка активна на 6 ноября 2025.
29. Территориальный ФОМС Краснодарского края. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <http://kubanoms.ru/zakon9.html> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
30. Территориальный ФОМС Красногорского края. Территориальная программа государственных гарантий, 2023 год. Доступно на: <https://www.krasmed.ru/content/18137/page.html> Ссылка активна на 6 ноября 2025.
31. Донников, А.Е. Опыт организации ПЦР-скрининга на новую коронавирусную инфекцию КОВИД-19 / А.Е. Донников, Е.С. Шубина // Медицинский оппонент. – 2020. – № 2(10). – С. 13–18.
32. Беляков В.Д., Яфаев Р.Х. Эпидемиология. Учебник. Москва, 1989;416 с. ISBN 5-225-01513-1.
33. Беляков В.Д. Избранные лекции по общей эпидемиологии инфекционных и неинфекционных заболеваний. Москва: «Медицина», 1995. 176 с.
34. Chen X, Huang Z, Wang J, et al. Ratio of asymptomatic COVID-19 cases among ascertained SARS-CoV-2 infections in different regions and population groups in 2020: a systematic review and meta-analysis including 130 123 infections from 241 studies. *BMJ Open*. 2021 Dec 7;11(12):e049752. doi:10.1136/bmjopen-2021-049752.
35. He J, Guo Y, Mao R, et al. Proportion of asymptomatic coronavirus disease 2019: A systematic review and meta-analysis. *J Med Virol*. 2021 Feb;93(2):820–830. doi:10.1002/jmv.26326.
36. Акимкин В. Г., Хафизов К. Ф., Дубоделов Д. В. и др. Молекулярно-генетический мониторинг и технологии цифровой трансформации в современной эпидемиологии. Вестник Российской академии медицинских наук. 2023; 78(4): 363–369. doi:10.15690/vramn13672.

References

- State report «On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population of the Russian Federation in 2022» Available at: <https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/b50/t4kqksh4b12a2iwjnhaz29922vu7naki5/GD-SEB.pdf> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- SciPy Available at: <https://scipy.org/> Accessed: 6 November 2025.
- Pandas. Available at: <https://pandas.pydata.org/> Accessed: 6 November 2025.
- Statmodels. Available at: <https://www.statsmodels.org/stable/index.html> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- VGARus Platform. Available at: <https://genome.crie.ru/> Accessed: 6 November 2025.
- SOLAR Platform. Available at: <https://www.crie.ru/about/aggregation/solar.php> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Rosstat. Federal State Statistics Service. Available at: <http://rosstat.gov.ru> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Zhao Sh, Lin Q, Ran J, et al. Preliminary estimation of the basic reproduction number of novel coronavirus (2019-nCoV) in China, from 2019 to 2020: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak / International Journal of Infectious Diseases. 2020; 92: 214–217. doi:10.1016/j.ijid.2020.01.050.
- Tian D, Sun Y, Zhou J, et al. The Global Epidemic of the SARS-CoV-2 Delta Variant, Key Spike Mutations and Immune Escape / Frontiers in Immunology. – 2021; 12: 751778. doi:10.3389/fimmu.2021.751778.
- Liu Y, Rocklöv J. The reproductive number of the Delta variant of SARS-CoV-2 is far higher compared to the ancestral SARS-CoV-2 virus / Journal of Travel Medicine. 2021; 28(7). doi:10.1093/jtm/taab124.
- Ueda M, Kobayashi T, Nishiura H. //Basic reproduction number of the COVID-19 Delta variant: Estimation from multiple transmission datasets / Mathematical Biosciences and Engineering. 2022; 19(12):13137–13151. doi:10.3934/mbe.2022614.
- Sepandi M, Alimohamadi Y, Esmailzadeh F. Estimate of the Basic Reproduction Number for Delta variant of SARS-CoV-2: A Systematic Review and Meta-analysis. Journal of Biostatistics and Epidemiology. 2022. doi:10.18502/jbe.v8i1.10400.
- Liu Y, Rocklöv J. The effective reproductive number of the Omicron variant of SARS-CoV-2 is several times relative to Delta. Journal of Travel Medicine. 2022; 29(3) doi:10.1093/jtm/taac037.
- Gerasimov AN, Voronin EM, Melnichenko Yu.R., et al. Methodology for Estimating the Basic Reproductive Number of Current Variants of the Virus SARS-CoV-2. Epidemiology and Vaccinal Prevention. 2024; 23(4):12–22. (In Russ.) doi:10.3163/2073-3046-2024-23-4-12-22.
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of Moscow. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <https://web.archive.org/web/20230216070020/https://www.mgfoms.ru/medicinskie-organizacii/tarifi/2023> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of St. Petersburg. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <https://spboms.ru/page/docs> Accessed: 6 November 2025.
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of the Republic of Tatarstan. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/406518541> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of the Republic of Bashkortostan. Territorial program of state guarantees, 2023. Available at: <https://tfoms-rb.ru/node/7165> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of the Novosibirsk Region. Territorial program of state guarantees, 2023. Available at: https://www.novofoms.ru/regulatory_documents/tariff_agreement.php Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of the Sverdlovsk Region. Territorial program of state guarantees, 2023. Available at: <https://oms66.ru:443/uchastnikamsistemy-oms/dokumenty/12808/> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of the Nizhny Novgorod Region. Territorial program of state guarantees, 2023. Available at: <https://tfoms52.ru/index.php?id=1473> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of the Chelyabinsk Region. Territorial program of state guarantees, 2023. Available at: http://foms74.ru/page/tarifnoe_soglashenie_v_sfere_oms Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of Samara Oblast. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/406411028> Accessed: 22.10.2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of Rostov Oblast. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <https://rostov-tfoms.ru/dokumenty/normativnaya-baza/tarifnoe-soglashenie> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of Omsk Oblast. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <https://omskportal.ru/oiv/mzdr/Gosgarant-programma/Program-2023> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of Voronezh Oblast. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <https://www.ovsrrn.ru/pages/documents/3> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of Perm Krai. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <http://www.pofoms.ru/RegRefInfo/tpoms/Pages/Tarif.aspx> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of the Volgograd Region. Territorial program of state guarantees, 2023. Available at: https://www.volgatfoms.ru/oms_terprg.html Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of Krasnodar Krai. Territorial Program of State Guarantees, 2023. Available at: <http://kubanoms.ru/zakon9.html> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Territorial Compulsory Medical Insurance Fund of the Krasnoyarsk Territory. Territorial program of state guarantees, 2023. Available at: <https://www.krasmed.ru/content/18137/page.html> Accessed: 6 November 2025. (In Russ.).
- Donnikov AE, Shubina ES. Experience in organizing PCR screening for the new coronavirus infection COVID-19. Medical Opponent 2020; 2 (10): 13–18. (In Russ.)
- Belyakov VD, Yafaev RKh. Epidemiologiya: Textbook. Moscow, 1989. 416 p. ISBN 5-225-01513-1. (In Russ.).
- Belyakov V.D. Izbrannye lektsii po obshchey epidemiologii infekcionnyih i neinfekcionnyih zabolеваниj. Moscow: «Medicine», 1995. – 176 p. (In Russ.).
- Chen X, Huang Z, Wang J, et al. Ratio of asymptomatic COVID-19 cases among ascertained SARS-CoV-2 infections in different regions and population groups in 2020: a systematic review and meta-analysis including 130 123 infections from 241 studies. *BMJ Open*. 2021 Dec 7;11(12):e049752. doi:10.1136/bmjopen-2021-049752.
- He J, Guo Y, Mao R, et al. Proportion of asymptomatic coronavirus disease 2019: A systematic review and meta-analysis. *J Med Virol*. 2021; Feb;93(2):820–830. doi:10.1002/jmv.26326.
- Akimkin V.G., Khafizov K.F., Dubodelov D.V., et al. Molecular Genetic Monitoring and Digital Transformation Technologies in Modern Epidemiology. Annals of the Russian academy of medical sciences. 2023; 78. (4):363–369. (In Russ.). doi: 10.15690/vramn13672

Об авторах

- Василий Геннадьевич Акимкин** – академик РАН, д. м. н., профессор, директор, ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва, Россия. crie@pcr.su. <https://orcid.org/0000-0003-4228-9044>.
- Дмитрий Васильевич Дубоделов** – к. м. н., ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной эпидемиологии и иммунологии, ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва, Россия. dubodelov@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0003-3093-5731>.
- Анна Сергеевна Есман** – к. м. н., заведующая лаборатории молекулярной эпидемиологии и иммунологии, ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва, Россия. esman@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0002-5456-7649>.
- Роман Михайлович Береговых** – младший научный сотрудник лаборатории инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва, Россия. beregovykh@cmd.su. <https://orcid.org/0009-0000-3956-2148>.
- Тамара Игоревна Махова** – к. м. н., старший научный сотрудник лаборатории молекулярной диагностики и эпидемиологии инфекций органов репродукции, ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва, Россия. dolgova@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0001-7502-6473>.
- Гасан Алиевич Гасанов** – к. м. н., научный сотрудник лаборатории молекулярной эпидемиологии и иммунологии, ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва, Россия. gasanov@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0002-0121-521X>.
- Ангелина Андреевна Монахова** – аспирант, ФБУН «ЦНИИ Эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва, Россия. monakhova.angelina@mail.ru. <https://orcid.org/0009-0000-9950-2649>.

Поступила: 03.11.2025. Принята к печати: 05.12.2025.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

- Vasily G. Akimkin** – Academician of Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Med.), Professor, Director, Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», Moscow, Russia. crie@pcr.su. <https://orcid.org/0000-0003-4228-9044>.
- Dmitriy V. Dubodelov** – Cand. Sci. (Med.), Leading Research Scientist, Laboratory of Molecular Epidemiology and Immunology, Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», Moscow, Russia. dubodelov@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0003-3093-5731>.
- Anna S. Esman** – Cand. Sci. (Med.), Head, Laboratory of Molecular Epidemiology and Immunology, Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», Moscow, Russia. esman@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0002-5456-7649>.
- Roman M. Beregovykh** – Junior Research Scientist, Laboratory of infections related to medical care, Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», Moscow, Russia. beregovykh@cmd.su. <https://orcid.org/0009-0000-3956-2148>.
- Tamara I. Makhova** – Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory for Epidemiology of Reproductive Tract Infections, Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», Moscow, Russia. dolgova@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0001-7502-6473>.
- Gasan A. Gasanov** – Cand. Sci. (Med.), Research scientist, Laboratory of Molecular Epidemiology and Immunology, Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», Moscow, Russia. gasanov@cmd.su. <https://orcid.org/0000-0002-0121-521X>.
- Angelina A. Monakhova** – Postgraduate, Federal Budget Institute of Science «Central Research Institute of Epidemiology», Moscow, Russia. monakhova.angelina@mail.ru. <https://orcid.org/0009-0000-9950-2649>.

Received: 03.11.2025. Accepted: 05.12.2025.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.

