

Эпидемиологическая оценка эффективности вакцинации в различные периоды развития эпидемического процесса COVID-19

В.С. Загузов^{1,2}, Л.В. Лялина^{1,3}, В.В. Ветров², Ж.Р. Молчанова⁴, Г.В. Чугунова⁵,
А.Б. Ревенко⁶, М.Б. Петухова⁷, Е.Л. Калинина⁸

¹ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера
197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, 14

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
194100, г. Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2

³ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова
195067, г. Санкт-Петербург, Пискаревский пр., 47

⁴ Управление Роспотребнадзора Калининградской области
236040, г. Калининград, ул. Подполковника Иванникова, 5

⁵ Межрегиональное управление Роспотребнадзора по городу Санкт-Петербургу и Ленинградской области
191025, г. Санкт-Петербург, ул. Стремянная, 19

⁶ Управление Росгвардии по Псковской области
180014, г. Псков, ул. Николая Васильева, 77

⁷ Управление Роспотребнадзора по Республике Коми
167610, г. Сыктывкар, ул. Орджоникидзе, 71

⁸ Управление Роспотребнадзора по Псковской области
180000, г. Псков, ул. Гоголя, 21А

Резюме

Появление новых геновариантов SARS-CoV-2 приводит к необходимости мониторинга эпидемического потенциала вируса, заболеваемости COVID-19 и оценки эффективности вакцинации против этой инфекции. Цель исследования – оценка заболеваемости COVID-19 непривитых и привитых против этой инфекции в различные периоды, связанные со сменой ведущих геновариантов SARS-CoV-2. **Материал и методы.** В работе использованы данные регистрации лабораторно подтвержденных случаев COVID-19 в Санкт-Петербурге, Ленинградской, Калининградской, Псковской областях и Республике Коми в 2020–2024 гг. Для оценки эффективности вакцинации в исследование включены сведения о 2 443 331 случае заболевания среди населения с различным вакцинальным статусом в 2021–2024 гг. Методы исследования: эпидемиологический анализ, ПЦР в реальном времени. Данные о молекулярно-генетических исследованиях 14 033 образцов получены из баз данных GISAID и VGARus. **Результаты.** Заболеваемость COVID-19 среди полностью привитых в разные годы в регионах была в 5–9 раз ниже, чем среди непривитых. В период циркуляции различных сублиний геноварианта Omicron наблюдалось снижение эффективности двукратной вакцинации. В 2022 г. отмечено уменьшение коэффициента эффективности на 2,1–3,5 % и увеличение шансов заражения на 1,2–3,3 %. В 2023 г. коэффициент снизился на 1,9–2,6 %, вероятность заражения увеличилась на 1,5–5,5 %. При нарушении схемы иммунизации наблюдалось повышение шансов заражения на 28,3–36,6 %, вероятность повторного случая заболевания среди полностью привитых была на 95 % меньше. При неполном курсе вакцинации установлено увеличение вероятности повторного инфицирования. В 2024 г. в условиях применения обновленных вакцин отмечено повышение эпидемиологической эффективности вакцинации. **Заключение.** Результаты исследования свидетельствуют об эффективности двукратной схемы вакцинации против первичной и повторной заболеваемости COVID-19. В период появления

геноварианта Omicron и его сублиний установлено уменьшение эффективности полного курса иммунизации, нарушение схемы вакцинации также приводило к снижению ее эффективности.

Ключевые слова: коронавирусная инфекция COVID-19, геноварианты SARS-CoV-2, эффективность вакцинации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Автор для переписки. Загузов В.С., e-mail: zaguzov.vs@gmail.com

Для цитирования. Загузов В.С., Лялина Л.В., Ветров В.В., Молчанова Ж.Р., Чугунова Г.В., Ревенко А.Б., Петухова М.Б., Калинина Е.Л. Эпидемиологическая оценка эффективности вакцинации в различные периоды развития эпидемического процесса COVID-19. *Сиб. науч. мед. ж.* 2025;45(6):193–310. doi: 10.18699/SSMJ20250630

Epidemiologic evaluation of vaccination efficacy during different periods of COVID-19 epidemic

V.S. Zaguzov^{1,2}, L.V. Lyalina^{1,3}, V.V. Vetrov², Zh.R. Molchanova⁴, G.V. Chugunova⁵, A.B. Revenko⁶, M.B. Petukhova⁷, E.L. Kalinina⁸

¹ Saint-Petersburg Pasteur Institute
197101, Saint-Petersburg, Mira st., 14

² Saint Petersburg State Pediatric Medical University
194100, Saint-Petersburg, Litovskaya st., 2

³ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov
195067, Saint-Petersburg, Piskarevsky ave., 47

⁴ Department of Rospotrebnadzor of Kaliningrad Region
236040, Kaliningrad, Lieutenant Colonel Ivannikov st., 5

⁵ Subregional department of Rospotrebnadzor of St. Petersburg and Leningrad Region,
191025, Saint-Petersburg, Stremyannaya st., 19

⁶ Department of Rosgvardiya of Pskov Region
180014, Pskov, Nikolai Vasiliev st., 77

⁷ Department of Rospotrebnadzor of Komi Republic
167610, Syktyvkar, Ordzhonikidze st., 71

⁸ Department of Rospotrebnadzor of Pskov Region
180000, Pskov, Gogol st., 21A

Abstract

The emergence of new genovariants of SARS-CoV-2 leads to the need to monitor the epidemic potential of the virus, COVID-19 morbidity and to assess the effectiveness of vaccination against this infection. Aim of the study was to assess the incidence of COVID-19 in unvaccinated and vaccinated population against this infection in different periods associated with the change in the leading SARS-CoV-2 genovariants. **Material and methods.** The data of registration of laboratory-confirmed cases of COVID-19 in St. Petersburg, Leningrad, Kaliningrad, Pskov regions and the Komi Republic in 2020–2024 were used in this work. To assess the effectiveness of vaccination, data on 2 443 331 cases in the population with different vaccine status in 2021–2024 were included in the study. Research methods: epidemiologic analysis, real-time PCR, statistical methods. Data on molecular genetic studies of 14 033 samples were obtained from GISAID and VGARus databases. **Results.** The incidence of COVID-19 among the fully vaccinated in different years in the regions was 5–9 times lower compared to the unvaccinated. During the period of circulation of different sublineages of the Omicron genovariant, a decrease in the efficacy of full vaccination was observed. In 2022, a decrease in the efficacy coefficient of 2.1–3.5 % and an increase in the odds of infection of 1.2–3.3 % were observed. In 2023, the efficacy coefficient decreased by 1.9–2.6 % and the odds of infection increased by 1.5–5.5 %. With an incomplete immunization scheme, there was a 28.3–36.6 % increase in the odds of infection, with 95 % lower odds of recurrence

among those fully vaccinated. An increase in the probability of re-infection was found with an incomplete vaccination course. In 2024, an increase in the epidemiologic efficiency of vaccination was observed in the conditions of application of updated vaccines. **Conclusions.** The results of the study indicate the efficacy of a full course of vaccination against primary and recurrent COVID-19 incidence. During the emergence of genovariant Omicron and its sublines, a decrease in the effectiveness of the full course of immunization was established; violation of the vaccination scheme also led to a decrease in its effectiveness.

Key words: coronavirus infection COVID-19, SARS-CoV-2 genovariants, vaccination effectiveness.

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

Correspondence author: Zaguzov V.S., e-mail: zaguzov.vs@gmail.com

Citation. Zaguzov V.S., Lyalina L.V., Vetrov V.V., Molchanova Zh.R., Chugunova G.V., Revenko A.B., Petukhova M.B., Kalinina E.L. Epidemiologic evaluation of vaccination efficacy during different periods of COVID-19 epidemic. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2025;45(6):193–310. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20250630

Введение

ВОЗ объявила о пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, вызванной SARS-CoV-2, 11 марта 2020 г. В связи с этим для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения были разработаны нормативно-методические документы, регламентирующие порядок осуществления эпидемиологического надзора за новой инфекцией, профилактических и противоэпидемических мероприятий. Мониторинг заболеваемости COVID-19 и оценка эффективности мер борьбы и профилактики инфекции осуществляются в регионах Российской Федерации, в том числе на территориях Северо-Западного федерального округа (СЗФО) в еженедельном режиме в соответствии с письмом Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 05.06.2020 № 02/11343-2020-26 «О проведении анализа эпидситуации и оценки эффективности противоэпидемических мероприятий в регионе». В борьбу с эпидемией новой коронавирусной инфекции включились специалисты различных организаций независимо от ведомственной принадлежности и форм собственности [1–3].

В ходе глобального распространения COVID-19 возбудитель приобрел способность к изменению трансмиссивности, вирулентности и возможности уклонения от иммунного ответа организма посредством множественных мутаций [4–6]. Появление новых геновариантов вируса SARS-CoV-2 вызывало рост интенсивности эпидемического процесса COVID-19, при этом более высокие темпы прироста заболеваемости наблюдались в городах и регионах с высокой плотностью населения [7, 8].

В конце 2020 г. в Российской Федерации началась вакцинация взрослого населения против

COVID-19. В стране было зарегистрировано три вида вакцин против этой инфекции: векторная, субъединичная и инактивированная, которые во время клинических испытаний показали эффективность более 90 % [9–11]. В результате применения отечественных вакцин в практических условиях установлены высокие показатели коллективного иммунитета и низкая или умеренная частота возникновения побочных эффектов [12–14]. Однако мониторинг эпидемического процесса COVID-19 на основе использования молекулярно-генетических методов показал, что отмечается смена ведущего генетического варианта вируса SARS-CoV-2, которая может оказывать влияние на эффективность вакцинопрофилактики [15, 16]. В эпидемиологических и иммунологических исследованиях, охватывающих этап иммунизации населения в период циркуляции геновариантов Alpha и Delta, установлено положительное влияние вакцинации населения на показатели заболеваемости, частоту госпитализаций и летальных исходов от COVID-19 в различных возрастных и профессиональных группах, показана высокая иммуногенность используемых препаратов [17, 18]. При изучении эффективности отечественных вакцин в период циркуляции штамма Omicron отмечено снижение эффективности иммунизации до уровня менее 60 % и вируснейтрализующей активности иммунобиологических препаратов в 9 раз и более [19–22]. В других исследованиях показана возможность формирования антител для нейтрализации варианта Omicron, отсутствие статистически значимого снижения титра в первые шесть месяцев после получения полного курса иммунизации, а также сохранение высокой степени защиты от госпитализаций [23, 24]. В связи с изложенным оценка эффективности вакцинации против COVID-19 остается актуальной.

Цель исследования – оценка заболеваемости

COVID-19 непривитых и привитых против этой инфекции в различные периоды, связанные со сменой ведущих геновариантов SARS-CoV-2.

Материал и методы

Анализ заболеваемости проведен на основе данных официальной регистрации случаев COVID-19 на территориях Санкт-Петербурга, Ленинградской, Калининградской, Псковской областей и Республики Коми в 2020–2024 гг. Для оценки эффективности вакцинации против новой коронавирусной инфекции в исследование включены сведения о 709 622 случаях заболевания среди полностью привитых в указанных регионах за четыре года (2021–2024 гг.), в том числе о 20 361 повторном случае, 167 115 случаях среди привитых с нарушенной схемой вакцинации, из них 25 419 повторных, и 1 566 594 случаях среди непривитых, из них 276 436 повторных. Информация о случаях заболевания и количестве привитых получена из форм федерального статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», № 1035 «Общие сведения о заболевших с положительным COVID-19», № 1283 «Число заболевших COVID-19 среди вакцинированных против новой коронавирусной инфекции» и № 5 «Сведения о профилактических прививках». Данные о молекулярно-генетических исследованиях 14033 образцов получены из баз данных GISAID и VGARus.

В работе использованы методы оперативного и ретроспективного эпидемиологического анализа заболеваемости среди привитых и непривитых пациентов. Все случаи заболевания подтверждены методом ПЦР в режиме реального времени. Расчет показателей и оценка эффективности вакцинации проводились согласно временному руководству ВОЗ «Оценка эффективности вакцины против COVID-19» от 17.03.2021 (с дополнением от 22.07.2021). Для определения эпидемиологической эффективности иммунопрофилактики использованы индекс эффективности (ИЭ), коэффициент эффективности (КЭ), отношение шансов (ОШ) и коэффициент снижения вероятности инфицирования (КСВИ), вычисляемые по формулам:

$$\text{ИЭ} = \frac{I_n}{I_v}, \quad \text{КЭ} = \frac{I_n - I_v}{I_n},$$

$$\text{ОШ} = \frac{D_v N_n}{N_v D_n}, \quad \text{КСВИ} = (1 - \text{ОШ}) \times 100,$$

где I_n – заболеваемость среди невакцинированных, I_v – заболеваемость среди вакцинированных, D_v – число случаев заболевания среди вакцинированных, D_n – число случаев заболевания среди не вакцинированных, N_v – число вакцинирован-

ных с отсутствием заболевания; N_n – число невакцинированных с отсутствием заболевания.

Вакцинация считалась потенциально эффективной при достижении порога по данным КЭ и КСВИ не менее 70 %. Оценку интенсивных и экстенсивных показателей проводили с помощью 95%-х доверительных интервалов (95 % ДИ) и t -критерия Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $t > 1,96$. Статистическая значимость различий КЭ и ОШ определялась с помощью z -критерия Фишера, различия считали значимыми при $z > 1,96$. Обработка и анализ данных осуществлялись с помощью программного обеспечения Microsoft Excel.

Результаты

Анализ заболеваемости COVID-19 в СЗФО в 2020–2024 гг. позволяет выделить пять периодов развития эпидемического процесса по годам: 2020 г. – начальный (довакцинальный), 2021 г. – период нарастания интенсивности эпидемического процесса, 2022 г. – период максимального уровня заболеваемости, 2023 г. – период снижения интенсивности эпидемического процесса, 2024 г. – период низкой заболеваемости (рис. 1). Эти закономерности являются общими для всех регионов СЗФО, включенных в исследование, и РФ в целом. Региональные особенности проявляются в различной интенсивности эпидемического процесса на всех этапах его развития. В СЗФО заболеваемость COVID-19 была выше по сравнению с РФ в целом во все периоды. В 2020 г. в трех регионах, включенных в исследование, зарегистрирована более высокая заболеваемость по сравнению с показателями округа, за исключением Ленинградской и Калининградской областей. Наибольшая интенсивность эпидемического процесса отмечалась на территории мегаполиса Санкт-Петербурга.

В 2021 г. наблюдалось статистически значимое увеличение показателей как в субъектах округа, так и в РФ. Доля взрослого населения, получившего полный курс профилактических прививок против COVID-19 в исследуемых регионах за 2021 г., составила 60,1–63,2 %. В 2022 г. заболеваемость достигла максимального уровня, показатели территорий выросли до 70,3–74,5 %, ревакцинация выполнена 21,3–26,4 % жителей. В 2023 г. охват вакцинацией достиг 76,2–81,1 %, ревакцинацией – 28,2–35,6 %, отмечается существенное уменьшение интенсивности эпидемического процесса COVID-19 ниже уровня 2020 г. в целом по округу, в большинстве субъектов и РФ в целом, различия статистически значимы ($p < 0,05$). В 2024 г. сохраняется тенденция к сни-

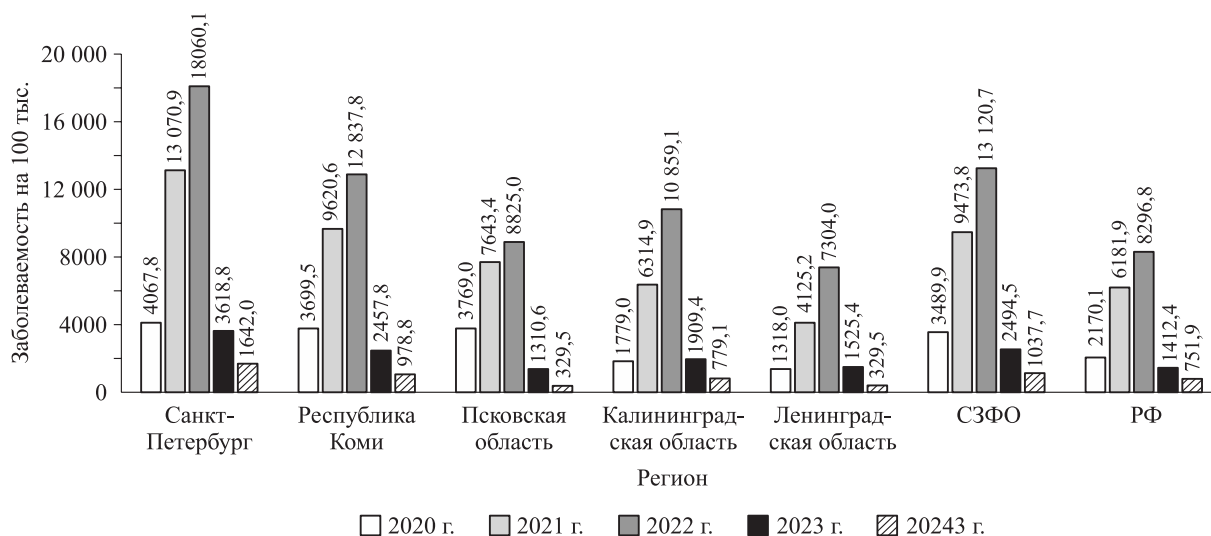


Рис 1. Заболеваемость COVID-19 в регионах СЗФО и Российской Федерации в 2020–2024 гг.

Fig. 1. Incidence rate of COVID-19 in the regions of Northwestern Federal District and Russian Federation in 2020–2024

жению интенсивности эпидемического процесса, охват вакцинацией составил 78,0–82,4 %, ревакцинацией – 31,1–37,3 %.

Для оценки эффективности вакцинопрофилактики в регионах СЗФО проведен сравнительный анализ заболеваемости полностью привитых и непривитых против COVID-19 в 2021–2024 гг. (табл. 1). В 2021 г. во всех исследуемых регионах отмечалось по два периода подъема заболеваемости в летний и осенний сезоны (3 и 4 волны). Доминирующим геновариантом являлся штамм Delta (B.1.617.2 + AY сублинии). Во время 3 и 4 волны заболеваемости вакцинопрофилактика COVID-19 при наличии полного курса иммунизации имела высокие показатели эффективности на всех территориях. Вероятность заражения полностью привитых в указанный период была на 86,7–92,2 % меньше, чем непривитых.

В 2022 г. в большинстве регионов наблюдалось по две волны заболеваемости COVID-19 (5 и 6 волны). В осенне-зимний сезон в Санкт-Петербурге и Ленинградской области отмечена 7 волна роста общей заболеваемости, однако рассмотрение динамики среди лиц с различным вакцинальным статусом показало, что в группе непривитых этот подъем наблюдался на всех исследуемых территориях (рис. 2). Во всех регионах произошла смена ведущего геноварианта на Omicron, в периоды 5 и 6 волн ведущее положение занимали сублинии группы BA*. Во время 7 волны общей заболеваемости в Санкт-Петербурге и Ленинградской области наблюдалась смена доминирующей сублинии на Omicron BA.1/BA.2, новых штаммов вируса в эти периоды отмечено не было. Данные наблюдения свидетельствуют, что этот подъем

был обусловлен не только сменой варианта вируса, но и сезонно действующими факторами. Во всех регионах отмечалось статистически значимое снижение показателей эффективности двукратной вакцинации. Наблюдалось уменьшение значений КЭ на 2,1–3,5 % и увеличение шансов заражения COVID-19 на 1,2–3,3 % среди полностью привитого населения.

В 2023 г. на всех исследуемых территориях было по две волны заболеваемости COVID-19 – 7 и 8 волны в Республике Коми и Псковской области, 8 и 9 волны в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. В эти периоды лидирующее положение занимали штаммы Omicron группы ХВВ*. Во всех регионах отмечалось дальнейшее ухудшение показателей эффективности вакцинопрофилактики: уменьшение ИЭ на 0,6–1,5, КЭ на 1,9–2,6 %, вероятность заражения в группе полностью вакцинированных увеличилась на 1,5–5,5 %.

В 2024 г. наблюдалось по два периода подъема заболеваемости COVID-19 в Республике Коми и Псковской области (9 и 10 волны) и три периода в Санкт-Петербурге и Ленинградской области (10, 11 и 12 волны). На этом этапе развития эпидемического процесса стала применяться векторная вакцина с обновленным составом на основе сублиний Omicron группы ХВВ*, а также рекомбинантная субъединичная вакцина на основе N-белка вируса SARS-CoV-2 [25, 26]. В течение всего года доминирующими вариантами являлись сублинии Omicron группы JN* (рис. 3).

В периоды осенних подъемов заболеваемости в популяции возбудителя отмечалось присутствие сублиний Omicron KP.2/KP.3, однако их

Таблица 1. Заболеваемость COVID-19 среди лиц с полным курсом вакцинации и непривитых против этой инфекции на территориях Северо-Запада России в 2021–2024 гг.**Table 1.** Incidence rate of COVID-19 among the fully vaccinated and unvaccinated in the territories of Northwest Russia in 2021–2024

Показатель	2021 г.		2022 г.		2023 г.		2024 г.	
	Всего	На 100 тыс. (95 % ДИ)	Всего	На 100 тыс. (95 % ДИ)	Всего	На 100 тыс. (95 % ДИ)	Всего	На 100 тыс. (95 % ДИ)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Санкт-Петербург								
Заболеваемость привитых	114811	4090,6 (4067,0–4114,3)	266901	8069,4 (8039,5–8099,4)	82733	2297,9 (2282,1–2313,7)	40469	1107,3 (1096,4–1118,3)
Заболеваемость непривитых	501384	35490,2 (35409,7–35570,7)	514462	55565,1 (55461,9–55668,4)	88118	13981,4 (13894–14068,8)	40681	6993,7 (6926,8–7060,6)
ИЭ	8,7		6,9		6,1		6,3	
КЭ (95 % ДИ)	88,5 % (88,4–88,6)		85,5 % (85,4–85,6)		83,6 % (83,5–83,7)		84,2 % (84–84,4)	
ОШ (95 % ДИ)	0,078 (0,077–0,079)		0,09 (0,089–0,091)		0,145 (0,143–0,146)		0,149 (0,147–0,151)	
КСВИ (95 % ДИ)	92,2 % (92,1–92,3)		91,0 % (90,9–91,1)		85,5 % (85,4–85,7)		85,1 % (84,9–85,3)	
t-критерий (p)	748,38 (<0,01)		883,35 (<0,01)		263,19 (<0,01)		173,65 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		21,87 (<0,01)		124,03 (<0,01)		3,27 (<0,01)	
Республика Коми								
Заболеваемость привитых	13517	3495,2 (3436,1–3554,2)	31271	6804,2 (6729,9–6878,5)	6952	1419,8 (1386–1453,6)	3270	651,9 (629,1–674,6)
Заболеваемость непривитых	53666	24136,6 (23955,1–24318,1)	54285	45460,6 (45172,4–45748,8)	5889	7361,3 (7176,7–7546,0)	2416	3469,7 (3331–3608,4)
ИЭ	6,9		6,7		5,2		5,3	
КЭ (95 % ДИ)	87,4 % (87,2–87,6)		85,0 % (84,8–85,2)		80,7 % (80,4–81,0)		81,2 % (80,2–82,2)	
ОШ (95 % ДИ)	0,114 (0,112–0,116)		0,149 (0,145–0,153)		0,181 (0,175–0,188)		0,183 (0,173–0,193)	
КСВИ (95 % ДИ)	87,6 % (87,4–87,8)		85,1 % (84,9–85,3)		81,9 % (81,2–82,5)		81,7 % (80,7–82,7)	
t-критерий (p)	216,31 (<0,01)		233,43 (<0,01)		63,30 (<0,01)		40,1 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		19,65 (<0,01)		36,10 (<0,01)		0,22 (>0,05)	
Псковская область								
Заболеваемость привитых	8507	2802,0 (2742,1–2861,9)	14668	4137,7 (4070,8–4204,6)	2832	737,1 (709,5–764,7)	779	196,6 (182,5–210,7)
Заболеваемость непривитых	32783	17795,3 (17617,1–17973,5)	33580	25868,8 (25625,7–26111,9)	2939	4101,8 (3953,6–4250)	751	1211,3 (1123,4–1299,2)
ИЭ	6,4		6,3		5,6		6,2	
КЭ (95 % ДИ)	86,8 % (86,5–87,1)		84,0 % (83,8–84,3)		82,0 % (81,8–82,3)		83,8 % (82,1–85,3)	
ОШ (95 % ДИ)	0,133 (0,13–0,136)		0,159 (0,157–0,161)		0,174 (0,165–0,183)		0,161 (0,145–0,178)	
КСВИ (95 % ДИ)	86,7 % (86,4–87,0)		84,1 % (86,4–87,0)		82,6 % (81,7–83,5)		83,9 % (82,2–85,5)	
t-критерий (p)	159,49 (<0,01)		152,45 (<0,01)		60,38 (<0,01)		22,81 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		8,92 (<0,01)		16,75 (<0,01)		0,90 (>0,05)	
Калининградская область								
Заболеваемость привитых	11542	2283,5 (2241,5–2325,5)	28535	4771,6 (4716,5–4826,7)	8389	1284,9 (1257–1312,7)	3786	562,1 (543,9–580,3)

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заболеваемость непривитых	44776	16705,0 (16560,9–16849,1)	50882	31597,1 (31365,4–31828,8)	6951	7223,9 (7057–7390,8)	2767	3528,6 (3396,8–3660,4)
ИЭ	7,3		6,6		5,6		6,3	
КЭ (95 % ДИ)	88,4 % (86,2–86,7)		84,9 % (84,7–85,1)		82,3 % (82,1–82,5)		84,1 % (83,3–84,8)	
ОШ (95 % ДИ)	0,117 (0,114–0,119)		0,15 (0,149–0,152)		0,167 (0,162–0,173)		0,155 (0,147–0,161)	
КСВИ (95 % ДИ)	88,3 % (88,1–88,6)		85,0 % (84,9–85,2)		83,3 % (82,7–83,8)		84,5 % (83,9–85,3)	
t-критерий (p)	195,61 (<0,01)		172,58 (<0,01)		54,12 (<0,01)		28,96 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		20,63 (<0,01)		14,75 (<0,01)		2,04 (<0,05)	
Ленинградская область								
Заболеваемость привитых	14052	1442,6 (1418,5–1466,8)	38486	3341,1 (3307,7–3374,6)	12355	983,5 (965,9–1001,1)	4486	350,4 (339,9–360,8)
Заболеваемость непривитых	54884	10555,5 (10470,3–10640,7)	74300	21418,9 (21279,6–21558,2)	13730	5683,8 (5589,6–5778,0)	5086	2311,3 (2247,3–2375,4)
ИЭ	7,3		6,4		5,8		6,5	
КЭ (95 % ДИ)	86,3 % (86,1–86,6)		84,2 % (84,0–84,4)		82,2 % (82,0–82,4)		84,8 % (84,2–85,4)	
ОШ (95 % ДИ)	0,124 (0,122–0,126)		0,137 (0,135–0,138)		0,165 (0,161–0,169)		0,149 (0,143–0,155)	
КСВИ (95 % ДИ)	87,6 % (87,4–87,8)		86,3 % (86,2–86,5)		83,5 % (83,1–83,9)		85,1 % (84,5–85,7)	
t-критерий (p)	205,75 (<0,01)		249,48 (<0,01)		98,08 (<0,01)		60,42 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		3,37 (<0,01)		17,18 (<0,01)		4,28 (<0,01)	

доля в структуре всех геновариантов не превышала 12 %. Это позволяет сделать вывод, что 10 волна в Республике Коми и Псковской области, а также 11 и 12 волны в Санкт-Петербурге и Ленинградской области были вызваны в большей степени сезонными факторами. Заболеваемость COVID-19 имела тенденцию к снижению во всех исследуемых группах. На большинстве территорий округа наблюдалось увеличение эффективности полной вакцинации по всем рассматриваемым критериям, что говорит о положительном влиянии применения новых средств вакцинопрофилактики.

Интенсивность эпидемического процесса среди лиц с нарушенной схемой вакцинации была в 2–3,5 раза выше, чем среди правильно привитых (табл. 2). Значения КЭ и КСВИ для однократной вакцинации были на 28,3–36,6 % меньше по сравнению с привитыми по двукратной схеме во все периоды развития эпидемического процесса. В периоды пятой и шестой волны среди лиц с неполным курсом вакцинации наблюдалось 2–4 раза более интенсивное снижение показателей эффективности во всех исследуемых регионах. В периоды подъемов заболеваемости 2023 г. вместе со сменой ведущей циркулирующей сублинии

также отмечалось существенное уменьшение показателей эффективности однократной вакцинации против COVID-19: ИЭ – до уровня ниже 2,0; КЭ и КСВИ – ниже 50 % (ОШ > 0,5). В 2024 г., несмотря на применение новых средств вакцинопрофилактики, показатели не претерпели статистически значимых изменений по сравнению с 2023 г., что свидетельствует о недостаточной эффективности однократной иммунизации.

В целях дополнительной оценки эффективности вакцинопрофилактики COVID-19 в регионах СЗФО проведен сравнительный анализ повторной заболеваемости привитых и непривитых против COVID-19 в 2021–2024 гг. Среди полностью привитого населения она была значительно ниже по сравнению с однократно привитыми и непривитыми (рис. 4). В 2021 г. значение ИЭ варьировало в пределах 33,1–37,8; в 2022 г. – 46,8–52,8. В 2023–2024 гг. ИЭ составил более 50. КЭ полной иммунизации и снижение вероятности повторного заражения достигли более 95 % на всех этапах развития эпидемического процесса. Наибольшие значения коэффициентов отмечались на территории Санкт-Петербурга и варьировали в пределах 97,2 (95 % ДИ 97,1–97,3) – 98,5 (95 % ДИ 98,3–98,7) %. При изучении эффективности од-

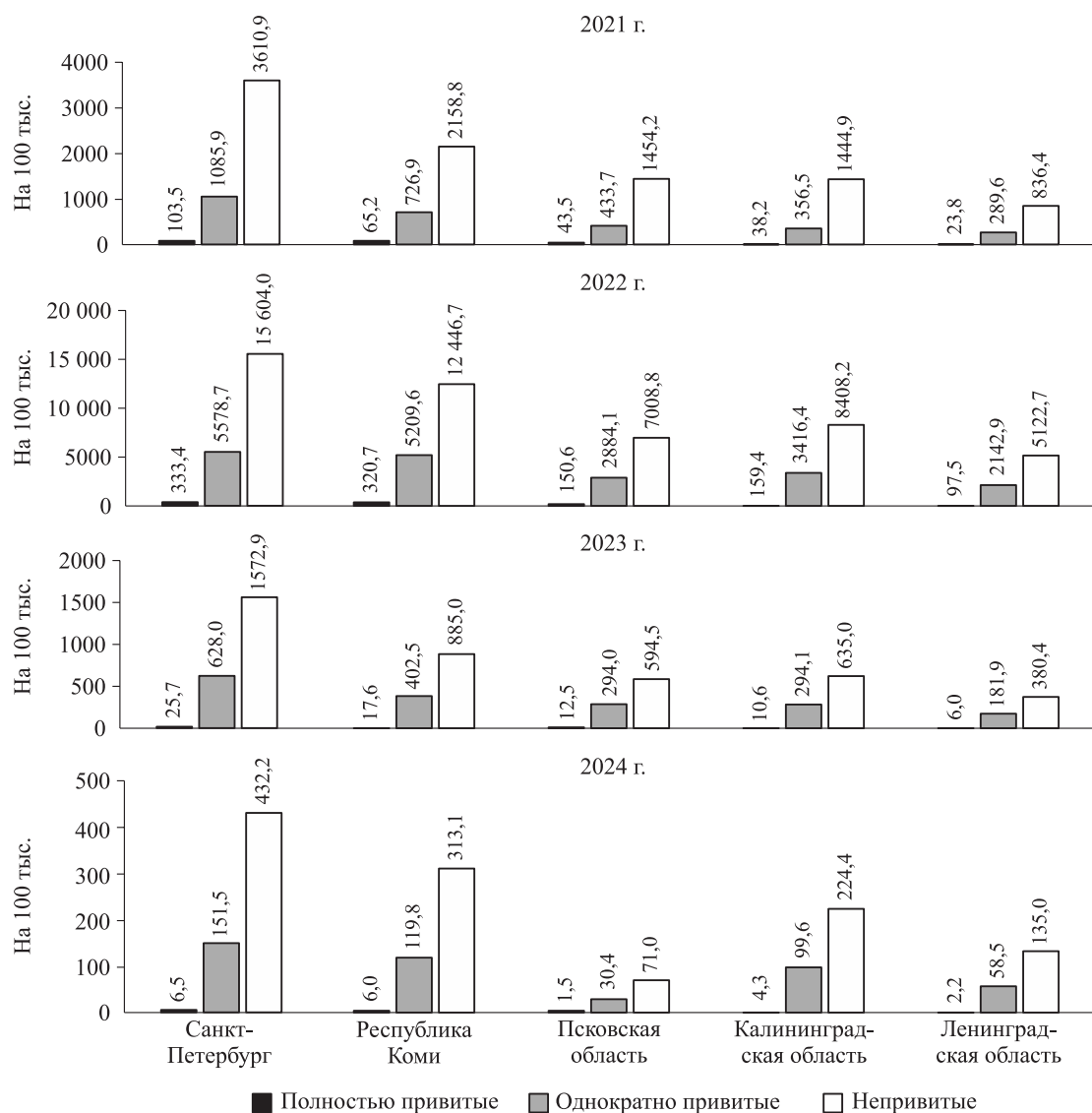


Рис 4. Повторная заболеваемость COVID-19 среди населения с различным вакцинальным статусом, на территориях СЗФО в 2021–2024 гг.

Fig. 4. Recurrent incidence of COVID-19 among the population with different vaccination status in regions of NWFD in 2021–2024

нократной иммунизации против повторной заболеваемости наблюдались более низкие значения показателей, а также более изменчивый характер их динамики. В 2021 г. частота повторных случаев среди однократно привитого населения была в 3–4 раза меньше по сравнению с непривитыми. Значения КЭ варьировали в пределах 66,3 (95 % ДИ 60,3–71,4) – 75,3 (95 % ДИ 71,1–78,9) %. Вероятность повторного заболевания при однократной вакцинации была ниже на 65,6 (95 % ДИ 60,8 – 69,7) – 75,6 (95 % ДИ 71,4 – 79,1) % по сравнению с непривитыми.

В 2022 г. наблюдалось статистически значи-

мое снижение показателей эффективности неполного курса иммунизации против повторных случаев заболевания. ИЭ уменьшился до 2,4–2,8, КЭ и КСВИ в большинстве регионов округа – до уровня ниже 60 %. В 2023–2024 гг. в регионах отмечалось снижение частоты повторных случаев COVID-19 во всех исследуемых группах. На этапах циркуляции более поздних сублиний геноварианта Omicron (XBB*/JN*) показатели эффективности однократной вакцинации не претерпели статистически значимых изменений. В 2023–2024 гг. значения ИЭ неполного курса иммунизации против повторных случаев заболевания

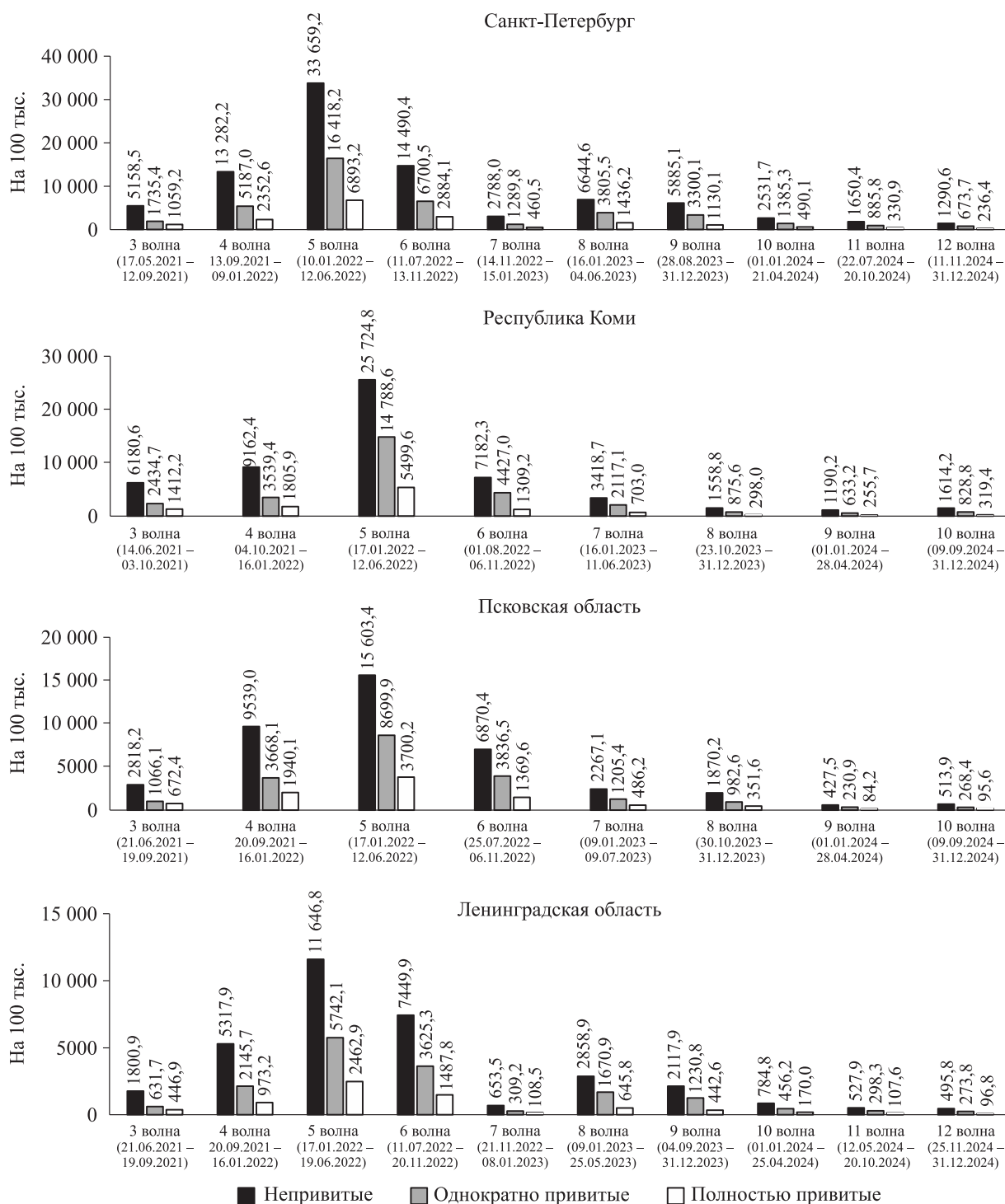


Рис 2. Заболеваемость COVID-19 среди населения с различным вакцинальным статусом на территориях СЗФО в различные периоды развития эпидемического процесса COVID-19 в регионах СЗФО и Российской Федерации в 2020–2024 гг.

Fig. 2. Incidence rate of COVID-19 among the population with different vaccination status in NWFD territories at different periods of the epidemic

колебались в пределах 2,3–2,9, КЭ составил 51,2 (95 % ДИ 32,5–64,4) – 64,9 (95 % ДИ 60,5–68,9) %. Вероятность возникновения повторного случая среди неполностью привитого населения была на

55,6 (95 % ДИ 39,4 – 67,5) – 64,7 (95 % ДИ 60,3 – 68,7) % меньше, чем среди непривитого.

Для эпидемиологической оценки длительности поствакцинального иммунитета против

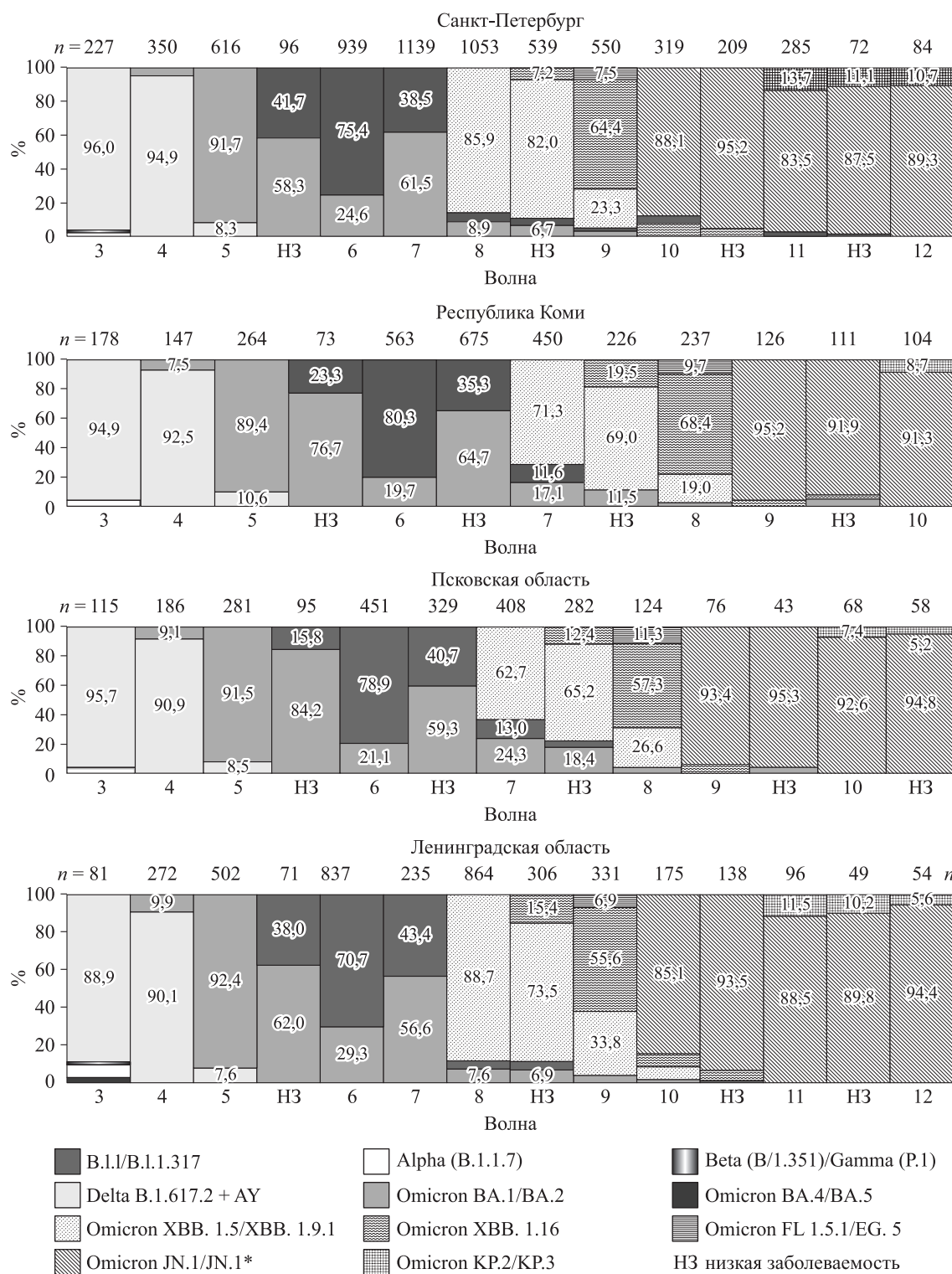


Рис 3. Структура циркулирующих геновариантов вируса SARS-CoV-2 в регионах ЦЗФО в различные периоды развития эпидемического процесса

Fig. 3. Structure of circulating genovariants of SARS-CoV-2 in the regions of the NWFD at different periods of the epidemic

COVID-19 в зависимости от циркулирующих геновариантов возбудителя выполнен анализ сроков возникновения случаев инфекции после получения векторной вакцины среди заболевших

привитых на территории Ленинградской области в 2021–2024 гг. В 2021 г. в группе двукратно привитых на этапе циркуляции геноварианта Delta доля заболевших, получивших полный курс им-

Таблица 2. Заболеваемость COVID-19 среди населения с нарушенной схемой вакцинации в регионах ЦЗФО в 2021–2024 гг.**Table 2.** Incidence rate of COVID-19 among the population with violated immunization scheme in Northwestern Federal District regions in 2021–2024

Показатель	2021 г.		2022 г.		2023 г.		2024 г.	
	Всего	На 100 тыс. (95 % ДИ)	Всего	На 100 тыс. (95 % ДИ)	Всего	На 100 тыс. (95 % ДИ)	Всего	На 100 тыс. (95 % ДИ)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Санкт-Петербург								
Заболеваемость	29323	13190,8 (13047,3–13334,3)	51519	25790,6 (25594,8–25986,3)	15316	7468,2 (7352,1–7584,3)	6665	3343,6 (3263,1–3424,2)
ИЭ	2,7		2,2		1,9		2,1	
КЭ (95 % ДИ)	62,8 % (62,4–63,2)		53,6 % (53,2–53,9)		46,6 % (45,7–47,5)		52,2 % (51–53,4)	
ОШ (95 % ДИ)	0,276 (0,273–0,28)		0,378 (0,375–0,381)		0,497 (0,488–0,506)		0,46 (0,448–0,472)	
КСВИ (95 % ДИ)	72,4 % (72,0–72,7)		62,2 % (61,9–62,5)		50,3 % (49,4–51,2)		54,0 % (52,8–55,2)	
t-критерий (p)	270,99 (<0,01)		269,04 (<0,01)		89,65 (<0,01)		69,74 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		37,37 (<0,01)		54,29 (<0,01)		4,69 (<0,01)	
Республика Коми								
Заболеваемость	1826	9154,3 (8745,9–9562,6)	14314	25209,6 (24845,1–25574)	2541	4174,1 (4011,9–4336,2)	1085	1831,4 (1721,2–1941,6)
ИЭ	2,6		1,8		1,8		1,9	
КЭ (95 % ДИ)	62,1 % (60,4–63,7)		44,5 % (43,7–45,4)		43,3 % (40,7–45,8)		47,2 % (43,3–50,8)	
ОШ (95 % ДИ)	0,317 (0,302–0,333)		0,404 (0,391–0,418)		0,548 (0,523–0,575)		0,519 (0,483–0,558)	
КСВИ (95 % ДИ)	68,3 % (66,7–69,8)		59,6 % (58,2–60,9)		45,2 % (42,5–47,7)		48,1 % (44,2–51,7)	
t-критерий (p)	67,14 (<0,01)		83,24 (<0,01)		25,90 (<0,01)		18,5 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		8,84 (<0,01)		11,26 (<0,01)		1,23 (>0,05)	
Псковская область								
Заболеваемость	1092	6766,2 (6370,8–7161,6)	6815	14336,2 (14014,7–14657,7)	2107	2301,7 (2169,8–2433,6)	316	640,6 (568,8–712,5)
ИЭ	2,6		1,8		1,8		1,9	
КЭ (95 % ДИ)	62 % (59,7–64,1)		44,6 % (43,2–45,9)		43,9 % (40,7–46,9)		47,1 % (39,7–53,6)	
ОШ (95 % ДИ)	0,335 (0,315–0,357)		0,48 (0,46–0,5)		0,551 (0,514–0,59)		0,526 (0,461–0,6)	
КСВИ (95 % ДИ)	66,5 % (64,3–68,5)		52,0 % (50,0–54,0)		44,9 % (41,0–48,6)		47,4 % (40–53,9)	
t-критерий (p)	50,86 (<0,01)		60,02 (<0,01)		24,47 (<0,01)		10,06 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		7,77 (<0,01)		6,79 (<0,01)		0,43 (>0,05)	
Калининградская область								
Заболеваемость	2268	5570,3 (5343–5797,6)	10809	17969,8 (17656,7–18282,9)	2158	4179,5 (4049,0–4310,1)	971	1896,3 (1775,7–2016,8)
ИЭ	3,0		1,8		1,7		1,9	
КЭ (95 % ДИ)	66,7 % (65,3–68)		43,1 % (42,1–44,2)		42,1 % (39,4–44,8)		46,3 % (42,2–50,0)	
ОШ (95 % ДИ)	0,294 (0,282–0,307)		0,474 (0,463–0,485)		0,56 (0,533–0,589)		0,528 (0,491–0,569)	
КСВИ (95 % ДИ)	70,6 % (70,3–71,8)		52,6 % (51,5–53,7)		44,0 % (41,1–46,7)		47,2 % (43,1–50,9)	

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
t-критерий (p)	112,13 (<0,01)		79,86 (<0,01)		27,34 (<0,01)		13,26 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		32,47 (<0,01)		7,96 (<0,01)		0,54 (>0,05)	
Ленинградская область								
Заболеваемость	3755	4439,3 (4297,6– 4580,9)	11323	10268,2 (10085,4– 10451,1)	2136	3159,9 (3025,3– 3294,5)	776	1193,6 (1108,4– 1278,8)
ИЭ	2,4		2,1		1,8		1,9	
КЭ (95 % ДИ)	57,9 % (56,6–59,3)		52,1 % (51,6–52,5)		44,4 % (41,9–46,8)		48,4 % (44,3–52,1)	
ОШ (95 % ДИ)	0,394 (0,381–0,407)		0,42 (0,411–0,429)		0,541 (0,517–0,567)		0,511 (0,473–0,551)	
КСВИ (95 % ДИ)	60,6 % (60,3–61,9)		58,0 % (57,1–58,9)		45,9 % (43,3–48,3)		48,9 % (44,9–52,7)	
t-критерий (p)	205,75 (<0,01)		94,69 (<0,01)		30,73 (<0,01)		20,97 (<0,01)	
z-критерий (p)	–		4,01 (<0,01)		9,12 (<0,01)		1,29 (>0,05)	

мунизации в срок до 1 месяца до возникновения случая, составила 9,2 % (95 % ДИ 8,72–9,72); 1–3 месяца – 29,7 % (95 % ДИ 28,94–30,52); 4–6 месяцев – 49,6 % (95 % ДИ 48,68–50,42); 7–9 месяцев – 10,4 % (95 % ДИ 9,88–10,94); более 10 месяцев – 1,1 % (95 % ДИ 0,91–1,28). Среди однократно привитых на этом этапе развития эпидемического процесса наблюдались более ранние сроки заболевания после получения одной дозы профилактических прививок. Распределение всех случаев осуществилось следующим образом: до 1 месяца – 12,5 % (95 % ДИ 11,4–13,62); 1–3 месяца – 34,9 % (95 % ДИ 33,33–36,53); 4–6 месяцев – 46,4 % (95 % ДИ 44,76–48,1); 7–9 месяцев – 5,6 % (95 % ДИ 4,85–6,4); более 10 месяцев – 0,5 % (95 % ДИ 0,27–0,74).

В 2022 г. на этапе циркуляции сублиний Omicron группы BA в группе полностью привитых отмечено снижение доли случаев со сроками в 5 месяцев на 5,0 % ($t = 14,24$; $p < 0,01$), в 6 месяцев на 14,7 % ($t = 39,10$; $p < 0,01$) и в 7 месяцев – на 4,5 % ($t = 19,60$; $p < 0,01$). Основную долю на этом этапе развития эпидемического процесса в указанной группе занимали случаи, возникшие в срок 4 месяцев после получения второй дозы вакцинации, удельный вес которых увеличился на 12,9 % по сравнению с предыдущим годом ($t = 39,90$; $p < 0,01$). Среди неполностью привитых отмечалась аналогичная тенденция развития динамики показателей, однако по сравнению с полностью привитыми в этой группе отмечены случаи статистически значимого снижения удельного веса лиц с более ранними сроками заболевания. Основную долю на этом этапе развития эпидемического процесса в указанной группе занимали

случаи, возникшие в срок 2 месяцев, удельный вес которых увеличился на 19,7 %, по сравнению с предыдущим годом ($t = 29,85$; $p < 0,01$).

В 2023 г. на этапе циркуляции сублиний Omicron группы ХВВ в группе двукратно привитых наблюдалось снижение доли случаев со сроком в 4 месяца на 4,9 % ($t = 11,54$; $p < 0,01$), однако в 2023 г. в указанной группе отмечался статистически значимый рост доли заболевших через 5 месяцев на 4,1 % ($t = 12,63$; $p < 0,01$). Основную долю занимали случаи, возникшие в срок 3 месяцев после получения второй дозы вакцинации, удельный вес которых увеличился на 6,7 % по сравнению с предыдущим годом ($t = 16,05$; $p < 0,01$). В группе лиц с нарушенной схемой вакцинации основную долю занимали случаи, возникшие через 2 месяца, их удельный вес увеличился на 2,9 % по сравнению с предыдущим годом ($t = 2,06$; $p < 0,05$).

В 2024 г. на этапе циркуляции сублиний Omicron группы JN и применения российской векторной вакцины с обновленным составом в обеих исследуемых группах наблюдалось увеличение длительности сроков заболевания после получения соответствующей схемы вакцинации. Среди населения, получившего законченный курс векторной вакцины против этой инфекции, отмечалось уменьшение доли случаев, возникших через 3 месяца, на 6,5 % ($t = 9,61$; $p < 0,01$). Основную долю занимали случаи, возникшие в срок 4 месяцев после получения второй дозы вакцинации, их удельный вес увеличился на 7,0 % по сравнению с предыдущим годом ($t = 16,05$; $p < 0,01$). В группе лиц с нарушенной схемой вакцинации наибольшую часть составляли случаи,

возникшие через 3 месяца, удельный вес которых увеличился на 8,3 % по сравнению 2023 г. ($t = 4,53$; $p < 0,01$). В этой группе также был отмечен рост доли заболевших через 4 месяца на 5,2 % ($t = 3,22$; $p < 0,01$) и через 5 месяцев на 4,2 % ($t = 2,98$; $p < 0,01$).

Обсуждение

Результаты сравнительного анализа заболеваемости привитых и непривитых против COVID-19 в 2021–2023 гг. в целом свидетельствуют об эффективности двукратной схемы вакцинации на этапах низкой и высокой заболеваемости. Отмечается негативное влияние появления в циркуляции геноварианта Omicron и его более поздних сублиний на эффективность полного курса. Нарушение схемы вакцинации приводило к более выраженному снижению эффективности иммунизации. Аналогичные результаты представлены в более ранних научных публикациях, однако эти исследования демонстрировали более высокую степень снижения эффективности используемых вакцин [17, 18, 22]. Применение обновленных средств вакцинопрофилактики оказало положительное влияние на эффективность полного курса иммунизации по всем рассматриваемым критериям.

При рассмотрении динамики развития эпидемического процесса COVID-19 отмечается наличие подъемов общей заболеваемости, которые не сопровождалось появлением новых геновариантов вируса SARS-CoV-2, что говорит о существенном влиянии сезонно действующих факторов на распространение этой инфекции. Наличие сезонных подъемов заболеваемости этой инфекцией также отмечается в ранее опубликованных исследованиях [27,28]

Результаты сравнительного анализа повторной заболеваемости привитых и непривитых против COVID-19 за 2021–2024 г. свидетельствуют о стабильной эффективности полного курса иммунизации против повторной заболеваемости на всех этапах развития эпидемического процесса этой инфекции по всем рассматриваемым критериям, в то время как нарушение схемы вакцинации приводило к снижению показателей защиты от повторных случаев с течением времени, что согласуется с данными эпидемиологических исследований о влиянии вакцинопрофилактики COVID-19 на заболеваемость [29].

Результаты эпидемиологического изучения распределения пациентов с COVID-19 по времени заболевания среди привитых после получения различного количества доз векторной вакцины на примере Ленинградской области показали умень-

шение сроков длительности иммунитета против этой инфекции в периоды смены сублиний геноварианта Omicron на варианты групп BA и XBB. Аналогичные результаты получены в иммунологических исследованиях [19, 23, 30], в которых показано более быстрое снижение вируснейтрализующей активности сывороток в отношении варианта Omicron. Применение новых средств вакцинопрофилактики и обновление состава старых вакцин привело к увеличению длительности периода от иммунизации до заболевания, однако нарушение схемы иммунизации оказывало существенное негативное влияние, сопровождаясь уменьшением этого периода на 1–2 месяца.

Заключение

Результаты исследования свидетельствуют об эффективности двукратной схемы вакцинации против первичной и повторной заболеваемости. Установлено негативное влияние появления в циркуляции геноварианта Omicron и его сублиний на эффективность полного курса, нарушения схемы вакцинации на эффективность иммунизации. Применение обновленных средств вакцинопрофилактики способствовало увеличению эффективности иммунизации по рассматриваемым критериям во всех регионах.

Список литературы

1. Горенчук А.Н., Жоголев С.Д., Кузин А.А., Куликов П.В., Жоголев К.Д., Устинов А.Е. Анализ заболеваемости COVID-19 в организованных воинских коллективах разного типа. *Вестн. Рос. воен.-мед. акад.* 2022;24(2):289–297. doi: 10.17816/brmma106464
2. Молчанова Ж.Р., Бабура Е.А., Загузов В.С., Лялина Л.В. Эпидемия COVID-19 в Калининградской области: заболеваемость, меры борьбы и профилактики. *Здоровье населения и среда обитания.* 2023;31(3):52–63. doi:10.35627/2219-5238/2023-31-3-52-63
3. Редкоус В.М. К вопросу об определении административно-правового режима обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в связи с распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19). *Вестник Пермского института ФСИН России.* 2020;37(2):90–94.
4. Акимкин В.Г., Попова А.Ю., Хафизов К.Ф., Дубоделов Д.В., Углева С.В., Семененко Т.А., Плоскирева А.А., Горелов А.В., Пшеничная Н.Ю., Ежлова Е.Б., ... Шпак И.М. COVID-19: эволюция пандемии в России. Сообщение II: динамика циркуляции геновариантов вируса SARS-CoV-2. *Ж. микробиол., эпидемиол. и иммунобиол.* 2022;99(4):381–396. doi: 10.36233/0372-9311-295
5. Gushchin V. A., Pochtoviy A.A., Kustova

- D.D., Ogarkova D.A., Tarnovetskii I.Y., Belyaeva E.D., Divisenko E.V., Vasilchenko L.A., Shidlovskaya E.V., Kuznetsova N.A., ... Gintsburg A.L. Dynamics of SARS-CoV-2 major genetic lineages in Moscow in the context of vaccine prophylaxis. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23(23):14670. doi: 10.3390/ijms232314670
6. Кузин А.А., Ланцов Е.В., Юманов А.П., Кучеров А.С., Артебякин С.В., Жарков Д.А., Куликов П.В., Волынков И.О., Пищугин Д.Ю. Взгляд военных эпидемиологов на проблему борьбы с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. *Эпидемиол. и вакцинопрофилактик.* 2021;20(3):53–59. doi:10.31631/2073-3046-2021-20-3-53-59
7. Беляков Н.А., Боева Е.В., Симакина О.Е. Светличная Ю.С., Огурцова С.В., Серебрякова С.Л., Эсауленко Е.В., Загдын З.М., Язенок А.В., Лиознов Д.А., Стома И.О. Пандемия COVID-19 и ее влияние на течение других инфекций на Северо-Западе России. *ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии.* 2022;14(1):7–24. doi:10.22328/2077-9828-2022-14-1-7-24
8. Карпова Л.С., Столяров К.А., Поповцева Н.М., Столярова Т.П., Даниленко Д.М.. Сравнение первых трех волн пандемии COVID-19 в России (2020–2021 гг.). *Эпидемиол. и вакцинопрофилактик.* 2022;21(2):4–16 doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-2-4-16
9. Logunov D.Y., Dolzhikova I.V., Shcheblyakov D.V., Tikhvatulin A.I., Zubkova O.V., Dzhurullaeva A.S., Kovyrshina A.V., Lubenets N.L., Grousova D.M., Erokhova A.S., ... Borisevich S.V. Safety and efficacy of a rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: an interim analysis of a randomised controlled phase 3 trial in Russia. *Lancet.* 2021;397(10275):671–681. doi: 10.1016/S0140-6736(21)00234-8
10. Рыжиков А.Б., Рыжиков Е.А., Богрянцева М.П., Усова С.В., Даниленко Е.Д., Нечаева Е.А., Пьянков О.В., Пьянкова О.Г., Гудымо А.С., Боднев С.А., ... Максюттов Р.А. Простое слепое плацебо-контролируемое рандомизированное исследование безопасности, реактогенности и иммуногенности вакцины «Эпиваккорона» для профилактики COVID-19 на добровольцах в возрасте 18–60 лет (фаза I–II). *Инфекц. и иммунитет.* 2021;11(2):283–296. doi: 10.15789/2220-7619-ASB-1699
11. Gordeychuk I.V., Kozlovskaya L.I., Siniugina A.A., Yagovkina N.V., Kuzubov V.I., Zakharov K.A., Volog V.P., Dodina M.S., Gmyl L.V., Korotina N.A. ... Ishmukhamedov A.A. Safety and immunogenicity of inactivated whole virion COVID-19 vaccine CoviVac in clinical trials in 18–60 and 60+ age cohorts. *Viruses.* 2023;15(9):1828. doi: 10.3390/v15091828
12. Азаров И.И., Овчинников Д.В., Кузин А.А., Ланцов Е.В., Буланьков Ю.И., Артебякин С.В., Жарков Д.А., Куликов П.В. Оценка поствакцинального коллективного иммунитета против новой коронавирусной инфекции (COVID-19) среди военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации. *Вестн. Рос. воен.-мед. акад.* 2022;24(2):267–276. doi: 10.17816/brmma106245
13. Жоголев С.Д., Горенчук А.Н., Кузин А.А., Куликов П.В., Жоголев К.Д., Апчел В.Я., Сергеев Т.С., Ланцов Е.В., Артебякин С.В., Жарков Д.А. Оценка иммуногенности и реактогенности вакцины «Спутник V» при ее применении у военнослужащих. *Вестн. Рос. воен.-мед. акад.* 2021;23(4):147–152. doi: 10.17816/brmma80760
14. Драпкина О. М., Бернс С. А., Горшков А. Ю., Рыжакова Л.Н., Жданова О.В., Чашин М.Г., Литинская О.А. Реактогенность различных схем вакцинации против COVID-19. *Кардиоваскуляр. терапия и профилактик.* 2022;21(12):33–40. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3476
15. Gladkikh A.S., Dedkov V.G., Sharova A.A., Klyuchnikova E.O., Sbarzaglia V., Kanaeva O.I., Arbuzova T.V., Tsyganova N.A., Popova A.Y., Ramsay E., Totolian A.A. Epidemiological features of COVID-19 in Northwest Russia in 2021. *Viruses.* 2022;14(5):931. doi: 10.3390/v14050931
16. Gladkikh A.S., Dedkov V.G., Sharova A.A., Klyuchnikova E.O., Sbarzaglia V., Arbuzova T.V., Forghani M., Ramsay E., Dolgova A.S., Shabalina A.V., Tsyganova N.A., Totolian A.A. Uninvited guest: arrival and dissemination of omicron lineage SARS-CoV-2 in St. Petersburg, Russia. *Microorganisms.* 2022;10(8):1676. doi: 10.3390/microorganisms10081676
17. Дарьина М. Г., Любимова А. В., Светличная Ю. С., Захватова А.С., Язенок А.В., Харит С.М., Асланов Б.И. Оценка эффективности иммунизации населения Санкт-Петербурга против новой коронавирусной инфекции (COVID-19). *Эпидемиол. и вакцинопрофилактик.* 2022;21(5):21–28. doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-5-21-28
18. Мурзина А.А., Зубков А.В., Свитич О.А., Каира А.Н. Иммунологическая эффективность вакцинации против COVID-19 у сотрудников медицинских учреждений различного профиля: психиатрического стационара и областной больницы. *Эпидемиол. и вакцинопрофилактик.* 2023;22(6):90–98. doi: 10.31631/2073-3046-2023-22-6-90-98
19. Gushchin V.A., Dolzhikova I.V., Shchetinin A.M., Odintsova A.S., Siniavin A.E., Nikiforova M.A., Pochtovyi A.A., Shidlovskaya E.V., Kuznetsova N.A., Burgasova O.A. ... Gintsburg A.L. Neutralizing activity of sera from Sputnik V-vaccinated people against variants of concern (VOC: B. 1.1. 7, B. 1.351, P. 1, B. 1.617. 2, B. 1.617. 3) and Moscow endemic SARS-CoV-2 variants. *Vaccines (Basel).* 2021;9(7):779. doi: 10.3390/vaccines9070779
20. Dolzhikova I.V., Gushchin V.A., Shcheblyakov D.V., Tsybin A.N., Shchetinin A.M., Pochtovyi A.A., Komissarov A.B., Kleymenov D.A., Kuznetsova N.A., Tikhvatulin A.I. ... Gintsburg A.L. One-shot immunization with Sputnik Light (the first component of Sputnik V vaccine) is effective

against SARS-CoV-2 Delta variant: efficacy data on the use of the vaccine in civil circulation in Moscow. *medRxiv*. 2021;2021.10.08.21264715. doi: 10.1101/2021.10.08.21264715

21. Dolzhikova I.V., Iliukhina A.A., Kovyrshina A.V., Kuznetsova A.V., Gushchin V.A., Siniavin A.E., Pochtovyi A.A., Shidlovskaya E.V., Kuznetsova N.A., Megeryan M.M., ... Gintsburg A.L. Sputnik Light booster after Sputnik V vaccination induces robust neutralizing antibody response to B.1.1.529 (Omicron) SARS-CoV-2 variant. *medRxiv*. 2021;2021.12.17.21267976. doi: 10.1101/2021.12.17.21267976

22. Lippi G., Mattiuzzi C., Henry B.M. Neutralizing potency of COVID-19 vaccines against the SARS-CoV-2 Omicron (B. 1.1. 529) variant. *J. Med. Virol.* 2022;94(5):1799. doi: 10.1002/jmv.27575

23. Lapa D., Grousova D.M., Matusali G., Meschi S., Colavita F., Bettini A., Gramigna G., Francalancia M., Garbuglia A.R., Girardi E., ... Gintsburg A.L. Retention of neutralizing response against SARS-CoV-2 omicron variant in Sputnik V-Vaccinated individuals. *Vaccines (Basel)*. 2022;10(5):817. doi: 10.3390/vaccines10050817

24. Shkoda A.S., Gushchin V.A., Ogarkova D.A., Stavitskaya S.V., Orlova O.E., Kuznetsova N.A., Keruntu E.N., Pochtovyi A.A., Pukhov A.V., Kleymenov D.A., ... Gintsburg A.L. Sputnik V effectiveness against hospitalization with COVID-19 during Omicron dominance. *Vaccines (Basel)*. 2022;10(6):938. doi: 10.3390/vaccines10060938

25. Dolzhikova I.V., Tikhvatulin A.I., Grousova D.M., Zorkov I.D., Komyakova M.E., Ilyukhina A.A., Kovyrshina A.V., Shelkov A.Y., Botikov A.G., Samokhvalova E.G., ... Gintsburg A.L. Immunogenicity and protectivity of Sputnik V vaccine in hACE2-transgenic mice against homologous and heterologous SARS-CoV-2 lineages including far-distanced Omicron BA.5. *Vaccines (Basel)*. 2024;12:1152. doi: 10.3390/vaccines12101152

26. Rabdano S.O., Ruzanova E.A., Vertyachikh A.E., Teplykh V.A., Emelyanova A.B., Rudakov G.O., Arakelov S.A., Pletyukhina I.V., Saveliev N.S., Lukovenko A.A. ... Clinical Trial Group. N-protein vaccine is effective against COVID-19: Phase 3, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *J. Infect.* 2024;89(5):106288. doi: 10.1016/j.jinf.2024.106288

27. Карпова Л.С., Пелих М.Ю., Поповцева Н.М., Столярова Т.П., Волик К.М., Столяров К.А. Коронавирусная инфекция, вызванная вариантом «омикрон» и его дочерними геновариантами в России (2022–2023 гг.). *Эпидемиол. и вакцинопрофилактика*. 2024;23(2):36–49. doi: 10.31631/2073-3046-2024-23-2-36-49

28. Сизикова Т.Е., Карулина Н.В., Петров А.А., Лебедев В.Н., Борисевич С.В. Сублинии геноварианта «омикрон» вируса SARS-CoV-2 как потенциальные доминирующие агенты новых подъемов

заболеваемости COVID-19 в России. *Вестн. во-йск радиац., хим. и биол. защиты*. 2023;7(4):338–349. doi: 10.35825/2587-5728-2023-7-4-338-349

29. Богородская Е. М., Ноздревых И.В., Христофорова Е.Л., Белиловский Е.М. Влияние иммунизации противокоронавирусными вакцинами на заболеваемость COVID-19 сотрудников крупного противотуберкулезного учреждения Москвы. *Эпидемиол. и вакцинопрофилактика*. 2022;21(2):46–58. doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-2-46-58

30. Kulemzin S.V., Guselnikov S.V., Nekrasov B.G., Molodykh S.V., Kuvshinova I.N., Murasheva S.V., Belovezhets T.N., Gorchakov A.A., Chikae A.N., Chikae N.A., ... Taranin A.V. Hybrid immunity from Gam-COVID-Vac vaccination and natural SARS-CoV-2 infection confers broader neutralizing activity against Omicron lineage VOCs than revaccination or reinfection. *Vaccines (Basel)*. 2024;12(1):55. doi: 10.3390/vaccines12010055

References

1. Gorenchuk A.N., Zhogolev S.D., Kuzin A.A., Kulikov P.V., Zhogolev K.D., Ustinov A.E. Analysis of the incidence of COVID-19 in organized military collectives of various types. *Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii = Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2022;24(2):289–297. [In Russian]. doi: 10.17816/brmma106464

2. Molchanova Zh.R., Babura E.A., Zaguzov V.S., Lyalina L.V. COVID-19 epidemic in the Kaliningrad region: incidence, control and prevention measures. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya = Public Health and Life Environment*. 2023;31(3):52–63. [In Russian]. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-3-52-63

3. Redkous V.M. On the issue of determining the administrative and legal regime for ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population in connection with the spread of the new coronavirus infection (COVID-19). *Vestnik Permskogo instituta FSIN Rossii = Bulletin of the Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia*. 2020;37(2):90–94. [In Russian].

4. Akimkin V.G., Popova A.Yu., Khafizov K.F., Dubodelov D.V., Ugleva S.V., Semenenko T.A., Ploskireva A.A., Gorelov A.V., Pshenichnaya N.Yu., Ezhlova E.B., ... Shpak I.M. COVID-19: the evolution of the pandemic in Russia. Message II: dynamics of circulation of genovariants of the SARS-CoV-2 virus. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2022;99(4):381–396. [In Russian]. doi: 10.36233/0372-9311-295

5. Gushchin V. A., Pochtoviy A.A., Kustova D.D., Ogarkova D.A., Tarnovetskii I.Y., Belyaeva E.D., Divisenko E.V., Vasilchenko L.A., Shidlovskaya E.V., Kuznetsova N.A., ... Gintsburg A.L. Dynamics of SARS-CoV-2 major genetic lineages in Moscow

in the context of vaccine prophylaxis. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23(23):14670. doi: 10.3390/ijms232314670

6. Kuzin A.A., Lantsov E.V., Yumanov A.P., Kuchero A.S., Artebyakin S.V., Zharkov D.A., Kulikov P.V., Volynkov I.O., Pishchugin D.Yu. View of military epidemiologists on the problem of global spread of a new coronavirus infection. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2021;20(3):53–59. [In Russian]. doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-3-53-59

7. Belyakov N.A., Boeva E.V., Simakina O.E., Svetlichnaya Yu.S., Ogurtsova S.V., Serebryakova S.L., Esaulenko E.V., Zagdin Z.M., Yazenok A.V., Lioznov D.A., Stoma I.O. COVID-19 pandemic and its impact on other infections in Northwest Russia. *VICH-infektsiya i immunosuppressii = HIV Infection and Immunosuppressive Disorders*. 2022;14(1):7–24. [In Russian]. doi: 10.22328/2077-9828-2022-14-1-7-24

8. Karpova L.S., Stolyarov K.A., Popovtseva N.M., Stolyarova T.P., Danilenko D.M. Comparison of the first three waves of the COVID-19 pandemic in Russia (2020–2021). *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*. 2022;21(2):416. [In Russian]. doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-2-4-16

9. Logunov D.Y., Dolzhikova I.V., Shcheblyakov D.V., Tikhvatulin A.I., Zubkova O.V., Dzharulayeva A.S., Kovyrshina A.V., Lubenets N.L., Grousova D.M., Erokhova A.S., ... Borisevich S.V. Safety and efficacy of a rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: an interim analysis of a randomised controlled phase 3 trial in Russia. *Lancet*. 2021;397(10275):671–681. doi: 10.1016/S0140-6736(21)00234-8

10. Ryzhikov A.B., Ryzhikov E.A., Bogryantseva M.P., Usova S.V., Danilenko E.D., Nechaeva E.A., Pyankov O.V., Pyankova O.G., Gudymo A.S., Bodnev S.A., ... Maksyutov R.A. A single blind, placebo-controlled randomized study of the safety, reactogenicity and immunogenicity of the “EpiVacCorona” Vaccine for the prevention of COVID-19, in volunteers aged 18–60 years (phase I–II). *Infektsiya i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*. 2021;11(2):283–296. doi: 10.15789/2220-7619-ASB-1699

11. Gordeychuk I.V., Kozlovskaya L.I., Siniugina A.A., Yagovkina N.V., Kuzubov V.I., Zakharov K.A., Volok V.P., Dodina M.S., Gmyl L.V., Korotina N.A. ... Ishmukhamedov A.A. Safety and immunogenicity of inactivated whole virion COVID-19 vaccine CoviVac in clinical trials in 18–60 and 60+ age cohorts. *Viruses*. 2023;15(9):1828. doi: 10.3390/v15091828

12. Azarov I.I., Ovchinnikov D.V., Kuzin A.A., Lantsov E.V., Bulankov Yu.I., Artebyakin S.V., Zharkov D.A., Kulikov P.V. Assessment of post-vaccination collective immunity against new coronavirus infection (COVID-19) among servicemen of the Armed Forces of the Russian Federation. *Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii = Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2022;24(2):267–276. [In Russian]. doi: 10.17816/brmma106245

13. Zhogolev S.D., Gorenchuk A.N., Kuzin A.A., Kulikov P.V., Zhogolev K.D., Apchel V.Ya., Sergeev T.S., Lantsov E.V., Artebyakin S.V., Zharkov D.A. Evaluation of the immunogenicity and reactogenicity of the Sputnik V vaccine when used in military personnel. *Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akademii = Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2021;23(4):147–152. [In Russian]. doi: 10.17816/brmma80760

14. Drapkina O. M., Burns S. A., Gorshkov A. Yu., Ryzhakova L. N., Zhdanova O. V., Chashchin M. G., Litinskaya O. A. Reactogenicity of various COVID-19 vaccination regimens. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika = Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(12):33–40. [In Russian]. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3476

15. Gladkikh A.S., Dedkov V.G., Sharova A.A., Klyuchnikova E.O., Sbarzaglia V., Kanaeva O.I., Arbuzova T.V., Tsyganova N.A., Popova A.Y., Ramsay E., Totolian A.A. Epidemiological features of COVID-19 in Northwest Russia in 2021. *Viruses*. 2022;14(5):931. doi: 10.3390/v14050931

16. Gladkikh A.S., Dedkov V.G., Sharova A.A., Klyuchnikova E.O., Sbarzaglia V., Arbuzova T.V., Forghani M., Ramsay E., Dolgova A.S., Shabalina A.V., Tsyganova N.A., Totolian A.A. Uninvited Guest: Arrival and Dissemination of Omicron Lineage SARS-CoV-2 in St. Petersburg, Russia. *Microorganisms*. 2022;10(8):1676. doi: 10.3390/microorganisms10081676

17. Daryina M.G., Lyubimova A.V., Svetlichnaya Yu.S., Zakhvatova A.S., Yazenok A.V., Kharit S.M., Aslanov B.I. Evaluation of the effectiveness of immunization Saint-Petersburg population against COVID-19. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*. 2022;21(5):21–28. [In Russian]. doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-5-21-28

18. Murzina A.A., Zubkov A.V., Svitich O.A., Kaira A.N. Immunological effectiveness of vaccination against COVID-19 in employees of medical institutions of various profiles: psychiatric hospital and regional hospital. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*. 2023;22(6):90–98. [In Russian]. doi: 10.31631/2073-3046-2023-22-6-90-98

19. Gushchin V.A., Dolzhikova I.V., Shchetinin A.M., Odintsova A.S., Siniavin A.E., Nikiforova M.A., Pochtovyi A.A., Shidlovskaya E.V., Kuznetsova N.A., Burgasova O.A. ... Gintsburg A.L. Neutralizing activity of sera from Sputnik V-vaccinated people against variants of concern (VOC: B. 1.1. 7, B. 1.351, P. 1, B. 1.617. 2, B. 1.617. 3) and Moscow endemic SARS-CoV-2 variants. *Vaccines (Basel)*. 2021;9(7):779. doi: 10.3390/vaccines9070779

20. Dolzhikova I.V., Gushchin V.A., Shcheblyakov D.V., Tsybin A.N., Shchetinin A.M., Pochtovyi A.A., Komissarov A.B., Kleymenov D.A., Kuznetsova N.A.,

- Tukhvatulin A.I. ... Gintsburg A.L. One-shot immunization with Sputnik Light (the first component of Sputnik V vaccine) is effective against SARS-CoV-2 Delta variant: efficacy data on the use of the vaccine in civil circulation in Moscow. *medRxiv*. 2021;2021.10.08.21264715. doi: 10.1101/2021.10.08.21264715
21. Dolzhikova I.V., Iliukhina A.A., Kovyrshina A.V., Kuznetsova A.V., Gushchin V.A., Siniavin A.E., Pochtovyi A.A., Shidlovskaya E.V., Kuznetsova N.A., Megeryan M.M., ... Gintsburg A.L. Sputnik Light booster after Sputnik V vaccination induces robust neutralizing antibody response to B.1.1.529 (Omicron) SARS-CoV-2 variant. *medRxiv*. 2021;2021.12.17.21267976. doi: 10.1101/2021.12.17.21267976
22. Lippi G., Mattiuzzi C., Henry B.M. Neutralizing potency of COVID-19 vaccines against the SARS-CoV-2 Omicron (B. 1.1. 529) variant. *J. Med. Virol*. 2022;94(5):1799. doi: 10.1002/jmv.27575
23. Lapa D., Grousova D.M., Matusali G., Meschi S., Colavita F., Bettini A., Gramigna G., Francalancia M., Garbuglia A.R., Girardi E., ... Gintsburg A.L. Retention of neutralizing response against SARS-CoV-2 omicron variant in Sputnik V-Vaccinated individuals. *Vaccines (Basel)*. 2022;10(5):817. doi: 10.3390/vaccines10050817
24. Shkoda A.S., Gushchin V.A., Ogarkova D.A., Stavitskaya S.V., Orlova O.E., Kuznetsova N.A., Keruntu E.N., Pochtovyi A.A., Pukhov A.V., Kleymenov D.A., ... Gintsburg A.L. Sputnik V effectiveness against hospitalization with COVID-19 during Omicron dominance. *Vaccines (Basel)*. 2022;10(6):938. doi: 10.3390/vaccines10060938
25. Dolzhikova I.V., Tukhvatulin A.I., Grousova D.M., Zorkov I.D., Komyakova M.E., Ilyukhina A.A., Kovyrshina A.V., Shelkov A.Y., Botikov A.G., Samokhvalova E.G., ... Gintsburg A.L. Immunogenicity and protectivity of Sputnik V vaccine in hACE2-transgenic mice against homologous and heterologous SARS-CoV-2 lineages including far-distanced Omicron BA.5. *Vaccines (Basel)*. 2024;12:1152. doi: 10.3390/vaccines12101152
26. Rabdano S.O., Ruzanova E.A., Vertyachikh A.E., Teplykh V.A., Emelyanova A.B., Rudakov G.O., Arakelov S.A., Pletyukhina I.V., Saveliev N.S., Lukovenko A.A. ... Clinical Trial Group. N-protein vaccine is effective against COVID-19: Phase 3, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *J. Infect*. 2024;89(5):106288. doi: 10.1016/j.jinf.2024.106288
27. Karpova L.S., Pelikh M.Yu., Popovtseva N.M., Stolyarova T.P., Volik K.M., Stolyarov K.A. Coronavirus infection caused by the “omicron” variant and its daughter genovariants in Russia (2022-2023). *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*. 2024;23(2):36–49. [In Russian]. doi: 10.31631/2073-3046-2024-23-2-36-49
28. Sizikova T.E., Karulina N.V., Petrov A.A., Lebedev V.N., Borisevich S.V. Sublines of the “omicron” genovariant of the SARS-CoV-2 virus as potential dominant agents of new increases in COVID-19 incidence in Russia. *Vestnik voysk radiatsionnoy, khimicheskoy i biologicheskoy (RKHB) zashchity = Bulletin of the radiation, chemical and biological (RCB) Protection Troops*. 2023;7(4):338–349. [In Russian]. doi: 10.35825/2587-5728-2023-7-4-338-349
29. Bogorodskaya E.M., Nozdrevatykh I.V., Khris-toforova E.L., Belilovsky E.M. The impact of immunization with anti-coronavirus vaccines on the incidence of COVID-19 in employees of a large anti-tuberculosis institution in Moscow. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*. 2022;21(2):46–58. [In Russian]. doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-2-46-58
30. Kulemzin S.V., Guselnikov S.V., Nekrasov B.G., Molodykh S.V., Kuvshinova I.N., Murasheva S.V., Belovezhets T.N., Gorchakov A.A., Chikae A.N., Chikae N.A., ... Taranin A.V. Hybrid immunity from Gam-COVID-Vac vaccination and natural SARS-CoV-2 infection confers broader neutralizing activity against Omicron lineage VOCs than revaccination or reinfection. *Vaccines*. 2024;12(1):55. doi: 10.3390/vaccines12010055

Сведения об авторах:

Загузов Виталий Сергеевич, ORCID: 0000-0003-1805-7817, e-mail: zaguzov.vs@gmail.com
Лялина Людмила Владимировна, д.м.н., проф., ORCID: 0000-0001-9921-3505, e-mail: lyalina@pasteurorg.ru
Ветров Вячеслав Вячеславович, к.м.н., ORCID: 0000-0002-6557-9290, e-mail: vvv-3@bk.ru
Молчанова Жанна Руслановна, ORCID: 0000-0002-2704-7832, e-mail: zhanna.molchanova92@mail.ru
Чугунова Галина Владимировна, ORCID: 0009-0009-3731-5691, e-mail: moorzakova@yandex.ru
Ревенко Алексей Борисович, ORCID: 0009-0006-6681-9125, e-mail: revenko_05@mail.ru
Петухова Марина Борисовна, ORCID: 0009-0007-3399-6835, e-mail: petuhova_mb@gsenkomi.ru
Калинина Елена Леонидовна, ORCID: 0009-0007-0568-7226 e-mail: epid_upr@60.rospotrebnadzor.ru

Information about the authors:

Vitaliy S. Zaguzov, ORCID: 0000-0003-1805-7817, e-mail: zaguzov.vs@gmail.com
Liudmila V. Lyalina, doctor of medical sciences, professor, ORCID: 0000-0001-9921-3505,
e-mail: lyalina@pasteurorg.ru
Vyacheslav V. Vetrov, candidate of medical sciences, ORCID: 0000-0002-6557-9290, e-mail: vvv-3@bk.ru
Zhanna R. Molchanova, ORCID: 0000-0002-2704-7832, e-mail: zhanna.molchanova92@mail.ru
Galina V. Chugunova, ORCID: 0009-0009-3731-5691, e-mail: moorzakova@yandex.ru
Alexey B. Revenko, ORCID: 0009-0006-6681-9125, e-mail: revenko_05@mail.ru
Marina B. Petukhova, ORCID: 0009-0007-3399-6835, e-mail: petuhova_mb@gsenkomi.ru
Elena L. Kalinina, ORCID: 0009-0007-0568-7226, e-mail: epid_upr@60.rospotrebnadzor.ru

Поступила в редакцию 04.07.2025

После доработки 22.07.2025

Принята к публикации 06.11.2025

Received 04.07.2025

Revision received 22.07.2025

Accepted 06.11.2025