

Иммунологическая эффективность вакцинации против COVID-19 у сотрудников медицинских учреждений различного профиля: психиатрического стационара и областной больницы

А. А. Мурзина*, А. В. Зубков, О. А. Свитич, А. Н. Каира

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И. И. Мечникова», Москва

Резюме

Введение. На территории РФ массовая вакцинация населения признана приоритетной стратегией здравоохранения против COVID-19, широкое применение получила вакцина Гам-КОВИД-Вак (Спутник V). Основной группой риска, которая подлежит первоочередной вакцинации, являются сотрудники медицинских организаций (МО). Определение IgG к SARS-CoV-2 является важным параметром для оценки напряженности и длительности поствакцинального иммунитета. **Цель.** Изучение иммунологической эффективности вакцины Гам-КОВИД-Вак при иммунизации сотрудников психиатрического стационара и областной больницы. **Материалы и методы.** Исследовались сыворотки крови 410 сотрудников двух МО различного профиля, привитых по полной схеме вакциной Гам-КОВИД-Вак, на наличие IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 с применением Набора реагентов «SARS-CoV-2-IgG количественный-ИФА-БЕСТ» и IgG к NC SARS-CoV-2 с помощью Набора реагентов «ИФА анти-SARS-CoV-2 IgG». **Результаты и обсуждение.** Специфические IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 после вакцинации препаратом Гам-КОВИД-Вак были обнаружены у 92,9% сотрудников психиатрического стационара и у 98,0% – областной больницы. Антитела класса G к SARS-CoV-2 с уровнем 300 BAU/ml и более выявлены у 11,6% сотрудников психиатрического стационара и у 70,0% областной больницы, что связано с наименьшей долей лиц в психиатрическом стационаре с гибридным иммунитетом, чем в областной больнице (67,4% против 89,0% соответственно). В ходе исследования была выявлена разница в уровне IgG к RBD Spike SARS-CoV-2: 178,0 BAU/ml у сотрудников психиатрического стационара и 366,0 BAU/ml – областной больницы. У сотрудников психиатрического стационара уровень IgG был самым высоким в период до 3 месяцев от завершённой вакцинации (166,4 BAU/ml), у сотрудников областной больницы – от 3 до 6 месяцев (362,8 BAU/ml), далее количество антител снижалось, что свидетельствует о важности мониторинга антител класса G к SARS-CoV-2 в разные сроки после прививки. Среди сотрудников двух МО преобладали легкие формы течения заболевания COVID-19. **Заключение.** Установлена высокая иммунологическая эффективность вакцинации против COVID-19 препаратом Гам-КОВИД-Вак при иммунизации сотрудников двух МО, а также показана необходимость серологического мониторинга с целью контроля иммунитета против COVID-19.

Ключевые слова: коронавирусная инфекция, COVID-19, вакцинация, Гам-КОВИД-Вак, медицинские работники, антитела класса G, гибридный иммунитет
Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Мурзина А. А., Зубков А. В., Свитич О. А. и др. Иммунологическая эффективность вакцинации против COVID-19 у сотрудников медицинских учреждений различного профиля: психиатрического стационара и областной больницы. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2023;22(6):90-98. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2023-22-6-90-98>

Immunological Efficacy of Vaccination against COVID-19 in Employees of Medical Institutions of Various Profiles: Psychiatric Hospital and Regional Hospital

AA Murzina**, AV Zubkov, OA Svitich, AN Kaira

Federal State Budgetary Scientific Institution «Research Institute of Vaccines and Serums them. I.I. Mechnikov», Moscow, Russia

Abstract

Relevance. On the territory of the Russian Federation, mass vaccination of the population is recognized as a priority health strategy against COVID-19, Gam-COVID-Vac vaccine has been widely used. The main risk group, which is subject to priority vaccination,

* Для переписки: Мурзина Алёна Андреевна, научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и мониторинга инфекционных заболеваний, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И. И. Мечникова», г. Москва, Малый Казенный пер., д.5а. +7 (910) 095-27-47, alena_11_08@mail.ru. ©Мурзина А. А. и др.

** For correspondence: Murzina Alena A., Researcher at the Laboratory of Epidemiological Analysis and Monitoring of Infectious Diseases, Federal State Budgetary Scientific Institution «Research Institute of Vaccines and Serums them. I.I. Mechnikov», 5A, Maly Kazenny lane, Moscow, 105064, Russia. +7 (910) 095-27-47, alena_11_08@mail.ru. ©Murzina AA, et al.

are employees of medical organizations (MO). The determination of IgG to SARS-CoV-2 is an important parameter for assessing the intensity and duration of post-vaccination immunity. **Aims.** Study the immunological efficacy of the vaccine Gam-COVID-Vac used by employees of a psychiatric hospital and a regional hospital. **Materials and methods.** A study of the blood sera of 410 employees of two MO of various profiles who received one full course of the Gam-COVID-Vac vaccine for the presence of IgG to RBD Spike SARS-CoV-2 using a set of reagents «SARS-CoV-2-IgG quantitative-ELISA-BEST» and IgG to NC SARS-CoV-2 using a set of reagents «ELISA anti-SARS-CoV-2 IgG». **Results and discussion.** Specific IgG to RBD Spike SARS-CoV-2 after vaccination with «Gam-COVID-Vac» were found in 92.9% of psychiatric hospital staff and 98.0% of the regional hospital. Antibodies of class G to SARS-CoV-2 with a level of 300 BAU/ml or more were detected in 11.6% of psychiatric hospital staff and in 70.0% of regional hospitals, which is associated with the smallest proportion of persons in a psychiatric hospital with hybrid immunity than in a regional hospital (67.4% vs. 89.0%, respectively). A study of employees of the Ministry of Defense of various profiles revealed a difference in the level of IgG to RBD Spike SARS-CoV-2: 178.0 BAU/ml in a psychiatric hospital and 366.0 BAU/ml in a regional hospital. In a psychiatric hospital, the IgG level was highest up to 3 months after the completed vaccination – 166.4 BAU/ml, in a regional hospital from 3 to 6 months – 362.8 BAU/ml, then the number of antibodies decreases, which indicates the importance of monitoring for class G antibodies to SARS-CoV-2 at different times after vaccinations. Among the employees of the two MO, mild forms of the COVID-19 disease prevailed. **Conclusion.** Thus, the high immunological effectiveness of vaccination against COVID-19 with Gam-COVID-Vac was established in a group of employees of two MO, and the need for serological monitoring for the purpose of revaccination was also shown.

Keywords: coronavirus infection, COVID-19, vaccination, Gam-COVID-Vac, medical workers, class G antibodies, hybrid immunity
No conflict of interest to declare.

For citation: Murzina AA, Zubkov AV, Svitich OA, et al. Immunological efficacy of vaccination against COVID-19 in employees of medical institutions of various profiles: psychiatric hospital and regional hospital. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2023;22(6):90-98 (In Russ.). <https://doi:10.31631/2073-3046-2023-22-6-90-98>

Введение

Прошло более 3 лет с момента, когда в Китае была впервые зарегистрирована вспышка коронавируса SARS-CoV-2, но пандемия COVID-19 продолжает оставаться проблемой мирового значения. С конца 2020 г. с профилактической целью в мире и в России проводится вакцинация против COVID-19. В РФ против вируса SARS-CoV-2 наиболее широкое применение получила вакцина Гам-КОВИД-Вак (Спутник V), разработанная НИЦЭМ им. Н. Ф. Гамалеи. В начале пандемии вакцина показала высокую иммунологическую эффективность, в т.ч. при иммунизации сотрудники медицинских организаций (МО) [1,2]. В ответ на вакцинацию формировались специфические IgG к SARS-CoV-2 – маркеры гуморального иммунного ответа. У 98% вакцинированных Гам-КОВИД-Вак IgG определяются через 1 месяц, через 3 месяца – у 86%, через 6 месяцев – у 76% [3]. Со временем стало известно, что ожидаемая эффективность вакцины против COVID-19 снижается, а антитела к вирусу SARS-CoV-2 после вакцинации не всегда защищают от повторного заболевания [4,5]. Исчерпывающей информации о величине защитного уровня антител и продолжительности их сохранения после вакцинации, а также об иммунологической защищенности медицинского персонала в настоящее время нет [6–9].

На сегодня уже известно, что многие медицинские работники перенесли инфекцию COVID-19. Специфические IgG к S-белку SARS-CoV-2 после вакцинации и после перенесенного заболевания выявляются в сыворотке крови от 36 дней до 12 месяцев [10–13]. Актуальным остается вопрос о длительности сохранения и напряженности

иммунного ответа после инфицирования и вакцинации против COVID-19, при этом практически отсутствуют данные об эффективности использования вакцины в медицинских учреждениях закрытого типа.

Цель исследования – изучение иммунологической эффективности вакцины Гам-КОВИД-Вак при иммунизации сотрудников психиатрического стационара и областной больницы.

Материалы и методы

Материалом для исследования были сыворотки крови (n = 410), отобранные у сотрудников специализированного многопрофильного психиатрического стационара закрытого типа ГБУЗ МО «Психиатрическая больница им. В. И. Яковенко» (n = 310) и крупного многопрофильного учреждения открытого типа ГАУЗ МО «Химкинская областная больница» (n = 100). На момент проведения исследования, согласно официальным статистическим данным, все сотрудники были привиты двукратно вакциной Гам-КОВИД-Вак. Все участники дали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБНУ «НИИВС им. И. М. Мечникова» (протокол № 9 от 09.12.2022).

Для определения IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 использовали Набор реагентов для иммуноферментного количественного определения иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2 «SARS-CoV-2-IgG количественный-ИФА-БЕСТ» (АО «Вектор-БЕСТ», Россия, № РЗН 2022/17065). Для выявления IgG к NC SARS-CoV-2 применялся Набор реагентов для анализа сыворотки или плазмы

крови человека на наличие специфических иммуноглобулинов класса G к нуклеокапсиду вируса SARS-CoV-2 методом иммуноферментного анализа (Набор реагентов «ИФА анти-SARS-CoV-2 IgG») по ТУ 21.20.23.-356-78095326-2021, Россия, ФБУН ГНЦ ПМБ. Результаты количественного теста выразились в BAU/мл (binding antibodies unit) – международный стандарт определения иммуноглобулинов, принятый Всемирной организацией здравоохранения.

Сотрудников МО, у которых были выявлены специфические антитела, разделили на группы: с гибридным иммунитетом (IgG к RBD Spike и NC SARS-CoV-2) и с поствакцинальным иммунитетом (IgG к RBD Spike SARS-CoV-2).

Была разработана анкета для получения сведений о вакцинации, дате введения второго компонента, а также об официально подтвержденном перенесенном COVID-19.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения: Origin 2019b (OriginLab Corporation) и Microsoft Office Excel 2019. Проведены расчеты доверительных интервалов 95,0% по методу Клоппера-Пирсона [14]. Данные представлены в виде медианы и межквартильного интервала или процентов.

Для оценки достоверности различий между группами применялся критерий Стьюдента (t-критерий). Критерий Манна-Уитни использовали для сравнения медианных значений выявленных антител в группах пациентов. Различия показателей считали статистически значимыми при значении $p < 0,05$.

Результаты

После вакцинации Гам-КОВИД-Вак IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 выявляли у 92,9% работников

психиатрического стационара и у 98,0% сотрудников областной больницы. Антитела класса G с уровнем менее 13 BAU/ml были обнаружены у 7,1% и 2,0% обследованных соответственно, что интерпретировалось как отсутствие специфического иммунного ответа.

У сотрудников психиатрического стационара медиана уровня IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 составила 178,0 BAU/ml (110,4–272,2), у сотрудников областной больницы – 366,0 BAU/ml (238,5–386,0): напряженность гуморального иммунитета по показателю уровня специфических антител против SARS-CoV-2 достоверно ниже у сотрудников психиатрического стационара ($p < 0,05$) (рис. 1).

Специфические IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 с уровнем более 300 BAU/ml имели только 11,6% сотрудников психиатрического стационара и 70,0% работников областной больницы, с уровнями от 150 до 300 BAU/ml было выявлено 41,9% и 14,0%, от 13 до 150 BAU/ml – 39,4% и 14,0% медицинских работников соответственно (рис. 2).

Специфические антитела класса G к RBD Spike SARS-CoV-2 определялись в разные сроки от завершённой вакцинации: у 62,8% сотрудников психиатрического стационара до 3 месяцев, у 25% – от 3 до 6 месяцев и от 6 месяцев до 1 года у 12,2%. В областной больнице у 21,4% привитых сотрудников IgG выявлялись в срок до 3 месяцев, от 3 до 6 месяцев – у 12,2% и от 6 месяцев до 1 года – у 66,3% (рис. 3).

Уровень специфических антител к SARS-CoV-2 у сотрудников психиатрического стационара после вакцинации был самым высоким в трехмесячный поствакцинальный период и составлял 166,4 BAU/ml, от 3 до 6 месяцев и от 6 месяцев и более – 110,8 BAU/ml и 116,3 BAU/ml соответственно.

Рисунок 1. Уровни IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 (BAU/ml) у сотрудников психиатрического стационара и областной больницы

Figure 1. IgG Levels to RBD Spike SARS-CoV-2 (BAU/ml) in Psychiatric hospital and regional hospital staff

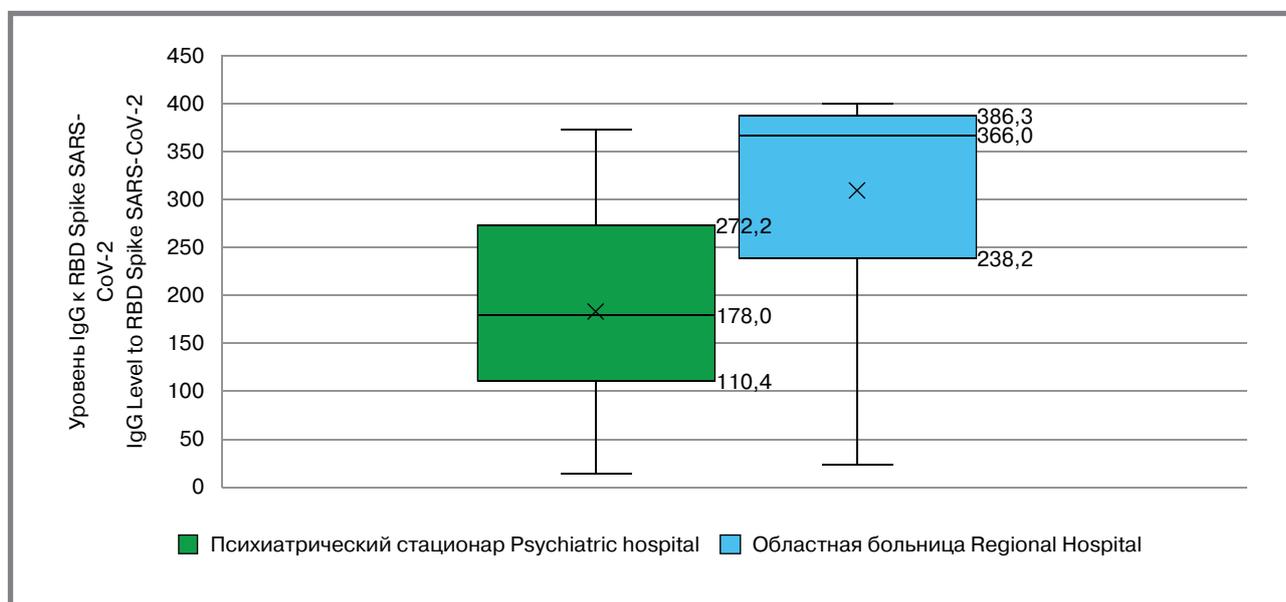
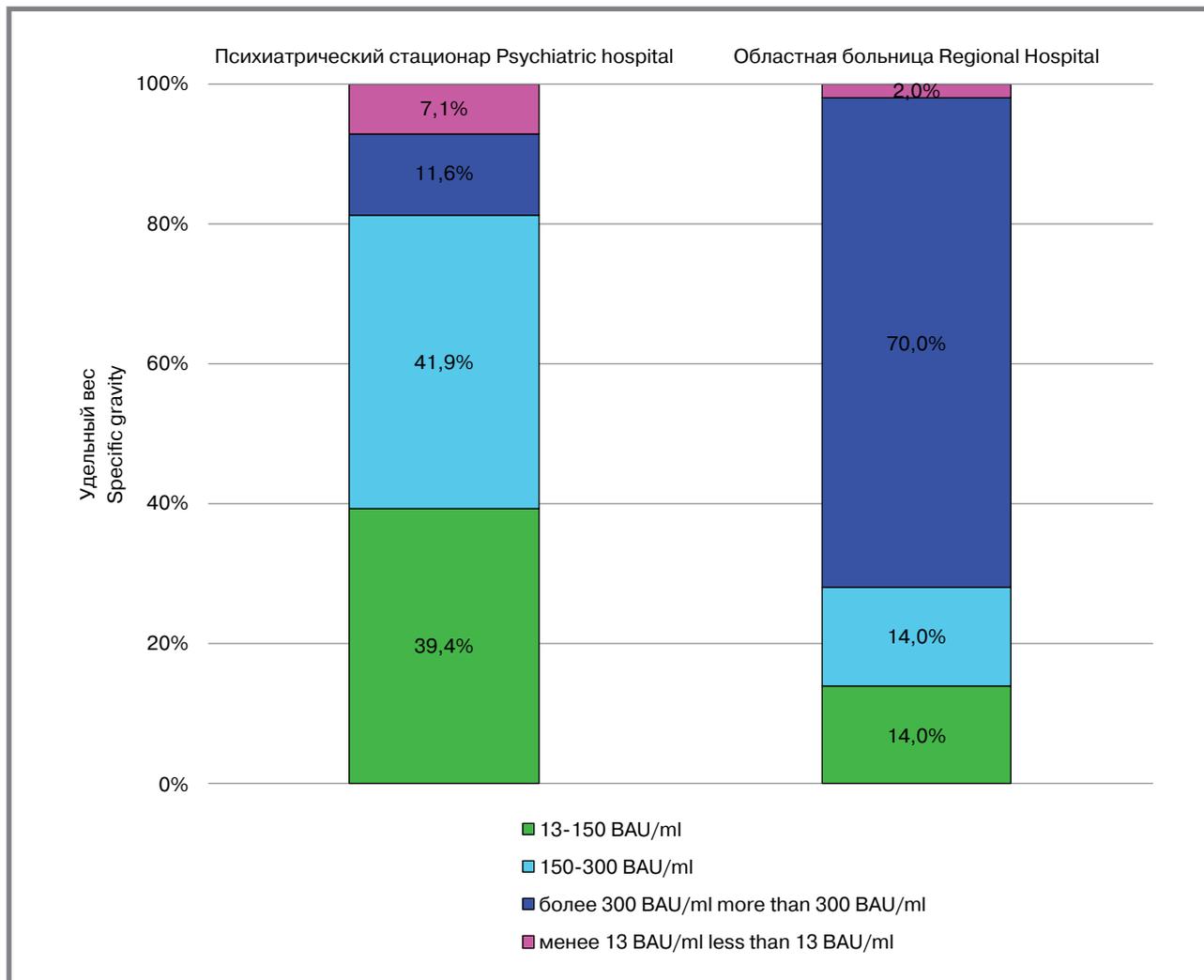


Рисунок 2. Результаты количественного определения IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 в соответствии со стандартом ВОЗ NIBSC 20/136
Figure 2. Results of quantitative determination of IgG to RBD Spike SARS-CoV-2 in accordance with WHO standard NIBSC 20/136



Сотрудники областной больницы имели самый высокий уровень антител (362,8 BAU/ml) в течение от 3 до 6 месяцев от завершённой вакцинации, самый низкий (263,3 BAU/ml) – после 6 месяцев (рис. 4).

Нами установлено, что в психиатрическом стационаре доля работников, перенесших COVID-19 в бессимптомной форме, составила 35,3%, в легкой форме – 41,2%, в среднетяжелой форме – 16,2% и в тяжелой форме – 7,4%. В то же время в областной больнице в бессимптомной форме перенесли заболевание 8,8% работников, в легкой форме – 58,5%, в среднетяжелой форме – 17,4% и в тяжелой форме – 15,3% (рис. 5).

Уровень специфических IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 при бессимптомной форме заболевания у сотрудников психиатрического стационара составлял 143,6 BAU/ml, при легкой форме течения – 218,2 BAU/ml, при среднетяжелой – 244,1 BAU/ml и тяжелой форме – 266,5 BAU/ml, у сотрудников областной больницы: 207,4 BAU/ml, 257,0 BAU/ml, 375,7 BAU/ml и 390 BAU/ml соответственно (рис.6).

В ходе исследования была установлена достоверная разница в напряженности сформированного гуморального иммунного ответа по уровню специфических IgG после вакцинации у сотрудников МО различного профиля, что потребовало проведения дополнительного определения антител к нуклеокапсидному (NC) белку вируса SARS-CoV-2. Применение этого подхода позволило выявить наличие не только поствакцинальных IgG, но и после перенесенного COVID-19 (гибридный иммунитет). Наличие IgG к NC белку в исследованных сыворотках крови позволило установить, что 67,4% (ДИ 95% 61,9–72,6%) сотрудников психиатрического стационара и 89,0% (ДИ 95% 81,2–94,4%) работников областной больницы имеют специфический гибридный иммунный ответ к COVID-19. При этом в психиатрическом стационаре с поствакцинальным иммунитетом после иммунизации доля сотрудников составила 25,5% (ДИ 95% 20,7–30,7%), в областной больнице – 9,0% (ДИ 95% 4,2–16,4%) (табл. 1). Различия между группами работников с гибридным и поствакцинальным иммунитетом, в соответствии с t-критерием, достоверны ($t > 2$).

Practical Aspects of Epidemiology and Vaccine Prevention

Рисунок 3. Определение IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 в зависимости от сроков завершённой вакцинации
Figure 3. Determination of IgG to RBD Spike SARS-CoV-2 depending on the timing of completed vaccination

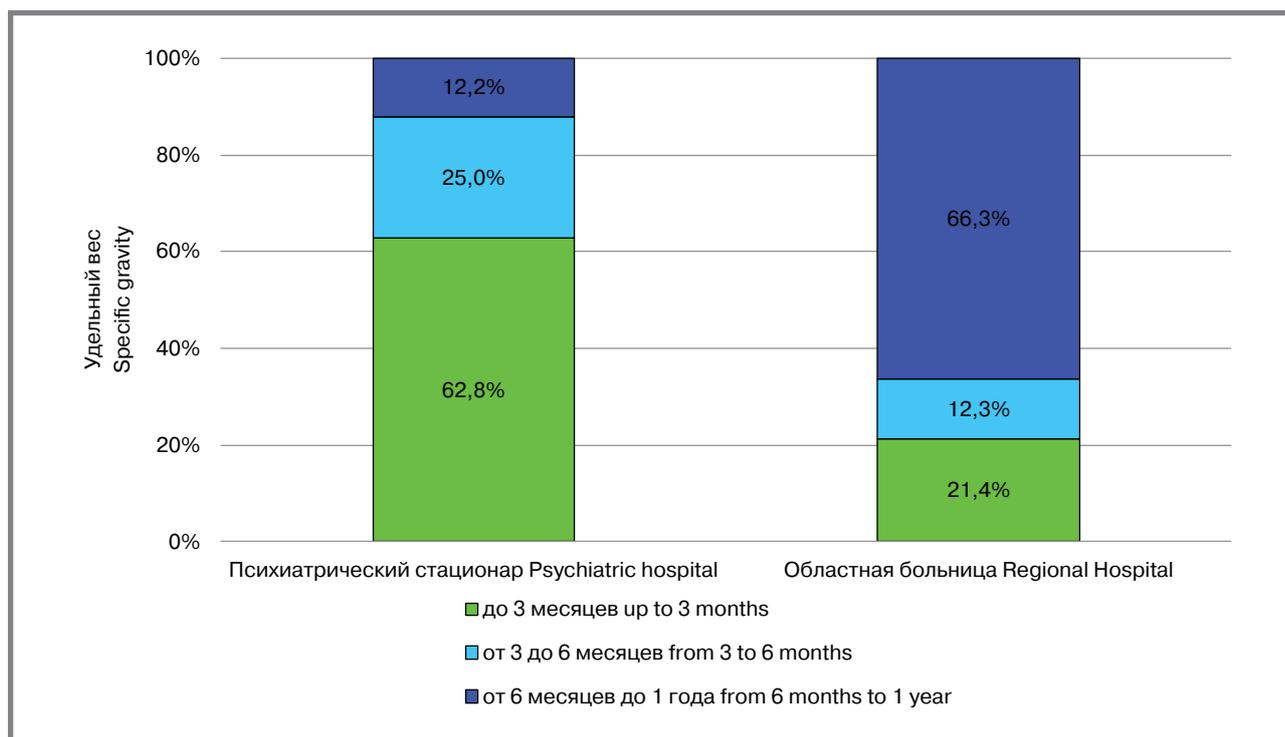
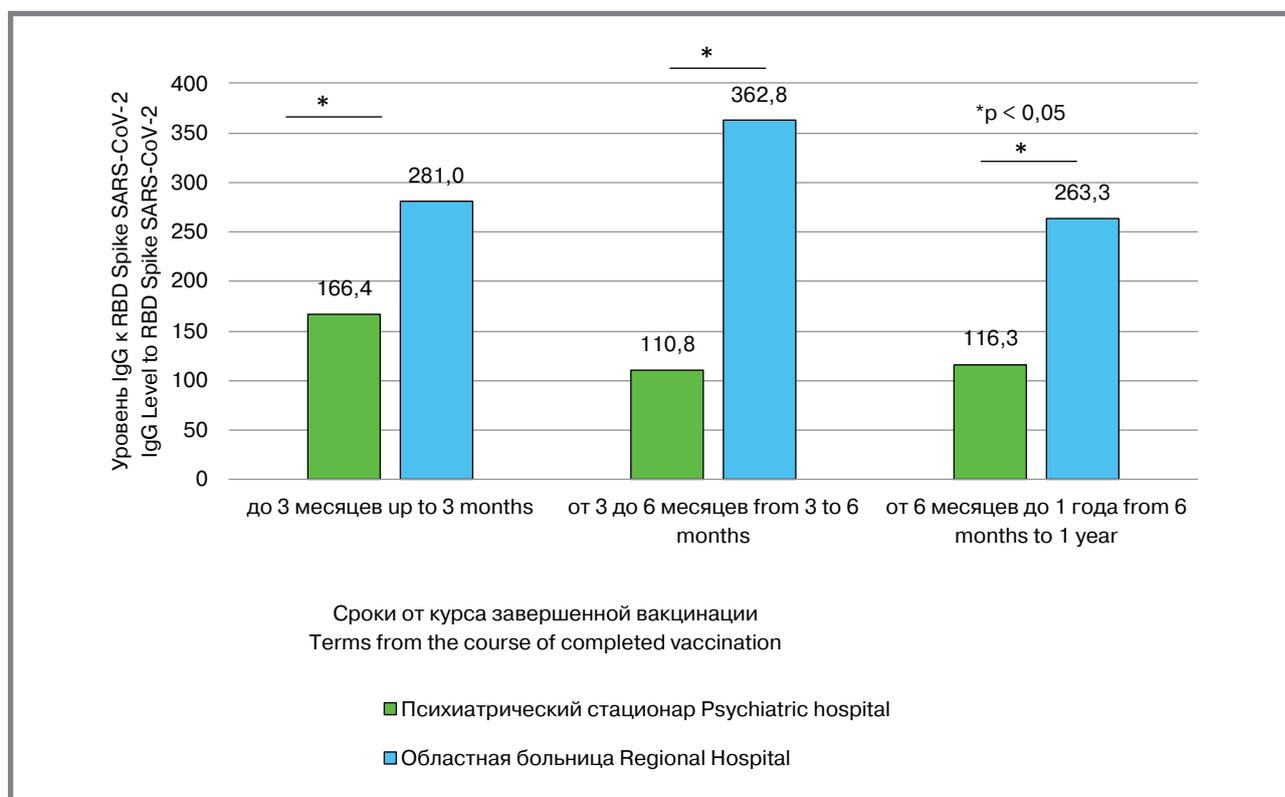


Рисунок 4. Уровень IgG к SARS-CoV-2 (BAU/ml) в зависимости от сроков завершённой вакцинации
Figure 4. IgG level to SARS-CoV-2 (BAU/ml) depending on the timing of completed vaccination



Медиана значений уровня IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 у сотрудников с гибридным иммунитетом как в психиатрическом стационаре, так и в областной больнице выше, чем только с поствакцинальным иммунитетом и составили 191,2 BAU/ml против 127,6 BAU/ml

и 370,0 BAU/ml против 237,2 BAU/ml ($p < 0,05$) соответственно (рис. 7).

Обсуждение

На сегодняшний день опубликованы результаты многочисленных исследований, посвященных

Рисунок 5. Клинические формы COVID-19 у заболевших сотрудников (%)
Figure 5. Clinical forms of COVID-19 in sick employees (%)

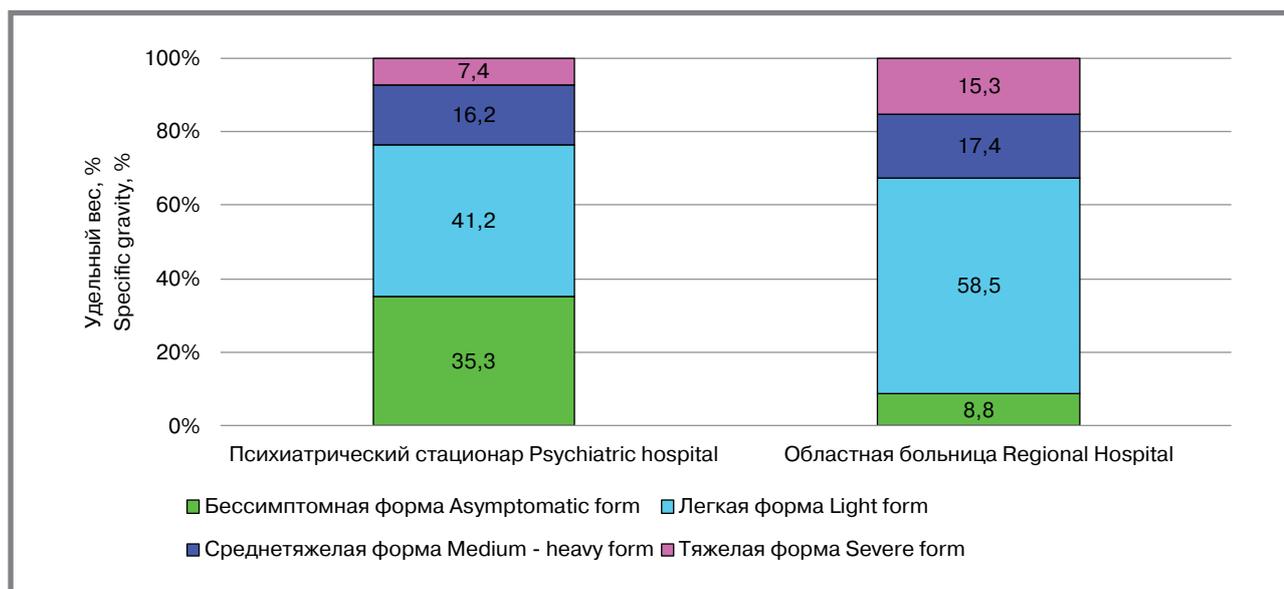
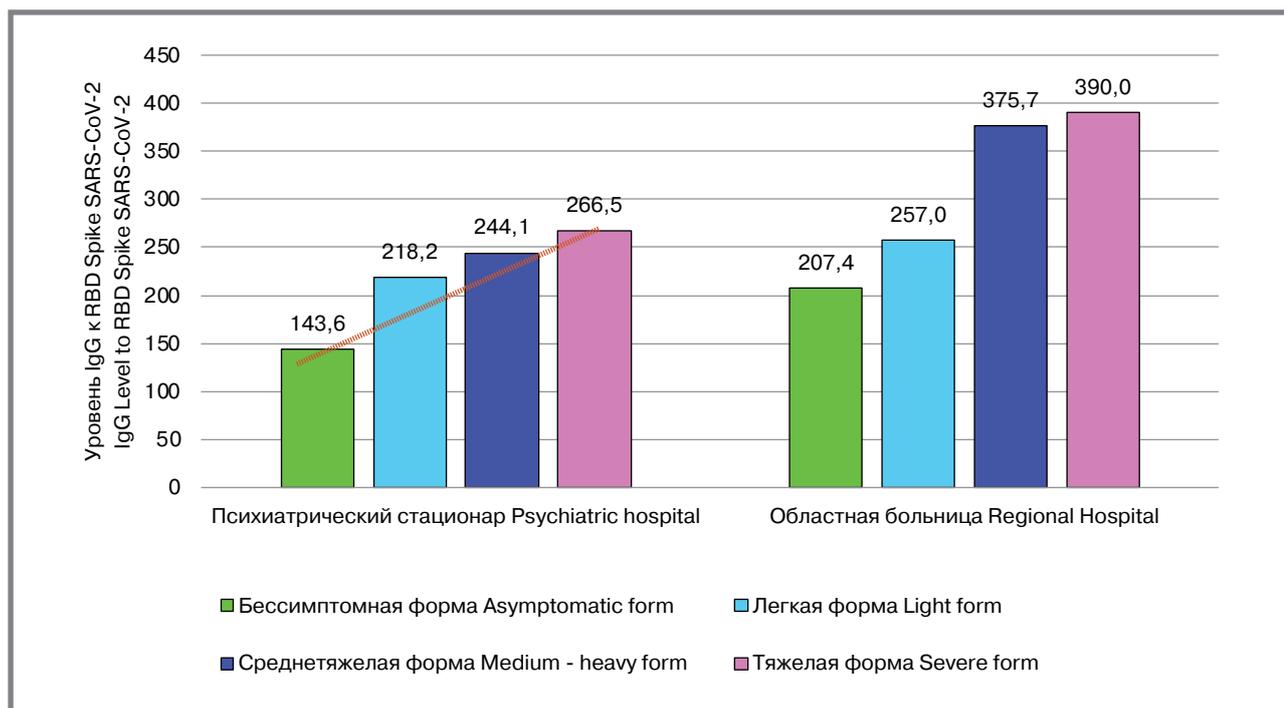


Рисунок 6. Содержание IgG к SARS-CoV-2 (BAU/ml) в зависимости от клинической формы COVID-19
Figure 6. IgG level to SARS-CoV-2 (BAU/ml) depending on the clinical form of COVID-19



изучению формирования поствакцинального гуморального иммунного [15–17]. Наша работа позволяет дать оценку гуморального иммунитета по уровню IgG к вирусу SARS-CoV-2 у сотрудников двух МО разного профиля, прошедших полный курс профилактики вакциной Гам-КОВИД-Вак.

Иммунологическая эффективность двух доз Спутник V, заявленная производителем вакцины, составляет более 91% [18]. По результатам, полученным другими авторами, после вакцинации IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 в сыворотке крови выявляли у 90,0% и 99,4% медицинских работников

[2,19]. Наше исследование коррелирует с этими данными, IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 обнаружены у 92,9% медицинских сотрудников психиатрического стационара и у 98,0% – областной больницы. Результаты, полученные нами и другими авторами, подтверждают высокую иммунологическую эффективность вакцины Гам-КОВИД-Вак.

Важная роль в оценке противовирусной защиты от COVID-19 отводится определению уровня IgG, при этом нет полной ясности в том, какой уровень антител является протективным. По данным Кириллова И. А. и соавт., уровень IgG к RBD Spike

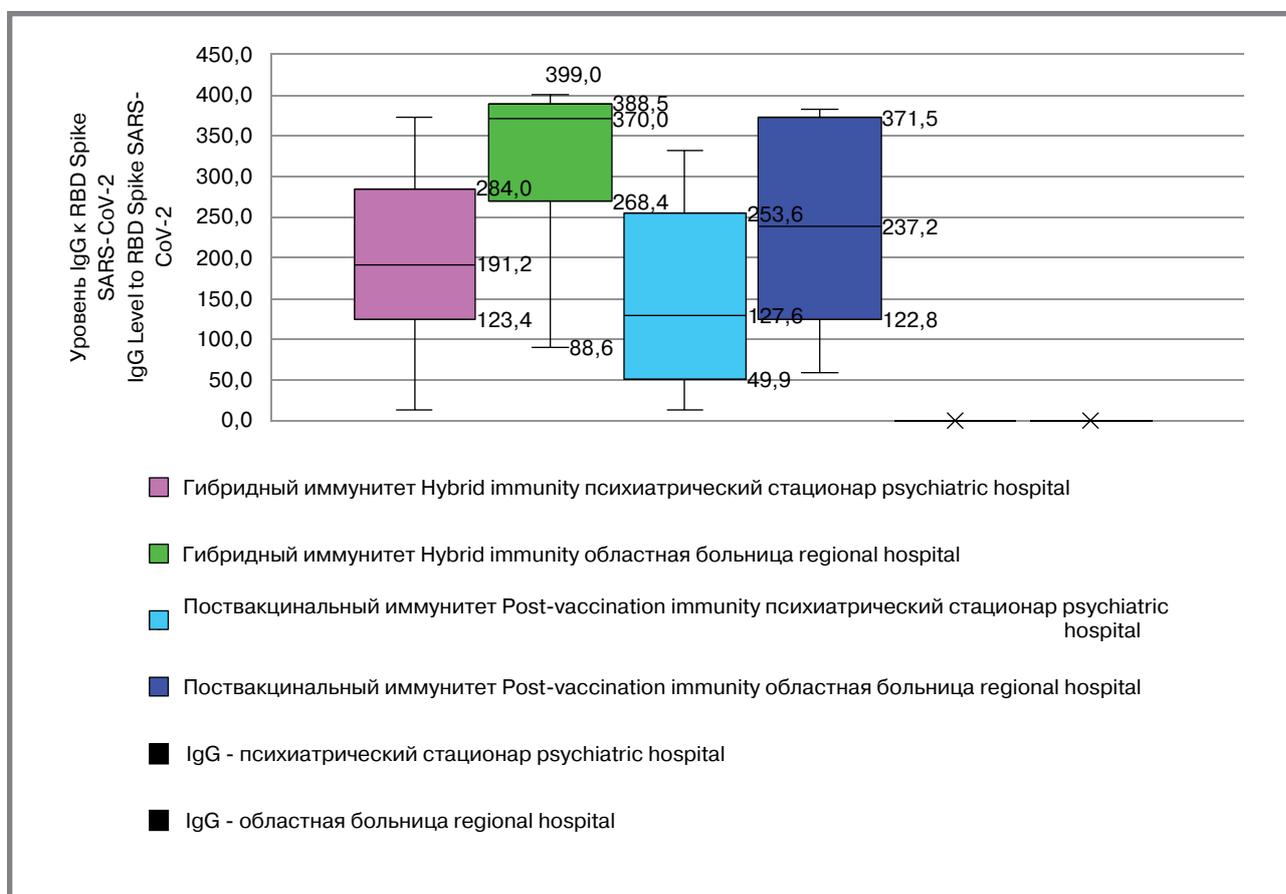
Таблица 1. Доля сотрудников психиатрического стационара и областной больницы с гибридным и поствакцинальным иммунитетом

Table 1. The proportion of employees of a psychiatric hospital and a regional hospital with hybrid and post-vaccination immunity

Стационар Hospital	IgG -	IgG +	
		Гибридный иммунитет Hybrid immunity	Поствакцинальный иммунитет Post-vaccination immunity
Психиатрический стационар, % (ДИ 95%) Psychiatric hospital, % (95% CI)	7,1% (4,5–10,6%)	67,4% (61,9–72,6%)	25,5% (20,7–30,7%)
Областная больница, % (ДИ 95%) Regional hospital, % (95% CI)	2,0% (0,2–7,0%)	89,0% (81,2–94,4%)	9,0% (4,2–6,4%)

Рисунок 7. Медианы значений IgG к SARS-CoV-2 (BAU/ml) у сотрудников с гибридным и поствакцинальным иммунитетом

Figure 7. Median values of IgG to SARS-CoV-2 (BAU/ml) in employees with hybrid and post-vaccination immunity



SARS-CoV-2 у лиц, иммунизированных вакциной Гам-КОВИД-Вак, составил 460 BAU/ml [20]. В нашем исследовании установлено, что медианный уровень антител составил 178,0 BAU/ml в сыворотке крови у работников психиатрического стационара и 366,0 BAU/ml – в областной больнице.

Определение IgG к NC белку позволило обнаружить, что многие из сотрудников областной больницы перенесли COVID-19 (у 89,0% работников гибридный иммунитет), в связи с чем доля сотрудников с уровнем антител класса G 300 BAU/ml и более оказалась высокой и составила 70,0%. Полученные данные совпадают с результатами другого исследования, где высокие уровни

антител были обнаружены у 50% сотрудников МО [21]. Изучение поствакцинального уровня специфических антител у сотрудников МО закрытого типа, в частности психиатрических стационаров, практически отсутствует. По нашим данным, в психиатрическом стационаре только у 11,6% сотрудников присутствовали высокие уровни IgG, доля сотрудников с гибридным иммунитетом составила 67,4%.

К настоящему времени доподлинно не установлено, как долго определяются антитела после проведенного курса вакцинации и перенесенного заболевания COVID-19. По данным отечественных и зарубежных авторов, специфические IgG

сохраняются через 3 месяца [10,11], через 5–6 месяцев [12] и даже через 9–12 месяцев сохраняются на достаточно высоких уровнях [13]. После вакцинации в среднем наблюдаются достаточно высокие уровни специфических IgG в течение 4 месяцев, спустя 5–6 месяцев уровень антител начинает снижаться [22].

Анализ данных международных клинических исследований эффективности вакцины Спутник V показал сохранение специфических антител в течение 6 месяцев после завершения курса иммунизации [23,24]. У 62,8% работников психиатрического стационара IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 в основном определялись до 3 месяцев, а у 66,3% сотрудников областной больницы – от 6 месяцев до 1 года.

Сотрудники двух МО переносили заболевание COVID-19 в основном в легкой форме (41,2% сотрудников психиатрического стационара и 58,5% – областной больницы), что подтверждает влияние вакцинации на снижение тяжести заболевания. При этом степень тяжести перенесенной инфекции напрямую влияет на уровень антител (более высокий уровень у лиц со среднетяжелыми и тяжелыми формами COVID-19), что коррелирует с данными, полученными в ходе других исследований [2,25].

Заключение

Таким образом, в нашем исследовании показана высокая иммунологическая эффективность

двукратной схемы иммунизации вакциной Гам-КОВИД-Вак: IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 были обнаружены у 92,9% сотрудников психиатрического стационара и у 98,0% сотрудников областной больницы. Высокий уровень IgG (более 300 BAU/ml) был выявлен у 11,6% сотрудников психиатрического стационара и у 70,0% сотрудников областной больницы, что связано с меньшей долей лиц с гибридным иммунитетом в психиатрическом стационаре, по сравнению с сотрудниками областной больницы (67,4% против 89,0% соответственно).

В ходе нашего исследования была установлена статистически значимая разница в уровнях специфических антител класса G после вакцинации у сотрудников МО различного профиля: 178,0 BAU/ml (психиатрический стационар) и 366,0 BAU/ml (областная больница). У сотрудников психиатрического стационара высокий уровень антител класса G сохранялся в течение 3 месяцев от завершения вакцинации (166,4 BAU/ml), а у сотрудников областной больницы – от 3 до 6 месяцев (362,8 BAU/ml), далее количество антител резко снижалось, что позволяет использовать метод определения IgG к RBD Spike SARS-CoV-2 в качестве критерия для серологической диагностики напряженности иммунитета к SARS-CoV-2 на разных сроках и, при необходимости, проводить ревакцинацию медицинского персонала, особенно в учреждениях закрытого типа.

Литература

1. Фельдблюм И. В., Репин Т. М., Девятков М. Ю. и др. Профилактическая эффективность отечественных вакцин против новой коронавирусной инфекции при иммунизации сотрудников медицинских организаций. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2023. Т.22, №1. С.22–27.
2. Платонова Т. А., Голубкова А. А., Скляр М. С. и др. К вопросу оценки эффективности вакцинации сотрудников медицинских организаций против COVID-19 // *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2022. Т.21, №1. С.61–66.
3. Андреев И. В., Нечай К. О., Андреев А. И. и др. Поствакцинальный и постинфекционный гуморальный иммунный ответ на инфекцию SARS-CoV-2 // *Иммунология*. 2022. Т.43, №1. С.18–32.
4. Харченко Е. П. Пандемия продолжается: омикроны, длительный ковид, вакцинация и вакцины. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2022. Т.21, №5. С.120–137.
5. Gushchin V., Pochtovyi A., Kustova D., et al. Dynamics of SARS-CoV-2 Major Genetic Lineages in Moscow in the Context of Vaccine Prophylaxis // *Int J Mol Sci*. 2022. Vol. 23, №23 P. 14670.
6. Stoma I., Korsak K., Voropaevet E., et al. Comparative study of immunogenicity and safety of Gam-COVID-Vac and Sinopharm BBIBP-CorV vaccines in Belarus // *Heliyon*. 2023. Vol. 9, №11 P.e21877.
7. Ермолович М. А., Колодкина В. Л., Самойлович Е. О. и др. Постинфекционный и поствакцинальный гуморальный иммунный ответ при COVID-19 у взрослых: качественная и количественная оценка // *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2023. Т.22, №3. С.50–56.
8. Нечай К. О., Андреев А. И., Андреев И. В. и др. Динамическая оценка напряженности иммунного ответа на SARS-CoV-2-инфекцию и иммунизацию против COVID-19 вакциной «Спутник V». *Иммунология*. 2023. Т.44, №2. С.157–166.
9. Чистякова Г. Н., Мальгина Г. Б., Устюжанин А. В., Ремизова И. И. Формирование противоиногозного и поствакцинального гуморального иммунитета к SARS-CoV-2 у медицинских работников перинатального центра // *Инфекция и иммунитет*. 2022. Т. 12, №4. С. 688–700.
10. Isha B., Abe K., Zuo M., et al. Persistence of serum and saliva antibody responses to SARS-CoV-2 spike antigens in COVID-19 patients // *Sci. Immunol*. 2020 Vol. 5 P.eabe5511.
11. Iyer A., Jones F., Nodoushani A., et al. Persistence and decay of human antibody responses to the receptor binding domain of SARS-CoV-2 spike protein in COVID-19 patients // *Sci. Immunol*. 2020. Vol. 5, №52 P. eabe0367.
12. Wajenberg A., Amanat F., Firpo A., et al. Robust neutralizing antibodies to SARS-CoV-2 infection persist for months. *Science*. 2020. Vol. 370. P. 1227–1230.
13. Топтыгина А. П., Семикина Е. Л., Закиров Р. Ш., Афридонова З. Э. Сопоставление гуморального и клеточного иммунитета у переболевших COVID-19. *Инфекция и иммунитет*. 2022. Т. 12, №3. С. 495–504.
14. Калькулятор доверительного интервала биномиальной вероятности. Электронный ресурс. Доступен на: <https://www.danielsoper.com/statcalc/calculator.aspx?id=85>
15. Новая коронавирусная инфекция COVID-19: профессиональные аспекты сохранения здоровья и безопасности медицинских работников: методические рекомендации / И. В. Бухтияров, Ю. Ю. Горблянский, ред. М.: АМТ, ФГБНУ «НИИ МТ», 2021. – 132 с. ISBN 987-5-6042929-7-6
16. Агафонова Е. В., Куликов С. Н., Решетникова И. Д. и др. Результаты исследования серопревалентности к SARS-CoV-2 у медицинских работников: возрастные и профессиональные аспекты. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2021. Т.20, №2. С.49–57.
17. Кузьменко С. А., Ликстанов М. И., Ошлыкова А. М. и др. Эпидемиологические особенности заболеваемости и течения новой коронавирусной инфекции Covid-19 у медицинских работников (на основе анализа данных пациентов, пролеченных в перепрофилированном инфекционном госпитале). *Медицина в Кузбассе*. 2020. №4. С. 21–24.
18. Logunov D., Dolzhikova I., Shchelyakov D., et al. Gam-COVID-Vac Vaccine Trial Group. Safety and efficacy of an 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. Vol. 397, №10275. P. 671–681.
19. Babamahmoodi, F., Saedi, M., Alizadeh-Navaei, R., et al. Side effects and Immunogenicity following administration of the Sputnik V COVID-19 vaccine in health care workers in Iran. *Sci Rep*. 2021. Vol.11 №21464.
20. Кириллов И. А., Пирожков А. П., Рубцов В. В. и др. Изучение иммуногенности вакцины Гам-КОВИД-Вак. *БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение*. 2022. Т.22, №4. С.435–445.

21. Николаев Н. С., Назарова В. В., Пчелова Н. Н. и др. О результатах вакцинации против COVID-19 сотрудников медицинской организации г. Чебоксары. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2023. Т.22, №2. С.86–94.
22. Kombarova S., Aleshkin A., Novikova L., et al. Features of the Humoral Response to Infection, Vaccination, and Revaccination during COVID-19 // *Bull Exp Biol Med*. 2020. Vol. 173, P.734–739.
23. Dolzhikova I. V., Iliukhina A. A., Kovyrshina A. V., et al. Sputnik Light booster after Sputnik V vaccination induces robust neutralizing antibody response to B.1.1.529 (Omicron) SARS-CoV-2 variant // *medRxiv*. 2021. (ПРЕПРИНТ)
24. Ikegame S., Siddiquey M., Hung C., et al. Neutralizing activity of Sputnik V vaccine sera against SARS-CoV-2 variants. *Nature communications*. 2021. Vol. 12, №1. P. 4598.
25. Закурская В. Я., Сизыкина Л. П., Харитонова М. В., Шлык С. В. Динамика специфического гуморального ответа у пациентов, перенесших COVID-19. *Иммунология*. 2022. Т.43, №1. С.71–77.

References

1. Feldblum I.V., Repin T.M., Devyatkov M.Yu., et al. Preventive effectiveness of domestic vaccines against a new coronavirus infection during immunization of employees of medical organizations. *Epidemiology and Vaccination Prevention*. 2023; 22(1):22–27 (In Russ). doi: 10.31631/2073-3046-2023-22-1-22-27
2. Platonova T.A., Golubkova A.A., Sklyar M.S., et al. On the issue of evaluating the effectiveness of vaccination of employees of medical organizations against COVID-19. *Epidemiology and Vaccination Prevention*. 2022;21(1): 61–66 (In Russ). doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-1-61-66
3. Andreev I.V., Nechai K.O., Andreev A.I., et al. Post-vaccination and post-infectious humoral immune response to SARS-CoV-2 infection. *Immunology*. 2022; 43 (1): 18–32. (In Russ). doi: 10.33029/0206-4952-2022-43-1-18-32
4. Kharchenko E.P. The pandemic continues: omicrons, long-term covid, vaccination and vaccines. *Epidemiology and Vaccination Prevention*. 2022;21(5):120–137. (In Russ). doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-5-120-137
5. Gushchin V., Pochtovyi A., Kustova D., et al. 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. Stoma I., Korsak K., Voropaevet E.V., et al. Comparative study of immunogenicity and safety of Gam-COVID-Vac and Sinopharm BBIBP-CorV vaccines in Belarus. *medRxiv*. 2022;9(11):e21877. doi: 10.1101/2022.02.05.22270499
7. Ermolovich M.A., Kolodkina V.L., Samoilovich E.O., et al. Post-infectious and post-vaccination humoral immune response in adults with COVID-19: qualitative and quantitative assessment. *Epidemiology and Vaccination Prevention*. 2023;22(3):50–56. (In Russ). doi: 10.31631/2073-3046-2023-22-3-50-56
8. Nechai K.O., Andreev A.I., Andreev I.V., et al. Dynamic assessment of the intensity of the immune response to SARS-CoV-2 infection and immunization against COVID-19 with the Sputnik V vaccine. *Immunology*. 2023; 44(2):157–166. (In Russ). doi: 10.33029/0206-4952-2023-44-2-157-166.
9. Chistyakova G.N., Malgina G.B., Ustyuzhanin A.V., Remizova I.I. Formation of anti-infectious and post-vaccination humoral immunity to SARS-CoV-2 in medical workers of the perinatal center // *Infection and immunity*. 2022;12(4):688–700. (In Russ). doi: 10.15789/2220-7619-FOA-1856.
10. Isho B., Abe K., Zuo M., Jamal A., Rathod B. Persistence of serum and saliva antibody responses to SARS-CoV-2 spike antigens in COVID-19 patients. *Sci. Immunol*. 2020;5:eabe5511. doi: 10.1126/sciimmunol.abe5511
11. Iyer A.S., Jones F.K., Nodoushani A., Kelly M., Becker M. - Persistence and decay of human antibody responses to the receptor binding domain of SARS-CoV-2 spike protein in COVID-19 patients. *Sci. Immunol*. 2020; 5(52):eabe0367. doi: 10.1126/sciimmunol.abe0367
12. Wajnberg A., Amanat F., Firpo A., et al. Robust neutralizing antibodies to SARS-CoV-2 infection persist for months. *Science*. 2020;370:1227–1230. doi: 10.1126/science.abd7728
13. Toptygina A.P., Semikina E.L., Zakirov R.Sh., Afridonova Z.E. Comparison of humoral and cellular immunity in patients with COVID-19 // *Infection and immunity*. 2022; 12(3):495–504. (In Russ). doi: 10.15789/2220-7619-COT-1809
14. Calculator of the confidence interval of binomial probability. Electronic resource. Available at: <https://www.danielsoper.com/statcalc/calculator.aspx?id=85>
15. New coronavirus infection COVID-19: professional aspects of health and safety of medical workers: methodological recommendations / edited by I.V. Bukhtiyarov, Yu.Yu. Gorblyansky. – M.: AMT, FGBNU «Research Institute of MT». 2021. – 132 p. (In Russ). ISBN 987-5-6042929-7-6.
16. Agafonova E.V., Kulikov S.N., Reshetnikova I.D., et al. Results of the study of seroprevalence to SARS-CoV-2 in medical workers: age and professional aspects. *Epidemiology and Vaccination Prevention*. 2021;20(2):49–57. (In Russ). doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-2-49-57
17. Kuzmenko S.A., Likstanov M.I., Oshlykova A.M., et al. Epidemiological features of the incidence and course of the new coronavirus infection Covid-19 in medical workers (based on the analysis of data from patients treated in a repurposed infectious diseases hospital) // *Medicine in Kuzbass*. 2020;4:21–24. (In Russ). doi: 10.24411/2687-0053-2020-10035
18. Logunov D., Dolzhikova I., Shcheblyakov D., et al. Gam-COVID-Vac Vaccine Trial Group. Safety and efficacy of an 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.
19. Babamahmoodi F., Saeedi M., Alizadeh-Navaei R., et al. Side effects and Immunogenicity following administration of the Sputnik V COVID-19 vaccine in health care workers in Iran. *Sci Rep*. 2021;11(21464). doi: 10.1038/s41598-021-00963-7
20. Kirillov I.A., Pirozhkov A.P., Rubtsov V.V., et al. Study of the immunogenicity of the Gam-COVID-Vac vaccine. *Biologics. Prevention, diagnosis, treatment*. 2022;22(4):435–445. (In Russ). doi: 10.30895/2221-996X-2022-22-4-435-445
21. Nikolaev N.S., Nazarova V.V., Pchelova N.N. et al. About the results of vaccination against COVID-19 employees of the Cheboksary medical organization. *Epidemiology and Vaccination Prevention*. 2023;22(2):86–94. (In Russ). doi: 10.31631/2073-3046-2023-22-2-86-94
22. Kombarova SY, Aleshkin AV, Novikova LI, et al. Features of the Humoral Response to Infection, Vaccination, and Revaccination during COVID-19. *Bull Exp Biol Med*. 2022; 173:734–739. doi: 10.1007/s10517-022-05620-1
23. Dolzhikova I.V., Iliukhina A.A., Kovyrshina A.V., et al. Sputnik Light booster after Sputnik V vaccination induces robust neutralizing antibody response to B.1.1.529 (Omicron) SARS-CoV-2 variant. *medRxiv*. 2021. doi: 10.1101/2021.12.17.21267976
24. Ikegame S., Siddiquey M., Hung C., et al. Neutralizing activity of Sputnik V vaccine sera against SARS-CoV-2 variants. *Nature communications*. 2021; 12(1):4598. doi: 10.1038/s41467-021-24909-9
25. Zakurskaya V.Ya., Sizyagina L.P., Kharitonova M.V., Shlyk S.V. Dynamics of specific humoral response in patients who underwent COVID-19. *Immunology*. 2022; 43 (1): 71–77 (In Russ). doi: 10.33029/0206-4952-2022-43-1-71-77

Об авторах

- **Алена Андреевна Мурзина** – научный сотрудник лаборатории эпидемиологического анализа и мониторинга инфекционных заболеваний, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт вакцин и сывороток им. И. И. Мечникова», 105064, Москва, Малый Казенный пер., д. 5а. alena_11_08@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9029-9613>.
- **Александр Владимирович Зубков** – к. м. н., заведующий лабораторией иммунологической диагностики эндокринных заболеваний отдела иммунологии ФГНБУ «НИИВС им. И.И. Мечникова», 105064, Москва, Малый Казенный пер., д. 5а. +7 (495) 917-52-42, +7 (903) 618-02-78, alex_zubkov@list.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0056-5082>.
- **Оксана Анатольевна Свитич** – д. м. н., член-корр. РАН, директор ФГНБУ «НИИВС им. И.И. Мечникова», 105064, Москва, Малый Казенный пер., д. 5а. mech.inst@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-1757-8389>.
- **Алла Николаевна Каира** – д. м. н., заведующая лабораторией эпидемиологического анализа и мониторинга инфекционных заболеваний, ФГНБУ «НИИВС им. И.И. Мечникова», 105064, Москва, Малый Казенный пер., д. 5а. allakaira@inbox.ru. SPIN-код: 5207-4570, <https://orcid.org/0000-0002-9378-6414>.

Поступила: 25.08.2023. Принята к печати: 16.11.2023.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

- **Alena A. Murzina** – research associate, Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of Vaccines and Serums named after V.I. I. Mechnikov», 5a, Maly Kazenny per., Moscow, 105064, Russia. alena_11_08@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9029-9613>.
- **Alexander V. Zubkov** – Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Immunological Diagnostics of Endocrine Diseases Department Immunology, Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of Vaccines and Serums named after V.I. I. Mechnikov», 5a, Maly Kazenny per., Moscow, 105064, Russia. +7 (495) 917-52-42, +7 (903) 618-02-78, alex_zubkov@list.ru. <https://orcid.org/0000-0002-0056-5082>.
- **Oxana A. Svitich** – Dr. Sci. (Med.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of Vaccines and Serums named after V.I. I. Mechnikov», 5a, Maly Kazenny per., Moscow, 105064, Russia. mech.inst@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-1757-8389>.
- **Alla N. Kaira** – Dr. Sci. (Med.), Head of the Laboratory for Epidemiological Analysis and Monitoring of Infectious Diseases, Federal State Budgetary Scientific Institution «Scientific Research Institute of Vaccines and Serums named after A.I. I. Mechnikov», 5a, Maly Kazenny per., Moscow, 105064, Russia. allakaira@inbox.ru. SPIN-код: 5207-4570, <https://orcid.org/0000-0002-9378-6414>.

Received: 25.08.2023. Accepted: 16.11.2023.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.