



Оценка гуморального иммунного ответа и поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса

Е. С. Корсак

Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Изучить гуморальный иммунный ответ и оценить частоту поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса.

Материалы и методы. Проведено исследование иммуногенности и частоты поствакцинальных явлений при иммунизации против COVID-19 с использованием вакцин «Спутник V», Sinopharm и Soberana Plus, разрешенных к применению в Республике Беларусь, а также вакцины «БелКовидВак».

Результаты. По результатам генотипирования штаммов SARS-CoV-2 в 2021 г. большинство образцов (67,3 %) составили геноварианты линий B.1.617.2 («Дельта»). В 2022 г. они составили 1,3 % образцов. В 2022 г. 93,5 % образцов принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2, не относящимся к B.1.1.529 и B.1.617.2. Наибольшая концентрация IgG к SARS-CoV-2 наблюдалась на 90-й день после введения вакцины «БелКовидВак». В исследовании частоты нежелательных явлений (НЯ) после первичной иммунизации вакцинами «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) и Sinopharm (BBIBP-CoV) у 45 % участников были зарегистрированы НЯ легкой или средней степени выраженности: болезненность (74,1 %) и покраснение (11,1 %) в месте инъекции, повышение температуры тела (40,7 %), слабость (3,7 %), головная боль (3,7 %), отечность места инъекции (3,7 %). В группе вакцинированных «Спутником V» статистически значимо чаще отмечалась повышенная температура тела ($p < 0,001$). По данным исследования вакцины «БелКовидВак», большинство НЯ относились к категориям «Системные нарушения и реакции в месте введения», «Нарушения со стороны нервной системы», «Нарушения со стороны дыхательной системы, органов грудной клетки и средостения» и «Лабораторные и инструментальные данные» легкой степени выраженности. После введения вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) НЯ отмечены в 37,8 % случаев ($p = 0,02$). Наиболее часто отмечена болезненность в месте инъекции (67,3 % случаев).

Заключение. Вакцины против COVID-19 имеют благоприятный профиль безопасности и формируют гуморальный иммунный ответ, сохраняющийся в течение нескольких месяцев.

Ключевые слова: генотипирование, SARS-CoV-2, нежелательные явления, вакцинация, циркуляция антител, COVID-19

Благодарности. Автор выражает благодарность д.м.н., профессору Игорю Олеговичу Стоме за вклад в координацию работы при проведении исследований, а также коллективам кафедры общей и клинической фармакологии и научно-исследовательской лаборатории за техническое и логистическое сопровождение.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Автор заявляет об отсутствии спонсорской поддержки в проведении исследования.

Для цитирования: Корсак ЕС. Оценка гуморального иммунного ответа и поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса. Проблемы здоровья и экологии. 2026;23(3):134–143. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-15>

Assessment of the humoral immune response and post-vaccination events when using various COVID-19 vaccines during the pandemic, taking into account the change of virus strains

Katsiaryna S. Korsak

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To study the humoral immune response and evaluate the frequency of post-vaccination events when using various COVID-19 vaccines during the pandemic, taking into account the change in virus strains.

Materials and Methods. The study of the immunogenicity and frequency of post-vaccination events during COVID-19 immunization using the vaccines Sputnik V, Sinopharm and Soberana Plus approved for use in the Republic of Belarus, as well as the vaccine BelKovidVak, was conducted.

Results. According to the results of genotyping of SARS-CoV-2 strains in 2021, the majority of the samples (67.3%) were genovariants of B.1.617.2 (Delta) lines. In 2022 they accounted for 1.3% of samples. In 2022 93.5% of samples belonged to other genetic lines of the SARS-CoV-2 virus not related to B.1.1.529 and B.1.617.2. The highest concentration of IgG to SARS-CoV-2 was observed on the 90th day after administration of the BelKovidVak vaccine. In a study of the frequency of adverse events after primary immunization with Sputnik V (Gam-COVID-Vac) and Sinopharm (BBIBP-CorV) vaccines, 45% of participants had mild or moderate adverse events: soreness (74.1%) and redness (11.1%) at the site of injections, fever (40.7%), weakness (3.7%), headache (3.7%), swelling of the injection site (3.7%). Elevated body temperature was significantly more common ($p < 0.001$) in the group vaccinated with Sputnik V. According to the BelKovidVak vaccine study, most of the adverse events fell into the categories of "Systemic disorders and injection site reactions", "Nervous system disorders", "Respiratory, thoracic and mediastinal disorders" and "Laboratory and instrumental data" of mild severity. Adverse events were noted in 37.8% of cases ($p = 0.02$) after administration of the Soberana Plus vaccine (FINLAY-FR-1A). Soreness at the injection site was most often noted (67.3% of cases).

Conclusion. COVID-19 vaccines have a beneficial safety profile and develop a humoral immune response that persists for several months.

Keywords: *genotyping, SARS-CoV-2, adverse events, vaccination, antibodies circulation, COVID-19*

Acknowledgments. The author expresses gratitude to the Doctor of Medical Sciences, Professor Igor Stoma for his contribution to coordinating the research, as well as to the staff of the Department of General and Clinical Pharmacology, and the Research Laboratory for technical and logistical support.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

For citation: Korsak KS. Assessment of the humoral immune response and post-vaccination events when using various COVID-19 vaccines during the pandemic, taking into account the change of virus strains. *Health and Ecology Issues*. 2026;23(3):134–143. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2026-23-3-15>

Введение

Вакцинация от COVID-19 стала переломным моментом в борьбе с пандемией [1]. Исследование вакцин производилось беспрецедентно быстрыми темпами. Многие вакцинные платформы были применены впервые. Процесс разработки вакцин обычно занимает 10–15 лет, однако пандемия внесла коррективы, и была проведена процедура ускоренной регистрации для экстренного использования вакцин. Во многом ускоренные темпы разработки вакцин были достигнуты благодаря имеющимся наработкам, приобретенным в период эпидемий SARS-CoV и MERS-CoV. Аденовирусная платформа использовалась для создания вакцины от лихорадки Эбола, а с платформой мРНК ранее проводились клинические испытания [2].

Однако ускоренная разработка вакцин создала в обществе настороженность в их отношении. Процент сомневающихся в вакцинах от COVID-19 варьируется в зависимости от региона: США и Западная Европа демонстрируют самый низкий уровень доверия, в то время как в Китае наблюдается более позитивное отношение к иммунизации. Опасения в отношении вакцин от COVID-19 во многом обусловлены возможной недостаточной изученностью, обусловленной темпами клинических исследований, что, как следствие, вызывает недоверие к их безопасности [1, 3].

В современных условиях мнение о вакцинах и вакцинации формирует не только профессиональное сообщество, но и ресурсы, не прошедшие рецензирование и не имеющие какой-либо

экспертной оценки. При большом количестве доступных источников информация способна ввести в заблуждение, особенно при недостаточном уровне знаний в области иммунопрофилактики. В последнее время растет популярность нейросетей, которые также способны моделировать мировосприятие своих пользователей. Массовое распространение нейросетей вызывает опасения относительно используемых ими источников, полноты предоставляемой информации, затрагивает этические вопросы касательно авторства, нейтральности в вопросах, не имеющих однозначного ответа, а также поднимает вопрос об ответственности [4, 5].

В ходе пандемии последовательно сменялись генетические варианты вируса SARS-CoV-2. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) представила классификацию линий и клад SARS-CoV-2, используя буквы греческого алфавита, в соответствии с их значимостью для пандемии; в частности, использовались термины VOC — «вариант, вызывающий опасения» (Альфа, Бета, Гамма, Дельта, Омикрон), VOI — «вариант, вызывающий интерес» и VUM — «вариант, находящийся под наблюдением». Увеличение генетического разнообразия является особенностью эволюции РНК-вирусов. Наличие РНК-полимеразы повышает вероятность ошибок, порождающих множественные мутации. Самая высокая скорость мутации в SARS-CoV-2 наблюдается в гене S (поверхностный антиген), что увеличивает сродство к ACE2 (ангиотензинпревращающий фермент 2), позволяющая вирусу ускользать от иммунного ответа, что влияет на эпидемиологические и патогенетические характеристики, такие как базовое репродуктивное число (R_0), трансмиссивность и летальность. Вакцины оказали сильное селективное давление на изменчивость вируса SARS-CoV-2. Вместе с тем вакцинация в значительной степени снижает заболеваемость, госпитализацию и летальность [6].

Несмотря на то, что пандемия завершилась, вирус SARS-CoV-2 продолжает циркулировать в популяции. Он способен уклоняться от нейтрализующих антител, что может быть критично для групп риска тяжелого течения данной инфекции [7]. По имеющимся данным, у лиц, наиболее уязвимых для COVID-19, наряду с повышенным риском заражения и развития осложнений, изначально более низкие показатели сероконверсии, а также у них быстрее происходит снижение эффективности вакцинации [8, 9]. Введение бустерных доз вакцины группам риска способно восстановить защиту от COVID-19, снижая частоту госпитализации, тяжелого течения и последствий перенесенной

инфекции, вызванной SARS-CoV-2, в течение нескольких месяцев [10, 11]. Несмотря на преимущества вакцинации для групп риска, в обществе по-прежнему существует настороженность в адрес новых вакцин, в том числе в отношении их безопасности [12, 13]. При наличии альтернативы вакцин от COVID-19, имеющихся в организациях здравоохранения Республики Беларусь, возникновение НЯ после вакцинации часто является определяющим фактором в пользу того или иного производителя. Пополнение объема данных о безопасности вакцин от COVID-19 может значительно снизить тревожность в их отношении [12].

Цель исследования

Изучить гуморальный иммунный ответ и оценить частоту поствакцинальных явлений при использовании различных вакцин против COVID-19 в ходе пандемии с учетом смены штаммов вируса.

Материалы и методы

Оценку поствакцинального иммунного ответа проводили методом иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием микропланшетного фотометра Sunrise Tecan (Австрия). Для проведения ИФА использованы наборы реагентов производства ЗАО «Вектор-Бест» (РФ), предназначенные для количественного определения иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2 — «SARS-CoV-2-IgG количественный-ИФА-БЕСТ» и дифференциального определения иммуноглобулинов класса G к S-белку SARS-CoV-2 «SARS-CoV-2-IgG спектр-ИФА-БЕСТ».

Исследования безопасности вакцин «Спутник V», Sinopharm и Soberana Plus проводились на базе научно-исследовательской лаборатории УО «Гомельский государственный медицинский университет». Участники исследования заполняли анкету, где предложено было указать дату рождения, наличие хронических заболеваний, анамнез по COVID-19, а также перечислить поствакцинальные реакции (если таковые имели место), их интенсивность и продолжительность. Все участники исследования были информированы о целях исследования и предстоящих процедурах, у всех было получено информированное письменное согласие на участие в исследовании.

В исследовании частоты НЯ после первичной иммунизации от COVID-19 вакцинами «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) и Sinopharm (BBIBP-CoV) участвовало 60 человек. На долю мужчин пришлось 30 % (18 человек), женщины составили 70 % участников (42 человека). В анамнезе у 28,3 % (17 человек) присутствовали хронические

заболевания. Участники исследования были разделены на две равные группы исходя из полученной ими вакцины:

— 50 % участников (30 человек) были привиты вакциной «Спутник V» (Gam-COVID-Vac, РФ): 11 мужчин (36,7 %) и 19 женщин (63,3 %);

— 50 % участников (30 человек) привиты вакциной Sinopharm (BBIBP-CorV, КНР): 7 мужчин (23,3 %) и 23 женщины (76,7 %).

В исследовании частоты НЯ после введения бустерной вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) приняли участие 98 человек. Медиана возраста составила 21 год [19; 22]: 84 человека (85,7 %) младше 25 лет, 8 человек (8,2 %) в возрасте 25–45 лет, 6 человек (6,1 %) старше 45 лет. О наличии хронических заболеваний сообщили 14 участников (14,3 %). Большинство участников исследования составили женщины (80,6 %), на долю мужчин пришлось 19,4 % — 19 человек. В качестве первичной иммунизации от COVID-19 участники были привиты вакциной «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) / «Спутник Лайт» — 54 человека, или 55,1 % участников; вакциной Sinopharm (BBIBP-CorV) — 21 человек, или 21,4 % участников; вакцинами «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) / «Спутник Лайт» и Sinopharm (BBIBP-CorV) — 19 человек, или 19,4 % участников; были не привиты или указали другие вакцины 4 человека, или 4,1 % участников.

В клиническом исследовании инактивированной бустер-вакцины «БелКовидВак» было включено 135 участников: 24 человека в первом этапе и 111 — во втором (74 участника получили вакцину «БелКовидВак», 37 участников получили плацебо (изотонический раствор 0,5 мл натрия хлорида). Возраст участников варьировался от 19 до 61 года. Медиана возраста составила 44 года [38; 49]. На долю мужчин пришлось 51,9 % (70 человек), женщины составили 48,1 % (65 человек).

Выделение РНК SARS-CoV-2 проводи-

ли с использованием коммерческого набора («АртБиоТех», Республика Беларусь). Выявление РНК SARS-CoV-2 осуществлялось методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) на амплификаторе с детекцией в режиме реального времени, с использованием тест-системы «АртТест COVID-19», с эндогенным внутренним контрольным образцом.

Для генотипирования позитивных образцов проводили выявление генетических линий B.1.617.2 (дельта-штамм SARS-CoV-2) и B.1.1.529 (омикрон-штамм SARS-CoV-2) на основе характерных для них мутаций методом одностадийной ОТ-ПЦР с детекцией результатов в режиме «реального времени» с использованием коммерческих наборов «АртТест COVID-19», комплектация ВТ («АртБиоТех», Республика Беларусь). Образцы, которые не относились к генетическим линиям B.1.617.2 (дельта-штамм SARS-CoV-2) и B.1.1.529 (омикрон-штамм SARS-CoV-2), обозначались как «другие генетические линии, не относящиеся к B.1.617.2 (дельта-штамм SARS-CoV-2) и B.1.1.529 (омикрон-штамм SARS-CoV-2)».

Статистическая обработка данных проведена с помощью языка программирования для статистического анализа данных R (версия 4.2.1). Уровень значимости установлен $p < 0,05$.

Результаты

Для изучения преобладающих штаммов SARS-CoV-2 в популяции было проведено генотипирование образцов у 487 пациентов г. Гомеля и Гомельской области, у которых методом ПЦР была выявлена РНК SARS-CoV-2. Для генотипирования коммерческой тест-системой «АртТест COVID-19», комплектация ВТ («АртБиоТех», Республика Беларусь) были использованы две группы, обследованные в 2021 и 2022 гг. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты генотипирования общей РНК SARS-CoV-2 за 2021–2022 гг.
Table 1. SARS-CoV-2 RNA genotyping results for 2021–2022

Период исследования	Количество пациентов с выявленной общей РНК SARS-CoV-2	Средний возраст (медиана)	Частота встречаемости генетической линии B.1.1.529 (омикрон-штамм SARS-CoV-2), % (количество)	Частота встречаемости генетической линии B.1.617.2 (дельта-штамм SARS-CoV-2), % (количество)	Частота встречаемости других генетических линий SARS-CoV-2, не относящихся к B.1.1.529 и B.1.617.2
Май 2021 – декабрь 2021	257	46,0 (44,8)	2,3 (6)	67,3 (173)	30,4 (78)
Январь 2022 – сентябрь 2022	230	43,6 (42,2)	5,2 (12)	1,3 (3)	93,5 (215)

Как видно из данных таблицы 1, в период с мая 2021 г. по декабрь 2021 г. 67,3 % образцов соответствовали генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 2,3 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2 и, соответственно, 30,4 % принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2. В период с января 2022 г. по сентябрь 2022 г. 1,3 % образцов соответствовали генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 5,2 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2 и

соответственно 93,5 % принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2.

Изучение продолжительности циркуляции иммуноглобулинов класса G к вирусу SARS-CoV-2 проводилось в ходе клинического исследования инактивированной бустер-вакцины «БелКовидВак» (2023–2024 гг.).

На рисунке 1 отражена динамика концентрации IgG к вирусу SARS-CoV-2 у участников клинического исследования. Наиболее высокая концентрация IgG наблюдалась на 90-й день после введения вакцины «БелКовидВак» и плацебо.

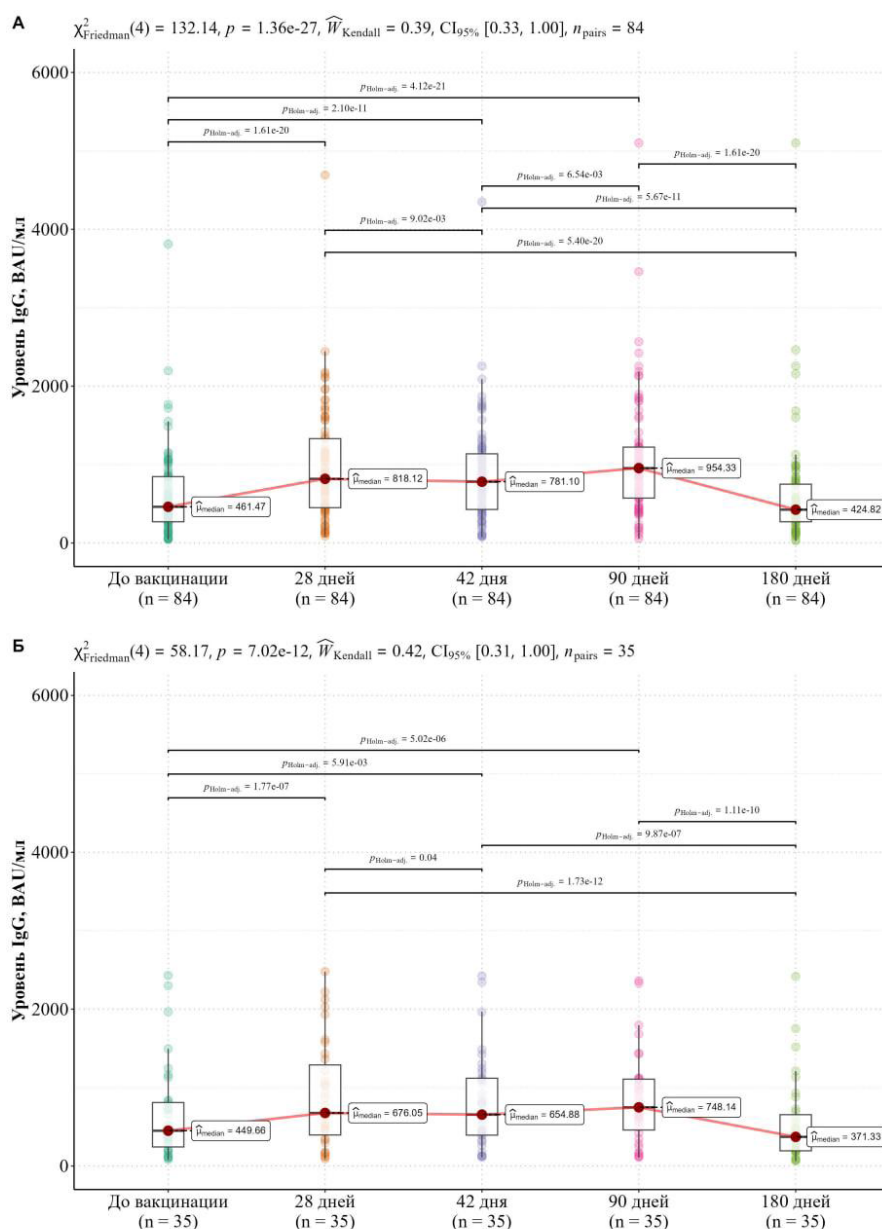


Рисунок 1. Изменение концентрации иммуноглобулинов класса G к поверхностному гликопротеину S коронавируса SARS-CoV-2 (BAU/мл) у участников исследования до введения на 28-й, 42-й, 90-й и 180-й день после введения:

А — вакцина «БелКовидВак»; Б — плацебо

Figure 1. Changes in concentration of IgG to the surface glycoprotein S of SARS-CoV-2 coronavirus (BAU/ml) in the study participants before administration, for the 28th day, 42th day, 90th day and 180th day after administration:

A — BelCovidVac vaccine; B — placebo

В исследовании частоты НЯ после первичной иммунизации от COVID-19 вакцинами «Спутник V» (Gam-COVID-Vac) и Sinopharm (BBIBP-CoV) у 45 % участников (27 человек) были зарегистрированы НЯ, все они имели легкую или среднюю степень выраженности. Наиболее часто участники исследования отмечали болезненность (74,1 %, или 20 человек) и покраснение (11,1 %, или 3 человека) в месте введения вакцины, также сообщалось о повышении температуры тела до субфебрильных значений продолжительностью до трех дней (40,7 %, или 11 человек), некоторые участники сообщали о нескольких НЯ. Участники исследования также отмечали слабость (3,7 %, или 1 человек), головную боль (3,7 %, или 1 человек), отечность места введения вакцины (3,7 %, или 1 человек). НЯ после введения вакцины от COVID-19 при-

существовали в обеих группах участников исследования ($p = 0,12$), однако, в группе вакцинированных «Спутником V» статистически значимо чаще отмечалась повышенная температура тела ($p = 0,006$).

В ходе проведенного исследования вакцины «БелКовидВак» было зарегистрировано 209 НЯ у 100 его участников. Большинство из них имели легкую или умеренную степень выраженности, были непродолжительными и не требовали медикаментозного вмешательства. Частота встречаемости НЯ была сопоставима в группах после введения вакцины и плацебо и составила: 55,7 % в группе получивших вакцину и 59,5 % в группе плацебо (рисунок 2). Статистически значимых различий между группами вакцинации и плацебо не обнаружено ($p = 0,841$).

Распределение участников по наличию НЯ (Этап 2, n=134)

Тест χ^2 Пирсона: $p = 0,841$

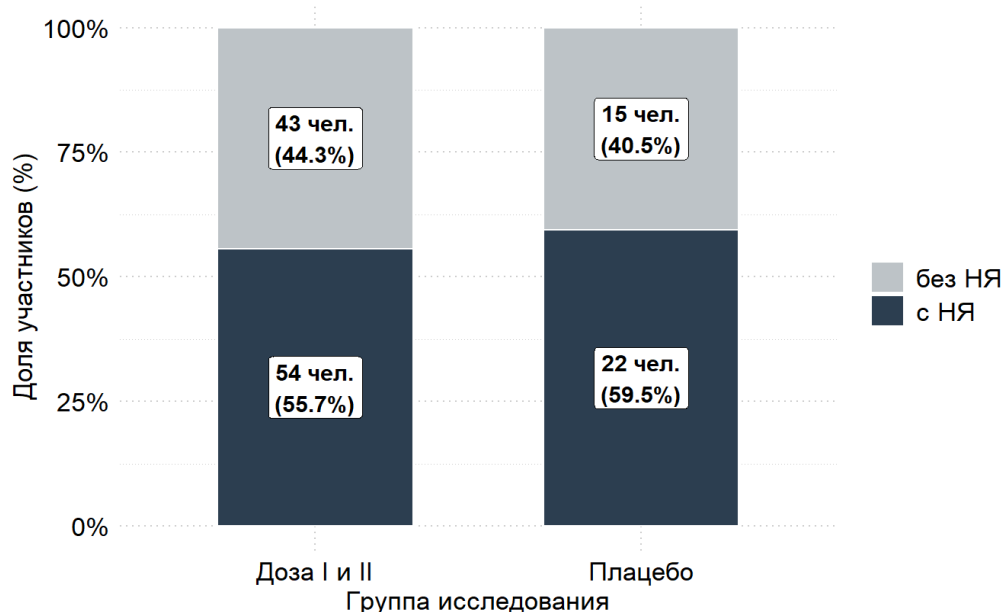


Рисунок 2. Сопоставление частоты нежелательных явлений после введения вакцины «БелКовидВак» и плацебо
Figure 2. Comparison of adverse reactions frequency after administration of BelCovidVac vaccine and placebo

При сравнении группы с НЯ по категориям выявлено статистически значимое различие по частоте возникновения боли в месте инъекции. В группе вакцинированных это событие регистрировалось значимо чаще ($p = 0,048$). Сравнение групп по другим категориям не выявило статистически значимых различий (рисунок 3).

О НЯ после введения бустерной вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) сообщили 37 человек (37,8 %). Поствакцинальные реакции были легкой или умеренной степени выраженности и не требовали медицинской помощи. Наиболее часто регистрировались следующие НЯ: болез-

ненность в месте введения вакцины (33,7 % случаев — 33 человека), повышение температуры тела (10,2 % случаев — 10 человек), отечность (3,1 % случаев — 3 человека) и покраснение места введения вакцины (3,1 % случаев — 3 человека), также участники исследования сообщали о нескольких НЯ.

При сопоставлении частоты НЯ в возрастных группах (рисунок 4) наибольшее число поствакцинальных реакций было у участников младше 25 лет (39,3 %), однако данное сравнение не имело статистической значимости ($p = 0,71$).

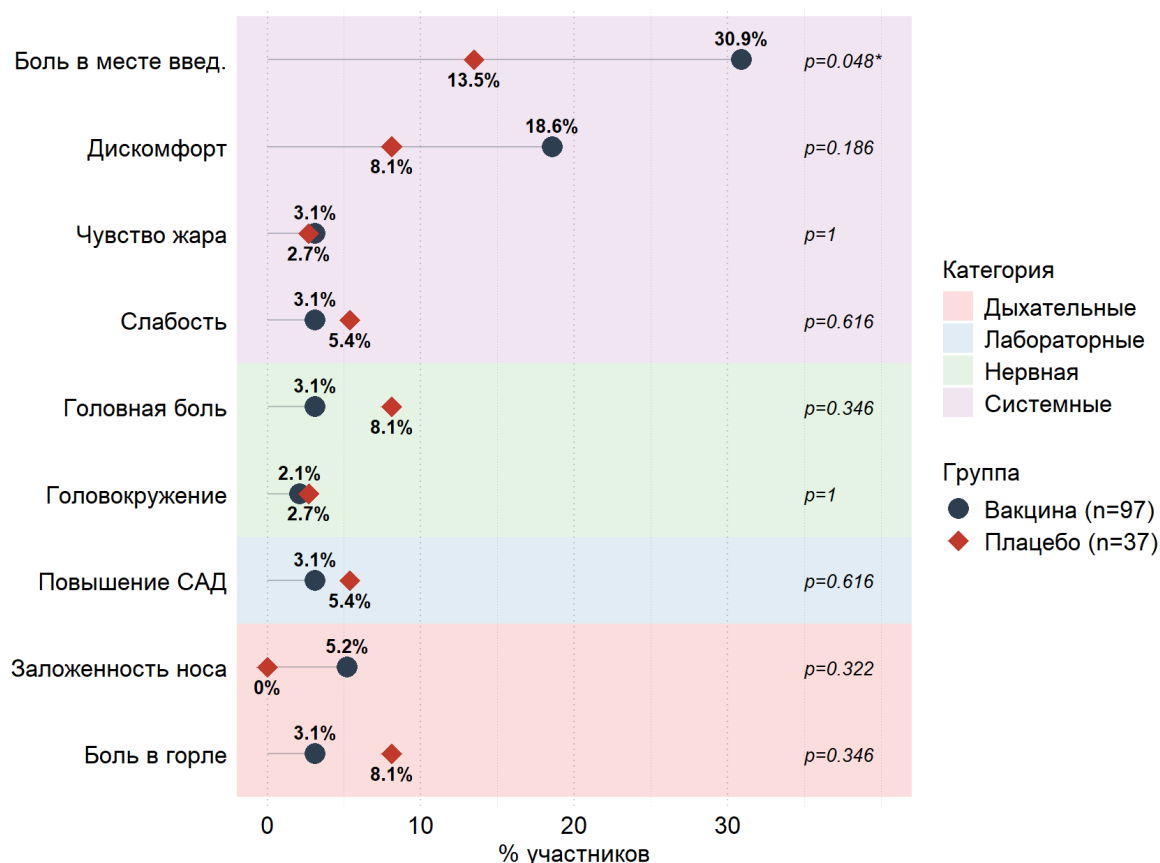


Рисунок 3. Сопоставление частоты нежелательных явлений после введения вакцины «БелКовидВак» и плацебо по категориям

Figure 3. Comparison of adverse reactions frequency after administration of BelCovidVac vaccine and placebo by category

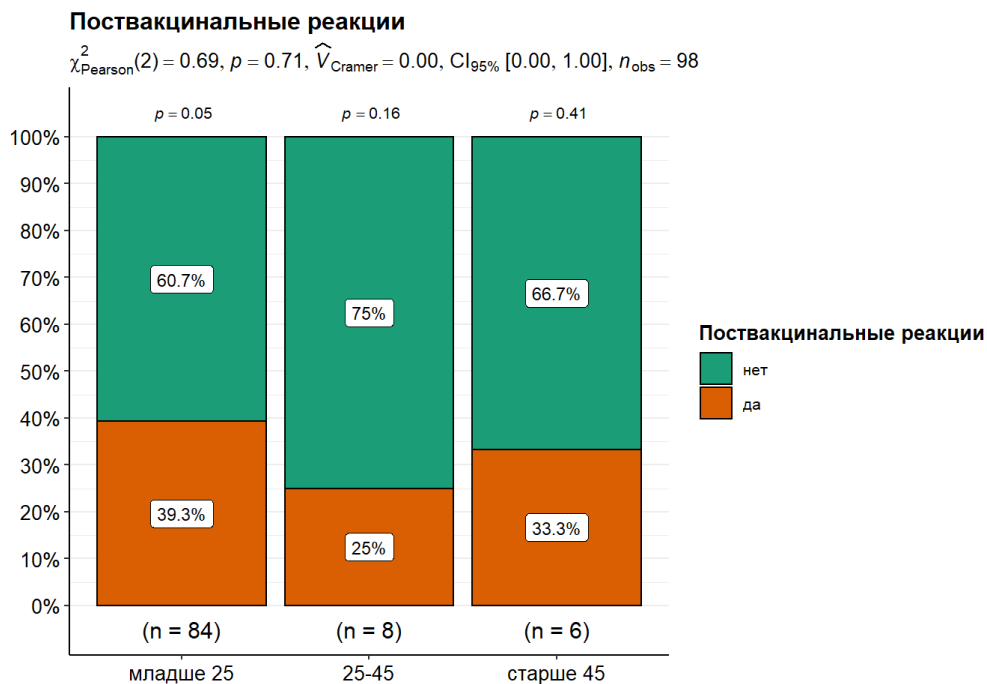


Рисунок 4. Сопоставление частоты нежелательных явлений после введения бустерной вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) в возрастных группах «младше 25 лет», «25–45 лет», «старше 45 лет»

Figure 4. Comparison of adverse reactions frequency after after administration of Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) booster vaccine in age groups “under 25 years old”, “25-45 years old”, “over 45 years old”

Обсуждение

По результатам генотипирования в период с мая 2021 г. по декабрь 2021 г. 67,3 % образцов соответствовали генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 2,3 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2, в период с января 2022 г. по сентябрь 2022 г. генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2 соответствовало 1,3 % образцов, к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2 относились 5,2 % образцов, большинство образцов (93,5 %) принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2, не относящимся к штаммам B.1.1.529 и B.1.617.2.

В ходе пандемии наиболее значимыми генетическими вариантами SARS-CoV-2 были альфа (2020–2021 гг.), дельта (2021–2022 гг.) и омикрон (с ноября 2021 г. по настоящее время). Вариант омикрон был впервые выявлен в Республике Беларусь в декабре 2021 г., впоследствии вытеснив остальные генетические варианты. С конца 2022 г. по настоящий момент 100 % выявляемых образцов составляют рекомбинантные варианты SARS-CoV-2, которые являются гибридом варианта омикрон [14].

Сохраняется необходимость вакцинации от COVID-19 наиболее уязвимых категорий граждан [8, 9]. Постепенно цель вакцинации смещается с предотвращения симптоматической инфекции SARS-CoV-2 к снижению тяжести течения COVID-19 [15]. Продолжительность защитного действия вакцин от COVID-19 находится в пределах 3–6 месяцев [16, 17]. Бустерная доза инактивированной вакцины против SARS-CoV-2 может обеспечить дополнительную защиту от инфекции, вызываемой вирусом омикрон, в течение 120 дней после вакцинации, затем ее эффективность снижается [18]. Эффективность вакцин быстрее снижается против симптоматической инфекции, чем против тяжелого течения COVID-19 [19]. Эффективность ревакцинации против COVID-19 выше, если интервал между дозами более 9 месяцев, по сравнению с интервалом 5–9 месяцев [18].

При изучении продолжительности циркуляции IgG к SARS-CoV-2 инактивированной бустер-вакцины «БелКовидВак» (2023–2024 гг.) наибольшая концентрация IgG была выявлена через 90 дней после иммунизации. К 180 дню после введения вакцины «БелКовидВак» уровень IgG значительно снизился. Ранее нами проводились исследования продолжительности циркуляции антител после иммунизации от COVID-19 вакцинами «Спутник V» и Sinopharm (2021 г.), Soberana Plus (2022–2023 гг.), разрешенными к применению в Республике Беларусь, где полу-

чены аналогичные данные по продолжительности гуморального иммунитета: через 6 месяцев после введения вакцин «Спутник V» и Sinopharm уровень IgG к SARS-CoV-2 значительно снижается по сравнению с уровнем IgG через 42 дня после иммунизации ($p > 0,001$) [20]; после введения вакцины Soberana Plus (FINLAY-FR-1A) высокий уровень IgG к SARS-CoV-2 сохранялся на 90-й день после иммунизации, однако через 180 дней после иммунизации снизился по сравнению с показателем, полученным через 90 дней ($p = 0,02$) [21].

По данным многочисленных исследований безопасности вакцин от COVID-19, наиболее частыми нежелательными поствакцинальными явлениями были местные (болезненность, дискомфорт в месте инъекции) и системные реакции легкой и умеренной степени (головная боль, слабость, повышение температуры тела, миалгия, болезненность суставов и костей, озноб, потливость) [5]. Большинство поствакцинальных реакций не требует медицинской помощи [9].

Появление данных о нежелательных поствакцинальных явлениях со стороны сердечно-сосудистой системы повысило настороженность в обществе. По данным исследований, иммунизация мРНК-вакцинами (Pfizer-BioNTech и Moderna) повышает риск миокардита и перикардита, в основном у молодых мужчин (12,6 случая на миллион доз мРНК-вакцин против COVID-19, введенных мужчинам в возрасте 16–29 лет). Большинство отмеченных состояний были непродолжительными и имели легкую или умеренную степень тяжести. Связи мРНК-вакцин с инфарктом миокарда или сердечной аритмией выявлено не было [22]. У привитых вакцинами на основе аденовирусных векторов (AstraZeneca и Johnson&Johnson) отмечались редкие случаи тромбоза с синдромом тромбоцитопении [1, 7].

Стоит отметить, что, в отличие от редких кратковременных нежелательных явлений после вакцинации, инфекция COVID-19 является причиной многих сердечно-сосудистых заболеваний, а также приводит к осложнениям со стороны дыхательной, нервной, иммунной системы, желудочно-кишечного тракта, печени и почек [3, 22].

Во многих странах мира практикуют сезонную вакцинацию, вводя вакцину от COVID-19 и гриппа одновременно [23]. По данным VAERS (Vaccine Adverse Event Reporting System), частота НЯ при одновременном введении вакцин от COVID-19 и гриппа сопоставима с частотой при их раздельном введении. В ряде случаев при совместном введении вакцин преобладали системные поствакцинальные реакции (головная боль, озноб, чувство усталости, пирексия) [24].

В нашем исследовании выявленные НЯ после введения инактивированной вакцин «Спутник V», Sinopharm, «БелКовидВак» и Soberana Plus не отличались от таковых после введения других вакцин, широко применяемых в мировой практике.

Учитывая сохраняющуюся иммуногенность вакцин от COVID-19, несмотря на периодическую смену штаммов SARS-CoV-2, вакцины, созданные на основе ранее циркулировавших штаммов, не теряют актуальности [25].

Заключение

В период с мая 2021 г. по декабрь 2021 г. 67,3 % образцов соответствовало генетической линии дельта-штамма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 2,3 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2. В период с января 2022 по сентябрь 2022 г. 1,3 % образцов соответствовали генетической линии дельта-штам-

ма SARS-CoV-2 B.1.617.2, а 5,2 % относились к генетической линии B.1.1.529 омикрон-штамма SARS-CoV-2, 93,5 % принадлежали к другим генетическим линиям вируса SARS-CoV-2.

Наибольшая концентрация IgG к SARS-CoV-2 наблюдалась на 90-й день после введения вакцин «БелКовидВак» и Soberana Plus (FINLAY-FR-1A), к 180-му дню после введения вакцин уровень IgG значительно снизился. После иммунизации вакцинами «Спутник V» и Sinopharm уровень IgG SARS-CoV-2 значительно снизился через 6 месяцев.

Частота НЯ после введения вакцин от COVID-19 («Спутник V» (Gam-COVID-Vac), Sinopharm (BBIBP-CorV)), Soberana Plus (FINLAY-FR-1A), «БелКовидВак») сопоставима с частотой НЯ после иммунизации от других инфекций. Большинство НЯ были легкой или средней степени выраженности, не требовали медикаментозного вмешательства и разрешились самостоятельно.

Список литературы / References

- Bin Abdulrahman K, Bin Abdulrahman A. Scrutinizing the COVID-19 vaccine safety debate. *Human Vaccines Immunotherapeutics*. 2024;20(1):2401646. DOI: <https://doi.org/10.1080/21645515.2024.2401646>
- Zasada AA, Darlińska A, Wiatrzyk A, Woźnica K, Formińska K, et al. COVID-19 Vaccines over Three Years after the Outbreak of the COVID-19 Epidemic. *Viruses*. 2023;15(9):1786. DOI: <https://doi.org/10.3390/v15091786>
- Jiesisibieke ZL, Liu WY, Yang YP, Chien CW, Tung TH. Effectiveness and Safety of COVID-19 Vaccinations: An Umbrella Meta-Analysis. *International Journal of Public Health*. 2023;68:1605526. DOI: <https://doi.org/10.3389/ijph.2023.1605526>
- Daungsupawong H, Wiwanitkit V. ChatGPT and safety of COVID-19 vaccines. *Human Vaccines Immunotherapeutics*. 2023;19(2):2263982. DOI: <https://doi.org/10.1080/21645515.2023.2263982>
- Josiah BO, Uzor CC, Duncan BA, Enebeli EC, Otoboyor NL. Efficacy, safety, and public attitude toward COVID-19 vaccines: A systematic review. *Annals of African Medicine*. 2023;22(4):405-414. DOI: https://doi.org/10.4103/aam.aam_13_23
- González-Vázquez LD, Arenas M. Molecular Evolution of SARS-CoV-2 during the COVID-19 Pandemic. *Genes (Basel)*. 2023 Feb 4;14(2):407. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes14020407>
- Feikin DR, Higdon MM, Andrews N, Collie S, Deloria Knoll M, et al. Assessing COVID-19 vaccine effectiveness against Omicron subvariants: Report from a meeting of the World Health Organization. *Vaccine*. 2023;41(14):2329-2338. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.02.020>
- Kirsebom FCM, Andrews N, Stowe J, Ramsay M, Lopez Bernal J. Duration of protection of ancestral-strain monovalent vaccines and effectiveness of bivalent BA.1 boosters against COVID-19 hospitalisation in England: a test-negative case-control study. *Lancet Infect Dis*. 2023;23(11):1235-1243. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(23\)00365-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00365-1)
- Frankenthal D, Zatlawi M, Karni-Efrati Z, Keinan-Boker L, Glatman-Freedman A, et al. Evaluation of adverse events and comorbidity exacerbation following the COVID-19 booster dose: A national survey among randomly-selected booster recipients. *PLoS One*. 2025;20(7):e0326231. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326231>
- Antonelli M, Penfold RS, Canas LDS, Sudre C, Rjoob K, et al. SARS-CoV-2 infection following booster vaccination: Illness and symptom profile in a prospective, observational community-based case-control study. *J Infect*. 2023;87(6):506-515. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2023.08.009>
- Chemaitelly H, Ayoub HH, Tang P, Coyle P, Yassine HM, et al. Long-term COVID-19 booster effectiveness by infection history and clinical vulnerability and immune imprinting: a retrospective population-based cohort study. *Lancet Infect Dis*. 2023;23(7):816-827. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(23\)00058-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(23)00058-0)
- Majumder MAA, Bharatha A, Kumar S, Chatterjee M, Gupta S, et al. Self-reported side effects of COVID-19 vaccines among health professions students in India. *PeerJ*. 2024;12:e17083. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.17083>
- Khan F, Khan MT, Zaman S, Mujtaba S, Batool A, et al. Side Effects of COVID-19 Vaccines Among Diabetic Subjects and Healthy Individuals. *Cureus*. 2023;15(3):e36005. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.36005>
- Гасич ЕЛ, Булда КЮ, Коско АД, Дашкевич АМ, Горбунов ВА. Мониторинг геновариантов SARS-CoV-2 на территории Республики Беларусь в 2023 г. В сб.: «Противодействие новой коронавирусной инфекции и другим инфекционным заболеваниям» и «Результаты и перспективы сотрудничества совместных научных центров по изучению и профилактике инфекционных болезней в странах Африки, Азии и Южной Америки». Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции и Международной конференции. Саратов, 2023. С. 66-68.
- Gasich EL, Bulda KYu, Kosko AD, Dashkevich AM, Gorbunov VA. Monitoring of SARS-CoV-2 genovariants in the territory of the Republic of Belarus in 2023. In: Countering the New Coronavirus Infection and Other Infectious Diseases" and "Results and Prospects for Cooperation of Joint Scientific Centers for the Study and Prevention of Infectious Diseases in Africa, Asia and South America". Saratov, 2023. P. 66-68.
- Wang X, Zhang Y, Huang C, Yang H, Jiang C, et al. Booster vaccines dose reduced mortality in hospitalized COVID-19 patients requiring oxygen supplementation: Evidence from the Beijing Omicron outbreak. *Hum Vaccin Immunother*. 2024;20(1):2361500. DOI: <https://doi.org/10.1080/21645515.2024.2361500>

16. Süner AF, Ergör G, Çağlayan D, Türe N, Güzel I, et al. Waning Humoral Immune Response Following the Third and Fourth SARS-CoV-2 Vaccine: A Cohort Study in Healthcare Workers. *Influenza Other Respir Viruses*. 2024;18(9):e70003. DOI: <https://doi.org/10.1111/irv.70003>
17. Rodriguez Velásquez S, Biru LE, Hakiza SM, Al-Gobari M, Triulzi I, et al. Long-term levels of protection of different types of immunity against the Omicron variant: a rapid literature review. *Swiss Med Wkly*. 2024;154:3732. DOI: <https://doi.org/10.57187/s.3732>
18. Liu D, Feng S, Sha F, Liao Y, Xie X, et al. Inactivated SARS-CoV-2 Vaccine Booster Against Omicron Infection Among Quarantined Close Contacts. *JAMA Netw Open*. 2023;6(10):e2339507. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.39507>
19. Tamandjou Tchuem CR, Auvigne V, Vaux S, Montagnat C, Paireau J, et al. Vaccine effectiveness and duration of protection of COVID-19 mRNA vaccines against Delta and Omicron BA.1 symptomatic and severe COVID-19 outcomes in adults aged 50 years and over in France. *Vaccine*. 2023;41(13):2280-2288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.02.062>
20. Корсак ЕС, Стома ИО, Воропаев ЕВ, Осипкина ОВ, Ковалев АА. Изучение гуморального иммунитета против коронавирусной инфекции COVID-19 у привитых вакцинами, доступными в Республике Беларусь (Спутник V (Gam-COVID-Vac), РФ и Sinopharm (BBIBP-CorV), КНР). *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2023;22(1):28-37. DOI: <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2023-22-1-28-37>
21. Корсак ЕС, Воропаев ЕВ, Осипкина ОВ, Ковалев АА, Стома ИО. Иммунологическая эффективность бустерной вакцины «Soberana Plus» (FINLAY-FR-1A). *Проблемы здоровья и экологии*. 2024;21(4):26-36. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-4-03>
22. Chang Y, Lv G, Liu C, Huang E, Luo B. Cardiovascular safety of COVID-19 vaccines in real-world studies: a systematic review and meta-analysis. *Expert Review of Vaccines*. 2023;22(1):25-34. DOI: <https://doi.org/10.1080/14760584.2023.2150169>
23. Kenigsberg TA, Hanson KE, Klein NP, Zerbo O, Goddard K, et al. Safety of simultaneous vaccination with COVID-19 vaccines in the Vaccine Safety Datalink. *Vaccine*. 2023;41(32):4658-4665. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2023.06.042>
24. Moro PL, Zhang B, Ennulat C, Harris M, McVey R, et al. Safety of co-administration of mRNA COVID-19 and seasonal inactivated influenza vaccines in the vaccine adverse event reporting system (VAERS) during July 1, 2021-June 30, 2022. *Vaccine*. 2023;41(11):1859-1863. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.12.069>
25. García-Rivera D, Rodríguez-González M, Paredes-Moreno B, Puga-Gomez R, Ricardo-Delgado Y, et al. Safety and Cross-Neutralizing Immunity Against SARS-CoV-2 Omicron Sub-Variant After a Booster Dose with SOBERANA® Plus in Children and Adolescents. *Vaccines (Basel)*. 2025;27;13(12):1198. DOI: <https://doi.org/10.3390/vaccines13121198>

Информация об авторе / Information about the author

Корсак Екатерина Сергеевна, ассистент кафедры эпидемиологии и доказательной медицины, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3461-3246>

e-mail: katsiaryna.korsak@gsmu.by

Katsiaryna S. Korsak, Assistant at the Department of Epidemiology and Evidential Medicine, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3461-3246>

e-mail: katsiaryna.korsak@gsmu.by

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Корсак Екатерина Сергеевна
e-mail: katsiaryna.korsak@gsmu.by

Katsiaryna S. Korsak
e-mail: katsiaryna.korsak@gsmu.by

Поступила в редакцию / Received 06.04.2026

Поступила после рецензирования / Accepted 07.05.2026

Принята к публикации / Revised 04.09.2026