

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ



<https://elibrary.ru/nsulzf>

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

Бакаев В.В.¹, Марданлы С.Г.^{1,2}, Гашенко Т.Ю.^{1,2}, Марданлы С.С.¹, Жигалева О.Н.¹

ПОСТКОВИДНЫЙ СИНДРОМ И РЕСПИРАТОРНЫЕ ИНФЕКЦИИ: ПРОЯВЛЕНИЯ И КЛИНИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ (КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

¹ АО «ЭКОлаб», 142530, Электрогорск, Россия;

² ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет», 142611, Орехово-Зуево, Россия

Постковидный синдром (ПКС) является серьезным длительным состоянием, возникающим у значительной части пациентов после острой стадии инфекции SARS-CoV-2. Несмотря на использование вакцин и различных методов лечения инфекции, клинические проявления постковидного синдрома, включая хроническую усталость, респираторные, когнитивные и аутоиммунные дисфункции, остаются серьезным, недостаточно изученным и трудно поддающимся лечению осложнением. В данном кратком обзоре представлена предварительная оценка данных, демонстрирующих потенциал острых респираторных инфекций (ОРИ) бактериального и вирусного происхождения в изменении течения ПКС. Установлено, что бактериальные инфекции способны приводить к усугублению ряда симптомов ПКС. С другой стороны, некоторые вирусы могут, стимулируя иммунный ответ, ослаблять хроническое воспаление и патологическую реактивацию герпесвирусов у пациентов с данным синдромом. Необходимо проведение дальнейших исследований для выяснения возможных механизмов влияния и последствий респираторных инфекций у пациентов с постковидным состоянием.

Ключевые слова: коронавирус, постковидный синдром, острые респираторные инфекции (ОРИ), эпидемиологические исследования

Для цитирования: Бакаев В.В., Марданлы С.Г., Гашенко Т.Ю., Марданлы С.С., Жигалева О.Н. Постковидный синдром и респираторные инфекции: проявления и клинические последствия (краткий обзор литературы). *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2025; 30; 1: 28-32.

DOI: <https://doi.org/10.51620/3034-1981-2025-30-1-28-32>

EDN: NSULZF

Для корреспонденции: Бакаев Валерий Владимирович, доктор биол. наук, консультант НПО ПЦР, АО «ЭКОлаб», 142530, Московская обл., ул. Буденного д. 1а; e-mail: bakayev@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование. Исследование финансировалось АО «ЭКОлаб».

Поступила 01.02.2025

Принята к печати 17.03.2025

Bakayev V.V.¹, Mardanly S.G.^{1,2}, Gashenko T.Yu.^{1,2}, Mardanly S.S.¹, Zhigaleva O.N.¹

POST-COVID SYNDROME AND RESPIRATORY INFECTIONS: MANIFESTATIONS AND CLINICAL IMPLICATIONS (BRIEF LITERATURE REVIEW)

¹ JSC "EKOLab", 142530, Elektrogorsk, Russia;

² State Educational Institution of Higher Education of the Moscow Region "State Humanitarian and Technological University", 142611, Orekhovo-Zuevo, Russia

Post-COVID syndrome (PCS) is a serious long-term condition that occurs in a significant portion of patients following SARS-CoV-2 acute infection. Despite the use of vaccines and various treatment methods for the infection, the clinical manifestations of post-COVID syndrome, including chronic fatigue, respiratory, cognitive, and autoimmune dysfunctions, remain a serious, insufficiently studied, and difficult-to-treat complication. This brief review presents a preliminary assessment of data demonstrating the potential of acute respiratory infections (ARIs) of bacterial and viral origin in altering the course of PCS. It has been found that bacterial infections can lead to the worsening of several PCS symptoms. On the other hand, some viral infections may, by stimulating the immune response, mitigate chronic inflammation and pathological reactivation of herpesviruses in patients with this syndrome. Further research is necessary to determine the possible mechanisms of influence and consequences of respiratory infections in patients with post-COVID conditions.

Key words: coronavirus; post-COVID syndrome; acute respiratory infections (ARI); epidemiological studies

For citation: Bakayev V.V., Mardanly S.G., Gashenko T.Yu., Mardanly S.S., Zhigaleva O.N. Post-covid syndrome and respiratory infections: manifestations and clinical implications (brief literature review). *Epidemiologiya I Infektsionnye bolezni (Epidemiology and infectious diseases)*. 2025; 30; 1: 28-32. (in Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.51620/3034-1981-2025-30-1-28-32>

EDN: NSULZF

For correspondence: Valery V. Bakayev, Doctor of Biol. Sciences, consultant - NPO PCR, "EKOLab" JSC, 142530, Moscow region, st. Budennogo 1a; e-mail: bakayev@gmail.com

Information about authors:

Bakayev V.V., <https://orcid.org/0009-0005-5264-5606>;
Mardanly S.G., <https://orcid.org/0000-0003-3650-2363>;
Gashenko T.Yu., <https://orcid.org/0000-0001-6768-2251>;
Mardanly S.S., <https://orcid.org/0000-0002-4440-6075>;
Zhigaleva O.N., <https://orcid.org/0000-0002-5003-1089>.

Funding. The study was funded by “EKOLab” JSC.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received 01.02.2025

Accepted 17.03.2025

Введение. Пандемия SARS-CoV-2 привела к масштабному появлению постковидного синдрома (ПКС, long COVID), состоянию переболевших COVID-19 пациентов, которое характеризуется спектром серьезных хронических симптомов, сохраняющихся более 12 недель после острой фазы инфекции [1-4]. Современные подходы к лечению ПКС включают симптоматическую терапию, реабилитацию и иммунотерапию, но их эффективность остается ограниченной [4-6]. В этой связи особое внимание привлекают вторичные острые респираторные инфекции (ОРИ) в связи с их влиянием на иммунный статус пациентов с ПКС и обусловленный этим прогноз течения заболевания.

Постковидный синдром представляет собой значимую проблему общественного здравоохранения, затрагивающую значительную часть пациентов, перенесших COVID-19. По имеющимся оценкам, в 2020–21 гг. примерно у 17 миллионов человек в Европейском регионе наблюдались долгосрочные последствия COVID-19 [4-7]. Этот синдром характеризуется разнообразными затяжными симптомами, включая, но не ограничиваясь, утомляемостью, нарушениями сна, когнитивными расстройствами, респираторными и аутоиммунными дисфункциями. По данным многочисленных исследований, 10–20% пациентов, включая перенесших легкую форму болезни, могут демонстрировать такие симптомы даже спустя многие месяцы после исходного заболевания. Это серьезно влияет на их качество жизни, особенно для уязвимых групп населения, таких как пожилые люди и лица с хроническими заболеваниями, и приводит к снижению трудоспособности и значительным экономическим потерям [4-7].

Актуальность темы обзора обусловлена как высокой частотой встречаемости синдрома, так и сложностью его терапии. На сегодняшний день отсутствуют единые рекомендации по диагностике данного состояния, что затрудняет подходы к лечению и повышает риск хронизации. Сравнительная оценка развития постковидного синдрома у переболевших различными вариантами SARS-CoV-2 показывает, что его степень и проявления могут варьировать в зависимости от штамма вируса [7]. Более поздние вирулентные штаммы, такие как Дельта, связаны с более выраженными симптомами ПКС, включая когнитивные нарушения, дыхательные проблемы и хроническую усталость, тогда как ранние варианты вируса имеют менее выраженные последствия. Ввиду этого, необходимы дополнительные исследования, направленные на изучение факторов, влияющих на течение постковидного синдрома, а также поиск новых методов лечения, способствующих выздоровлению пациентов.

Одним из важных направлений, требующих допол-

нительного внимания, является изучение влияния респираторных инфекций на динамику постковидного синдрома. Исследования показывают, что перенесенные острые респираторные заболевания (ОРЗ) могут оказывать значительное влияние на иммунный ответ и общее состояние пациентов с ПКС [7-10].

Целью данного исследования является предварительная оценка эффекта респираторных инфекций на состояние пациентов с постковидным синдромом. Выявленные механизмы их проявления и влияния на иммунный статус могут быть использованы для разработки эффективных подходов к лечению и реабилитации пациентов, страдающих от этого сложного состояния.

1. Постковидный синдром.

Постковидный синдром, также известный как «долгий COVID», представляет собой комплексное состояние с набором симптомов, которые продолжают развиваться после острого периода заболевания. Исследования показывают, что ПКС наблюдается у пациентов, перенесших COVID-19, независимо от тяжести первоначальной инфекции [6-9]. Симптомы, включающие хроническую усталость, одышку, когнитивные нарушения (так называемый «туман в голове»), боли в суставах и мышцах, а также депрессию и тревожность, могут варьировать по интенсивности и продолжительности, что делает диагностику и конвенциональное лечение данного состояния достаточно сложными [8, 9]. Встречаемость синдрома может варьировать в зависимости от множества факторов, таких как возраст, пол, сопутствующие заболевания и тяжесть первичной инфекции [8, 9].

Хотя механизмы, лежащие в основе ПКС, до конца не изучены, предполагается, что они могут быть связаны с длительным воспалением, нарушением микроциркуляции, аутоиммунными реакциями и реорганизацией нейронных цепей. В некоторых случаях отмечается наличие следов SARS-CoV-2 в организме или реактивация латентных, в т.ч. герпесвирусных инфекций, способных вызывать значительные патологические изменения и продлевать течение воспалительных процессов [10-12]. Пациенты с постковидным состоянием и реактивированными герпесвирусными инфекциями (EBV, HHV6 и др.) находятся в группе высокого риска развития различных патологий, включая ревматологические заболевания [11, 12].

2. Вторичные инфекции у пациентов с постковидным синдромом.

Вторичные инфекции после острой фазы COVID-19 наблюдались у пациентов с самого начала пандемии, однако позднее их частота и спектр патогенов расширились. Некоторые из этих инфекций становятся все

более угрожающими для жизни, особенно среди уязвимых групп населения. Детальные исследования указывают на долгосрочные повреждения и дисфункции, которые COVID-19 вызывает в иммунной системе, даже после легкого течения заболевания. Ранее было задокументировано, что COVID-19 может вызывать длительное состояние иммуно компрометации, вероятно, из-за активации и последующего истощения Т-клеток. Следовательно, постковидный синдром, можно отнести к длительным иммунокомпромиссным состояниям, в ходе которых вероятность вторичных инфекций заметно повышается [8-12].

Инфекции, вызывающие острые респираторные заболевания (ОРЗ) и респираторно-вирусные инфекции (ОРВИ), составляют значительную часть (от 70 до 90 %, в зависимости от локальной популяции) всех инфекционных болезней у людей. Структура респираторных инфекций разнообразна и за последние десятилетия расширилась за счет новых патогенов. Сейчас известно более 200 возбудителей, включая вирусы, бактерии, грибы, простейшие и их комбинации. Смешанные инфекции, когда присутствует более одного типа возбудителя, встречаются у более половины заболевших.

Респираторные инфекции могут быть вызваны целым рядом бактерий, среди которых наиболее известны *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus*, представители семейства *Enterobacteriaceae*, *Legionella pneumophila*, *Bordetella pertussis* (коклюш), и *Corynebacterium diphtheriae* (дифтерия) [13]. К вирусам, вызывающим респираторные инфекции, относятся такие, как аденовирусы (adenoviruses), метапневмовирус человека (human metapneumovirus), вирусы парагриппа и гриппа (parainfluenza and influenza viruses), респираторно-синцитиальный вирус (RSV), риновирус (rhinovirus), энтеровирус (enterovirus), коронавирусы (coronaviruses), новый коронавирус (SARS-CoV-2) и другие. Как известно, для диагностики бактериальных инфекций проводится бактериоскопический, иммунологический, и бактериологический (посев биоматериала, например, мокроты, мочи, крови) анализы с целью определения возбудителя. Дифференциальная диагностика вирусных инфекций осуществляется при помощи иммунологических и молекулярно-генетических тестов [14, 15]. Информативным является и клинический анализ крови, поскольку при бактериальной инфекции часто можно наблюдать повышенный уровень нейтрофилов, тогда как при вирусной-увеличение числа лимфоцитов [13].

Результаты многочисленных исследований показывают, что вторичные инфекции могут оказывать значительное влияние на состояние иммунной системы у пациентов, в т.ч. на фоне ПКС. Существуют данные о том, что кратковременные острые респираторные инфекции могут приводить к активации специфических звеньев иммунного ответа, способствуя тем самым изменению состояния пациентов. Например, респираторные вирусные инфекции, могут стимулировать выработку антител и активацию Т-клеток, что может привести к временной ремиссии симптомов основного заболевания [16]. Кроме того, краткосрочные инфекции могут вызывать явления перекрестного иммунитета, когда иммунный ответ на один патоген может обеспечивать

защиту от другого, что подчеркивает перспективность исследований для понимания того, как такие инфекции могут влиять на иммунитет у пациентов с ПКС.

К возможным механизмам влияния вторичной респираторной инфекции можно отнести перестройку иммунитета. ОРВИ, такие как риновирус, парагрипп, коронавирусы могут влиять на иммунный статус через три ключевых механизма:

- перекрестный иммунитет – выработка IgG к общей структуре вирусных капсидов (например, М-protein у SARS-CoV-2 и других бета-коронавирусов) [16];

- активация стволовых клеток – вирусные инфекции индуцируют циклическое активирование гемопоэтических стволовых клеток (HSPC), что восстанавливает лимфоидные популяции [17];

- восстановление Трег-клеток – молекулярные структуры, ассоциированные с патогенами (PAMPs), стимулируют производство IL-10, подавляющего аутоиммунные реакции [16].

3. Может ли мягкая респираторная инфекция привести к улучшению состояния пациентов с ПКС?

Известно, что SARS-CoV-2 в острой фазе увеличивает восприимчивость к бактериальной ко-инфекции, ее патогенность, поэтому необходимы дополнительные исследования для улучшения методов терапии заболеваний, связанных с бактериальной пневмонией у пациентов с COVID-19 [18].

Тем не менее, существуют клинические наблюдения, которые указывают на то, что у некоторых пациентов с ПКС после перенесенной краткосрочной респираторной инфекции возможно улучшение состояния. Например, в ряде случаев инфекция респираторными вирусами, такими как риновирус или сезонные коронавирусы, приводила парадоксальным образом к ремиссии симптомов у пациентов с длительным ПКС [16-18]. Среди специфических эффектов данных патогенов и ассоциированных иммунологических механизмов ремиссии наиболее вероятными являются:

Ингибирование воспаления: вирусные инфекции стимулируют производство интерферонов, подавляющих активацию NF-κB [19].

Подавление герпесвирусной активности – антитела к новым вирусам могут блокировать реактивацию латентных герпес-вирусов.

Омоложение Т-клеток – вирусные антигены индуцируют экспрессию рецепторов Т-клеток (TCR) с восстановлением цитотоксической активности [20].

Однако, большинство вторичных инфекций имеют негативный эффект на состояние пациентов с ПКС, у многих больных в результате бактериальной или вирусной инфекции (например, вирусом гриппа), наблюдается усиление симптомов [18, 19]. Поэтому необходимо тщательно исследовать и оценивать индивидуальные риски и потенциальные последствия инфекционных заболеваний для пациентов с ПКС. Особое внимание должно быть уделено гендерным различиям, что может отражать особенности иммунного ответа, связанные с полом, и требует дальнейшего изучения для персонализации лечения. Несмотря на статистически значимые улучшения симптомов у некоторых пациентов, включая снижение усталости, одышки и когнитивных нарушений, предварительные результаты требуют подтверждения в рамках рандомизированных контролируемых

емых испытаний, чтобы оценить безопасность, долгосрочные последствия и возможные условия применения данных подходов в терапии.

Заключение. Постковидный синдром является сложным, поли-симптоматическим и многофакторным заболеванием, требующим дальнейших наблюдений и исследований. Респираторные инфекции, в том числе бактериального и вирусного происхождения, благодаря их способности вызывать иммунный ответ могут оказывать значительное влияние на воспалительные и аутоиммунные процессы, протекающие в организме больных ПКС. Активация специфических популяций лимфоцитов при вторичных инфекциях может демонстрировать значительный потенциал, зачастую в ухудшении состояния, а иногда – для ремиссии, у таких пациентов. Предварительные результаты открывают определенные перспективы для новых направлений в использовании природных иммуномодуляторов, но подчеркивают необходимость правильной оценки из-за рисков реактивации латентных инфекций и индивидуальных вариаций восприимчивости. Понимание роли инфекций в изменении иммунного ответа и их возможное влияние на улучшение состояния может помочь при разработке новых методов в лечении и реабилитации для пациентов, страдающих от ПКС. Комплексный подход, сочетающий клиническую практику, иммунологические исследования и эпидемиологический надзор, станет ключом к разработке эффективных терапевтических протоколов.

ЛИТЕРАТУРА (пп. 1, 5, 8, 10–13, 16–20 см. REFERENCES)

2. Вступительное слово Генерального директора ВОЗ на брифинге по COVID-19 11.03.2020. <https://www.who.int/ru/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>
3. Кутырев В.В., Попова А.Ю., Смоленский В.Ю., Ежлова Е.Б., Демин Ю.В., Сафронов В.А., Карнаузов И.Г., Иванова А.В., Щербакова С.А. Эпидемиологические особенности новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Сообщение 1: Модели реализации профилактических и противоэпидемических мероприятий. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020(1): 6–13. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-1-6-13
4. Асфандиярова Н.С. Постковидный синдром. *Клиническая медицина*. 2021; 99(7–8): 429–435. DOI: 10.30629/0023-2149-2021-99-7-8-429-435
5. Бакаев В.В., Марданлы С.Г., Ханина М.А., Гашенко Т.Ю., и Жигалева О.Н. Эпидемиологические исследования в контексте пандемии COVID-19 и эпидемий гриппа: от настоящего к будущему (обзор литературы). *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2024; 29(1): 5–9. DOI: 10.51620/EIB-2024-29-1-5-9
6. Бакаев В.В., Марданлы С.Г., Гашенко Т.Ю., Марданлы С.С., Жигалева О.Н. К вопросу о влиянии разных вариантов SARS-CoV-2 на развитие и тяжесть постковидного синдрома (краткий обзор литературы). *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2024; 29(4): 236–241. DOI: /10.51620/3034-1981-2024-29-4-236-241
7. Арутюнов Г. П., Тарловская Е. И., Арутюнов А. Г. от имени группы соавторов. Клинические особенности постковидного периода. Результаты международного регистра “Анализ динамики коморбидных заболеваний у пациентов, перенесших инфицирование SARS-CoV-2 (АКТИВ SARS-CoV-2)”. Предварительные данные (6 мес. наблюдения). *Российский кардиологический журнал*. 2021; 26(10): 4708. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4708
8. Жигалева О.Н., Ермолаев И.И., Марданлы С.Г., Гашенко Т.Ю., Помазанов В.В. Разработка набора реагентов для обнаружения РНК вируса SARS-CoV-2 в насо- и орофарингеальных мазках методом прямой полимеразной цепной реакции в режиме реального времени. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2022; 67(12): 739–43. DOI: 10.51620/0869-2084-2022-67-12-739-743
9. Марданлы С.Г., Попова Т.В. Разработка иммуноферментной системы для выявления специфических IgG к коронавирусу SARS-CoV-2 методом иммунного блоттинга в формате «line blot». *Эпидемиология и Вакцино-профилактика*. 2022; 21(4): 103–12. DOI: 10.31631/2073-3046-2022-21-4-103-112
10. Zhou P, Yang XL, Wang XG, Hu B, Zhang L, Zhang W, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin // *Nature*. 2020; 579: P. 270–273. DOI: 10.1038/s41586-020-2012-7
11. Asfandiyarova N.S. Post-COVID-19 syndrome. *Klinicheskaya meditsina*. 2021; 99(7–8): 429–35. DOI: 10.30629/0023-2149-2021-99-7-8-429-435 (in Russ)
12. World Health Organization. Statement on the fifteenth meeting of the IHR (2005) Emergency Committee on the COVID-19 pandemic. [https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-\(covid-19\)-pandemic](https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-(covid-19)-pandemic). Publ. May 5, 2023. Accessed May 8, 2023.
13. Bakayev V.V., Mardanly S.G., Khanina M.A., Gashenko T.Yu., Zhigaleva O.N. Epidemiological studies in the context of the COVID-19 pandemic and influenza epidemics: from present to future (review of literature). *Epidemiologiya i Infektsionnye bolezni*. 2024; 29(1): 5–9. DOI: 10.51620/EIB-2024-29-1-5-9 (in Russ.)
14. Bakayev V.V., Mardanly S.G., Gashenko T.Yu., Mardanly S.S., Zhigaleva O.N. On the issue of the influence of different variants of SARS-CoV-2 on the development and severity of post-COVID syndrome (a brief literature review). *Epidemiologiya i Infektsionnye bolezni (Epidemiology and Infectious Diseases)*. 2024; 29(4): 236–241. DOI: 10.51620/3034-1981-2024-29-4-236-241 (in Russ.).
15. Anaya J.-M., Rojas M., Salinas M.L., Rodríguez Y., Roa G., Lozano M., et al. Post-COVID syndrome. A case series and comprehensive review. 2021; *Autoimmun Rev*. 20(11): 102947. doi: 10.1016/j.autrev.2021.102947
16. Arutyunov G.P., Tarlovskaya E.I., Arutyunov A.G. on behalf of coauthors. Clinical features of post-COVID-19 period. Results of the international register “Dynamic analysis of comorbidities in SARS-CoV-2 survivors (AKTIV SARS-CoV-2)”. Data from 6-month follow-up. *Russian Journal of Cardiology*. 2021; 26(10): 4708. DOI: 10.15829/1560-4071-2021-4708 (in Russ)
17. Vojdani A., Vojdani E., Saidara E., Maes M. Persistent SARS-CoV-2 Infection, EBV, HHV-6 and Other Factors May Contribute to Inflammation and Autoimmunity in Long COVID. *Viruses*. 2023; 15: 400. doi: 10.3390/v15020400
18. Zubchenko S., Kril I., Nadizhko O., Matsyura O., Chopyak V. Herpesvirus infections and post-COVID-19 manifestations: a pilot observational study. *Rheumatol Int*. 2022; 42(9):1523–30. DOI: 10.1007/s00296-022-05146-9
19. Shafiee A., Amini M.J., Arabzadeh Bahri R., Jafarabady K., Salehi S.A., Hajishah H., Mozghani S.H. Herpesviruses reactivation following COVID-19 vaccination: A systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Med. Res*. 2023; 28: 278. doi: 10.1186/s40001-023-01238-9
20. Smith AP, Williams EP, Plunkett TR, Selvaraj M, Lane LC, Zalduondo L, Xue Y, Vogel P, Channappanavar R0, Jonsson CB, et al. Time-dependent increase in susceptibility and severity of secondary bacterial infections during SARS-CoV-2. *Front Immunol*. 2022; 13: 894534. doi:10.3389/fimmu.2022.894534
21. Zhigaleva O.N., Ermolaev I.I., Mardanly S.G., Gashenko T.Yu., Pomazanov V.V. Development of a set of reagents for the detection of SARS-CoV-2 virus RNA in naso- and oropharyngeal smears using direct polymerase chain reaction in real time. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika*. 2022; 67(12): 739–43. DOI: 10.51620/0869-2084-2022-67-12-739-743 (in Russ)
22. Dhawan N, Rabaan AA, Alwarthan S, Alhajri M, Halwani MA, Alshengeti A, et al. . Regulatory T cells (Tregs) and COVID-19: unveiling the mechanisms, and therapeutic potentialities with a special focus on long COVID. *Vaccines (Basel)*. 2023. 11: 699. doi: 10.3390/vaccines11030699
23. Friedrich S., Lang P., Bezgovsek J., Duhan V., Lang K. Mechanisms of

- lymphatic system-specific viral replication. *Clin. Exp. Immunol.* 2019; 195: 64–73. DOI: 10.1111/cei.13241
18. Feldman C, Anderson R. The Role of Co-Infections and Secondary Infections in Patients With COVID-19. *Pneumonia (Nathan)*. 2021; 13: 5. DOI: 10.1186/s41479-021-00083-w
19. Milani D, Caruso L, Zauli E, Al Owaifeer A.M., Secchiero P, Zauli G., Gemmati D., Tisato V. p53/NF-kB Balance in SARS-CoV-2 Infection: From OMICs, Genomics and Pharmacogenomics Insights to Tailored Therapeutic Perspectives (COVIDomics) *Front Pharmacol.* 2022; 13: 871583. DOI: 10.3389/fphar.2022.871583
20. Quiniou V., Barennes P., Mhanna V., Stys P., Vantomme H., Zhou Z., Martina F., Coatnoan N., Barbie M., Pham H.-P., Clémenceau B., Vie H., Shugay M., Six A., Brandao B., Mallone R., Mariotti-Ferrandiz E., Klatzmann D., Human thymopoiesis produces polyspecific CD8+ α/β T cells responding to multiple viral antigens. *eLife.* 2023; 12: e81274. DOI: 10.7554/eLife.81274