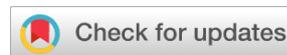


Оригинальное исследование  
<https://doi.org/10.36233/0372-9311-281>



## Гуморальный иммунитет к коклюшу у медицинских работников

Самодова О.В., Кригер Е.А.<sup>✉</sup>, Рогушина Н.Л., Звездина Ю.М., Шагров Л.Л.

Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

### Аннотация

**Введение.** Вакцинация является самым эффективным способом профилактики инфекционных заболеваний. Недостаточный охват вакцинацией медицинских работников — серьезная проблема всех учреждений здравоохранения. Отсутствие специфической защиты против коклюша обуславливает риск заболевания медицинских работников, в случае которого они становятся источником инфекции для пациентов. Коклюш — одна из наиболее актуальных вакциноконтролируемых инфекций, до настоящего времени остается проблемой общественного здравоохранения во многих странах, несмотря на высокий охват вакцинацией детей. Ревакцинация взрослых против коклюша не включена в Национальный календарь профилактических прививок Российской Федерации.

**Цель** работы — оценка гуморального иммунитета к коклюшу у медицинских работников инфекционных стационаров.

**Материалы и методы.** Проведено поперечное исследование с участием 252 медицинских работников. Участники исследования прошли опрос и были обследованы на антитела (иммуноглобулины G) к *Bordetella pertussis* методом иммуноферментного анализа.

**Результаты.** Доля медицинских работников, серонегативных к коклюшу, составила 46,8%, медицинских работников с неизвестным вакцинальным статусом — 40,5%. Более половины (55,6%) участников исследования были вакцинированы, 3,9% переболели коклюшем в детстве. Недавняя инфекция была установлена у 8,0% участников, имевших уровень антител к *Bordetella pertussis* выше 50 СвЕд/мл. Доля серонегативных к коклюшу (55,2%) была выше в возрастной группе моложе 30 лет в сравнении с другими возрастными группами. Медиана концентрации противокклюшных антител у серопозитивных медицинских работников — 28,3 СвЕд/мл.

**Заключение.** Наличие значительной доли серонегативных (46,8%) и перенёсших острую инфекцию подтверждает необходимость оптимизации специфической профилактики коклюша, в том числе иммунизации групп риска, к которым относятся медицинские работники, с целью снижения рисков возникновения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи.

**Ключевые слова:** вакцинация, гуморальный иммунитет, серопревалентность, медицинские работники, коклюш

**Этическое утверждение.** Исследование проводилось при добровольном информированном согласии пациентов. Протокол исследования одобрен комитетом по этике Северного государственного медицинского университета (протокол № 01/04-22 от 29.04.2022).

**Источник финансирования.** Внутривузовский грант ФГБОУ ВО СГМУ МЗ России по итогам конкурса на лучшие проекты молодых учёных по приоритетным направлениям инновационного развития СГМУ (приказ ректора № 9 от 26.01.2021).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Самодова О.В., Кригер Е.А., Рогушина Н.Л., Звездина Ю.М., Шагров Л.Л. Гуморальный иммунитет к коклюшу у медицинских работников. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2023;100(2):196–202.

DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-281> EDN: <https://www.elibrary.ru/ycdqxwm>

Original Study Article  
<https://doi.org/10.36233/0372-9311-281>

## Humoral immunity against pertussis among healthcare workers

Olga V. Samodova, Ekaterina A. Krieger<sup>✉</sup>, Natal'ya L. Rogushina, Uliya M. Zvezdina, Leonid L. Shagrov

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

### Abstract

**Background.** Vaccination is the most effective way to prevent infectious diseases. Inadequate vaccination coverage among healthcare workers is a major concern for healthcare organizations. The lack of specific immunity against pertussis represents the risk for acquiring a healthcare associated infection by medical staff but also of being a source of infection to patients. More than 70% of all healthcare associated infections are vaccine-preventable. Pertussis remains one of the most important vaccine-preventable infections and continues to be a public health concern even in countries with high vaccination coverage among children. Revaccination of adults against pertussis is not included in the National vaccination schedule of the Russian Federation.

**Aim.** To assess the humoral immunity against pertussis among healthcare workers of the infectious disease hospitals.

**Materials and methods.** We conducted a cross-sectional study that included 252 healthcare workers. All study participants were surveyed and tested for antibodies (immunoglobulins G) against *Bordetella pertussis* by enzyme immunoassay.

**Results.** The proportion of healthcare workers seronegative for pertussis was 46.8%. The healthcare workers with unknown vaccination status amounted to 40.5%. More than half (55.6%) of the participants have been vaccinated and 3.9% of them have had pertussis in childhood. A recent infection was confirmed in 8.0% of participants who had the level of antibodies to *Bordetella pertussis* greater than 50 U/ml. The largest proportion of participants seronegative to *Bordetella pertussis* (55.2%) was observed among those under 30 years. The median level of antibodies against pertussis in seropositive health workers was 28.3 U/ml.

**Conclusion.** The significant proportion of seronegative participants (46.8%) and those who had the recent infection underline the necessity of the improvement of pertussis prevention by implementation of vaccination in the risk groups, including healthcare workers to reduce the risk of healthcare associated infections.

**Keywords:** vaccination, humoral immunity, seroprevalence, healthcare workers, pertussis

**Ethics approval.** The study was conducted with the informed consent of the patients. The research protocol was approved by the Ethics Committee of the Northern State Medical University (protocol No. 01/04-22, April 29, 2022).

**Funding source.** Intra-university grant of the Northern State Medical University following the results of the competition for the best projects of young scientists in priority areas of innovative development of the SSMU (Order of the Rector No. 9, January 26, 2021).

**Conflict of interest.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**For citation:** Samodova O.V., Krieger E.A., Rogushina N.L., Zvezdina U.M., Shagrov L.L. Humoral immunity against pertussis among healthcare workers. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*. 2023;100(2):196–202. DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-281> EDN: <https://www.elibrary.ru/lydqxwm>

## Введение

Вакцинация является самым эффективным средством профилактики инфекционных заболеваний. Однако сомнения в отношении вакцинации или феномен, обозначаемый в литературе как «vaccine hesitancy» (нерешительность в отношении прививок), — явление, в настоящее время широко распространённое не только среди населения, но и среди медицинских работников (МР), которые в процессе профессиональной деятельности имеют повышенный риск инфицирования различными патогенами. По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), примерно 59 млн МР по всему миру ежедневно контактируют с опасными биологическими агентами, и, несмотря на это, в целом охват вакцинацией МР очень низок [1].

Недостаточный охват вакцинацией МР является серьёзной проблемой всех учреждений здравоохранения, поскольку отсутствие специфической защиты у МР, с одной стороны, создаёт риск их заражения управляемыми инфекциями в процессе профессиональной деятельности, с другой — риск заболевания пациентов, для которых персонал медицинской организации становится источником ин-

фекций, связанных с оказанием медицинской помощи, более 70% из которых (грипп, корь, вирусные гепатиты, коклюш) являются вакциноконтролируемыми, т.е. предотвратимыми [1, 2].

Одной из актуальных вакциноконтролируемых инфекций, а также инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, может быть коклюш, вспышки которого часто регистрируются в отделениях неонатального профиля и родильных домах. Диагностика вспышки коклюша среди сотрудников родильного дома в Хэмпшире (Великобритания) была затруднена из-за сезонного подъёма респираторных инфекций верхних дыхательных путей. Наибольшему риску были подвержены женщины со сроком беременности более 32 нед, которые не были привиты от коклюша во время беременности, и МР, не получавшие прививку от коклюша в течение предыдущих 5 лет [3].

Новорождённые и дети раннего возраста, госпитализированные в отделения интенсивной терапии новорождённых, составляют группу наиболее восприимчивых пациентов, учитывая неадекватный иммунный ответ и отсутствие вакцинации. Наибольшему риску коклюша, связанному с оказанием

медицинской помощи, подвержены недоношенные дети в связи с отсутствием или низким уровнем материнских антител. В этой группе коклюш характеризуется высокой летальностью, тяжестью течения и развитием осложнений в виде пневмонии, апноэ, судорог и энцефалопатии [4]. Вспышки нозокомиального коклюша описаны и среди взрослых пациентов, преимущественно иммунокомпрометированных [5], а также среди персонала хирургического госпиталя [6].

Коклюш остаётся проблемой общественно-здравоохранения во многих странах, несмотря на высокий охват вакцинацией детей. В России не регламентирована ревакцинация взрослых против коклюша, поэтому, учитывая непродолжительность поствакцинального противокклюшного иммунитета, формируется значительная когорта взрослых, восприимчивых к этой инфекции, что способствует поддержанию эпидемического процесса и инфицированию детей раннего возраста, не защищённых от коклюша [7]. Кроме того, у взрослых, в отличие от детей раннего возраста и подростков, длительность сохранения кашля после острого периода может достигать 100 дней, что значительно увеличивает период нетрудоспособности и требует длительной реабилитации [8].

Одной из задач Стратегии развития иммунопрофилактики инфекционных болезней на период до 2035 г., утверждённой распоряжением Правительства РФ № 2390-р от 18.09.2020, является разработка программ вакцинации профессиональных групп, в том числе МР. С учётом этой задачи в условиях продолжающейся пандемии новой коронавирусной инфекции целесообразна оценка серопревалентности МР к вакциноконтролируемым заболеваниям, отчасти ещё и потому, что МР не в полной мере оценивают личный риск, связанный с их профессиональной деятельностью [9]. Исследования, посвящённые изучению гуморального иммунитета к коклюшной инфекции у МР, немногочисленны [10–12]. Исходя из этого, изучение серопревалентности коклюша у МР является актуальным.

**Цель исследования:** оценка гуморального иммунитета к коклюшу у МР инфекционных стационаров.

### Материалы и методы

Проведено поперечное исследование с участием 252 МР инфекционных отделений Архангельской области (Архангельска, Северодвинска и Новодвинска) — сплошная выборка. Исследование включало опрос и забор венозной крови для определения уровня иммуноглобулинов класса G (IgG) к *Bordetella pertussis*. Анкета включала вопросы, касающиеся социодемографических (пол, возраст) и профессиональных характеристик участников (должность, стаж работы), а также сведений о по-

лученных профилактических прививках (прививочный сертификат) и перенесённых заболеваниях.

Лабораторные исследования проводились на базе центральной научной лаборатории Северного государственного медицинского университета. Гуморальный иммунитет к *B. pertussis* оценивали методом иммуноферментного анализа (ИФА), эффективность которого для верификации коклюша доказана многочисленными исследованиями. Установлено, что из всех имеющихся в настоящее время очищенных антигенных препаратов коклюшной бактерии предпочтение должно отдаваться коклюшному токсину и филаментозному гемагглютинину [13]. Отсутствие отечественных тест-систем ограничивает применение ИФА для серологической диагностики коклюша в России, поэтому исследование выполнено с использованием доступной зарубежной тест-системы «SeroPertussis IgG Savyon Diagnostics Ltd.», которая предназначена для полуколичественного определения специфических IgG антител к *B. pertussis* методом ИФА. Повышенные уровни антител к токсину *Pertussis* и волокнам гемагглютинина являются чувствительными серологическими маркерами для диагностики коклюша у взрослых и невакцинированных детей.

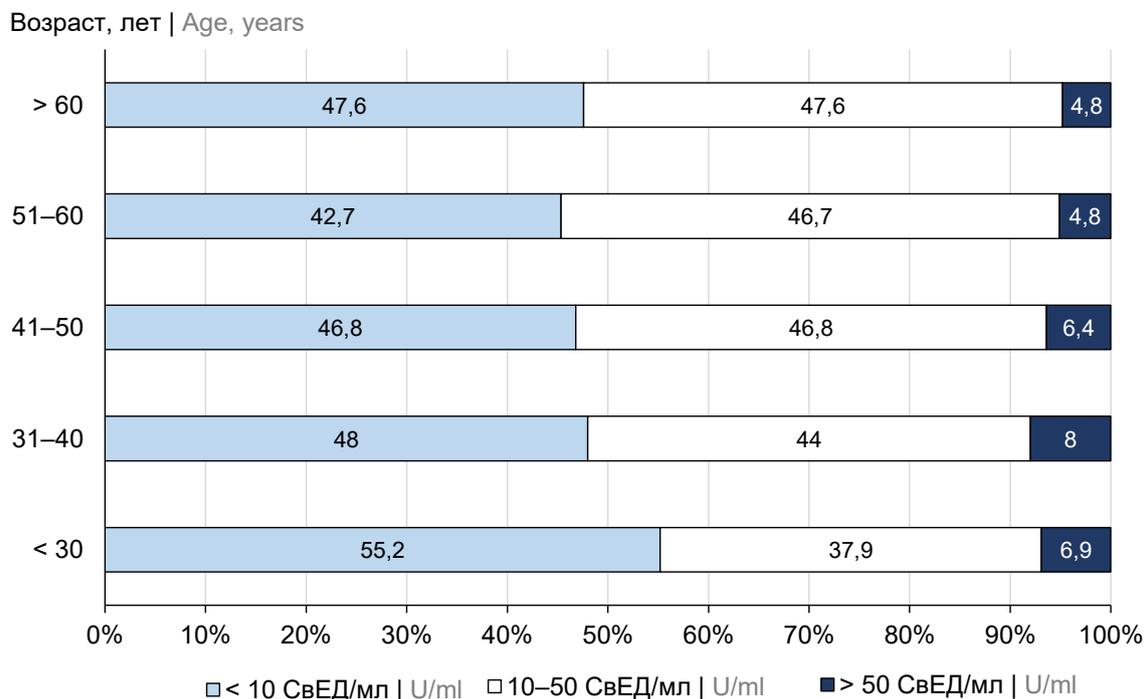
Согласно инструкции производителя к тест-системам, результат в диапазоне от 10 до 50 условных связавшихся единиц специфических IgG к *B. pertussis* в миллилитре (СвЕд/мл) расценивается как положительный, при концентрации IgG < 10 СвЕд/мл — как отрицательный. Уровень IgG > 50 СвЕд/мл указывает на недавно перенесённую инфекцию.

Результаты исследования представлены с указанием частот и долей для качественных данных, а также медианы, первого и третьего квартилей — для количественных данных. Для сравнения частот и долей использовали тест  $\chi^2$  Пирсона. Сравнение средних в 2 и 3 группах с непараметрическим распределением данных проводилось с использованием теста Манна–Уитни и критерия Краскела–Уоллиса соответственно.

### Результаты

Среди участников исследования преобладали женщины (94,8%). Медицинские сёстры составили 63,1%, врачи — 32,1%, вспомогательный персонал — 4,8%. Возраст участников варьировал от 21 до 81 года, медиана — 47 (38; 55) лет. Более 60% составляли МР в возрасте 40–60 лет. Стаж работы в отделениях инфекционного профиля для 65,1% МР превышал 10 лет.

Доля МР, не имевших антител к коклюшу, составила 46,8%. У 45,2% IgG определялись в количестве 10–50 СвЕд/мл, что подтверждает наличие поствакцинального или постинфекционного иммунитета. У 20 (8,0%) МР уровень антител к *B. pertussis*



Концентрация специфических антител (IgG) к *Bordetella pertussis* у МР разных возрастных групп.  
Concentration of specific antibodies (IgG) to *Bordetella pertussis* in different age groups of healthcare workers.

превышал 50 СвЕд/мл, что свидетельствует о недавно перенесённой инфекции. Большинство (70%) МР, недавно переболевших коклюшем, работали со взрослыми пациентами, и только 30% — с детьми. Стаж работы в инфекционных отделениях у 70% перенесших коклюш МР — более 10 лет.

Концентрация противокклюшных антител у серопозитивных МР варьировала от 10 до 75 СвЕд/мл, медиана составила 28,3 (16,7; 42,5) СвЕд/мл.

Высокий процент серонегативных лиц (55,2%) наблюдался среди МР моложе 30 лет, в более старших возрастных группах доля МР, не имеющих антител, варьировала от 42,7 до 48,0% (рисунки). Медианы концентрации антител не различались в зависимости от занимаемой должности ( $p = 0,87$ ) и стажа работы ( $p = 0,89$ ).

Вакцинальный статус 40,5% МР был неизвестен, 55,6% сообщили, что были вакцинированы адсорбированной коклюшно-дифтерийно-столбнячной вакциной в детском возрасте, 3,9% болели коклюшем ранее. МР старше 50 лет (52,1%) чаще не указывали вакцинального статуса в отношении коклюша в сравнении с более молодыми ( $\chi^2 = 14,0$ ;  $p < 0,01$ ). Средний (42,2%) и младший медицинский персонал (66,6%) чаще не знал своего вакцинального статуса по сравнению с врачами (33,3%;  $\chi^2 = 12,9$ ;  $p = 0,01$ ). Никто из обследованных МР не был вакцинирован/ревакцинирован против коклюша во взрослом возрасте.

У переболевших коклюшем, включая тех, кто болел в детстве, медиана концентрации антител

была выше — 38,2 (24,9; 75,0) СвЕд/мл, чем у тех, кто привит в детском возрасте, — 30,4 (16,9; 45,9) СвЕд/мл;  $p = 0,03$ .

## Обсуждение

МР — группа высокого риска возникновения и распространения вакциноконтролируемых инфекций [1, 14]. Во многих странах разработаны программы вакцинации медицинских работников, существуют нормативные документы, регламентирующие вакцинацию этой группы риска, хотя в целом охват прививками МР далёк от оптимального [15]. В России целевые программы вакцинации или системные рекомендации по вакцинации МР отсутствуют. Большинство российских научных исследований посвящены оценке специфического иммунитета МР к кори [16], гриппу, гепатиту В, новой коронавирусной инфекции [17, 18]. Проведённое исследование позволило оценить специфический иммунитет МР инфекционных стационаров, среди которых доля незащищённых от коклюша составила 46,8%.

В течение последних десятилетий отмечен рост заболеваемости коклюшем в мире, несмотря на высокий охват вакцинацией детей. С целью уменьшения бремени инфекции, учитывая, что взрослые могут быть источником инфекции для детей, предложены несколько стратегий вакцинации взрослых против коклюша: вакцинация беременных, стратегия кокона и вакцинация МР. В 9 странах вакцинация МР от коклюша рекомендована на национальном уровне [7]. В США, Канаде, Австралии, Нидер-

ландах, Германии и Великобритании вакцинации против коклюша подлежат все МР. Но особенно важна защита от коклюша сотрудников неонатальных, акушерских, педиатрических отделений, которых вакцинируют в Австрии, Финляндии, Норвегии и Бразилии [9]. По данным систематического обзора В.А. Randi и соавт., охват вакцинацией контролируется в США и Франции; в США он составил 6,1% в 2007 г. и повысился до 45,1% в 2015 г., во Франции был максимальным — 63,9% [9]. Доля серопозитивных в отношении *B. pertussis* МР в разных странах варьирует: 11,4% в Тунисе, 29,4% в Италии [9], 37,0% в Корее [11], 60,4% в Турции [12]. В нашем исследовании доля защищённых от коклюша, несмотря на отсутствие регламентированной в России вакцинации взрослых, составила 53,2% и была сопоставима в данными, представленными в описательном обзоре R. Squeri и соавт., — 40,0–63,9% [14].

Наличие значительной доли серонегативных участников проведённого исследования (46,8%) в условиях пандемии COVID-19 создаёт определённые риски возникновения вспышек коклюша в инфекционных отделениях стационаров [4], где пациенты с COVID-19 представляют достаточно уязвимую группу. В исследовании, проведённом в Китае, установлено, что у пациентов с COVID-19-пневмонией частота выделения *B. pertussis* составила 10,3%, что значительно выше, чем у пациентов с пневмонией и отрицательным результатом обследования на наличие SARS-CoV-2 — 4,25% ( $\chi^2 = 5,6$ ;  $p = 0,02$ ) [19]. Спастический приступообразный кашель, обусловленный *B. pertussis*, способствует распространению аэрогенным путём не только возбудителя коклюша, но и коронавируса, подавляет функцию иммунной системы и вызывает респираторные нарушения.

У 8,0% обследованных нами МР уровень антител к *B. pertussis* был высоким ( $> 50$  СвЕд/мл), что указывает на недавнюю инфекцию, которая, вероятно, протекала в лёгкой или субклинической форме, что наиболее характерно для взрослых, т.к. на факт перенесённого коклюша никто из респондентов не указал [20]. Результаты исследования, проведённого в Университетском педиатрическом госпитале Турции, выявили значительно больший удельный вес МР с недавно перенесённым коклюшем — 21,3%, что может быть связано с профилем стационара [12]. В исследовании корейских учёных доля МР с острой инфекцией составила 0,8% [11].

Большая часть серонегативных (55,2%) к коклюшу МР в нашем исследовании была выявлена в возрастной группе до 30 лет, что можно объяснить утратой поствакцинального иммунитета, а увеличение доли серопозитивных в группе старше 50 лет (56,3%) — наличием скрытой циркуляции *B. pertussis*, что способствует замене поствакцинального иммунитета на постинфекционный,

уменьшению доли восприимчивых МР, но увеличивает риск коклюша, связанного с оказанием медицинской помощи, для госпитализированных пациентов [21].

Ни вакцинация, ни перенесённая инфекция не формируют пожизненного иммунитета к коклюшу, тем не менее исследователи отмечают меньшую продолжительность поствакцинального иммунитета в сравнении с постинфекционным, что согласуется с полученными результатами, медиана концентрации антител была выше у болевших коклюшем в сравнении с привитыми ( $p = 0,03$ ) [22].

## Заключение

Проведённое исследование позволило оценить гуморальный иммунитет к коклюшу у МР инфекционных стационаров. Доля серопозитивных в отношении коклюша МР не превышала 53,2%. Концентрация противокклюшных антител среди серопозитивных варьировала 10 до 75 СвЕд/мл, медиана концентрации специфических антител у МР составила — 28,3 (16,7; 42,5) СвЕд/мл. У 8,0% обследованных уровень антител к возбудителю коклюша был более 50 СвЕд/мл, что свидетельствует об острой невыявленной инфекции. Наличие значительной доли серонегативных (46,8%) и перенёвших острую инфекцию подтверждает необходимость оптимизации специфической профилактики коклюша, в том числе иммунизации групп риска, к которым относятся МР, с целью снижения рисков возникновения инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ | REFERENCES

1. Genovese C., Picerno I.A.M., Trimarchi G., Cannavò G., Egitto G., Cosenza B., et al. Vaccination coverage in healthcare workers: a multicenter cross-sectional study in Italy. *J. Prev. Med. Hyg.* 2019;60(1):12–7. DOI: <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2019.60.1.1097>
2. Сергеева И.В., Тихонова Е.П., Андропова Н.В. и др. Заболеваемость медицинских работников инфекционными болезнями, связано ли это с профессиональной деятельностью. *Современные проблемы науки и образования.* 2015;(6):24. Sergeeva I.V., Tikhonova E.P., Andronova N.V., et al. Morbidity medical workers infectious diseases, whether it is connected with the professional activity. *Modern Problems of Science and Education.* 2015;(6):24. EDN: <https://www.elibrary.ru/vjppvd>
3. Petridou C., Gray H., Heard M., et al. Outbreak of pertussis among healthcare workers in a hospital maternity unit. *J. Infect. Prev.* 2017;18(5):253–5. DOI: <https://doi.org/10.1177/1757177417693678>.
4. Maltezou H.C., Ftika L., Theodoridou M. Nosocomial pertussis in neonatal units. *J. Hosp. Infect.* 2013;85(4):243–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2013.09.009>
5. Bassinet L., Matrat M., Njamkepo E., et al. Nosocomial pertussis outbreak among adult patients and healthcare workers. *Infect. Control. Hosp. Epidemiol.* 2004;25(11):995–7. DOI: <https://doi.org/10.1086/502332>
6. Pascual F.B., McCall C.L., McMurtray A., et al. Outbreak of pertussis among healthcare workers in a hospital surgical unit. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 2006;27(6):546–52. DOI: <https://doi.org/10.1086/506232>

7. Брико Н.И., Фельдблюм И.В., Субботина К.А. и др. Вакцинопрофилактика инфекционных заболеваний у взрослых. *Журнал инфектологии*. 2018;10(2):5–16. Briko N.I., Fel'dblyum I.V., Subbotina K.A., et al. Vaccinal prevention of infectious diseases in adults. *Journal Infectology*. 2018;10(2):5–16. DOI: <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2018-10-2-5-16> EDN: <https://www.elibrary.ru/xpvcsep>
8. Ломоносова А.В. *Эпидемиологические особенности и основные направления надзора и профилактики коклюша на современном этапе*: Дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2021. Lomonosova A.V. *Epidemiological features and main directions of supervision and prevention of whooping cough at the present stage*: Diss. Moscow; 2021.
9. Randi B.A., Sejas O.N.E., Miyaji K.T., et al. A systematic review of adult tetanus-diphtheria-acellular (Tdap) coverage among healthcare workers. *Vaccine*. 2019;37(8):1030–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.12.046>
10. Rodríguez de la Pinta M.L., Castro Lareo M.I., Ramon Torrell J.M., et al. Seroprevalence of pertussis amongst healthcare professionals in Spain. *Vaccine*. 2016;34(8):1109–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2015.12.036>
11. Choi W.S., Kim S.H., Park D.W. Seroprevalence of pertussis in healthcare workers without adult pertussis vaccine use at a university hospital in Korea. *J. Korean Med. Sci.* 2018;33(50):e321. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2018.33.e321>
12. Özer S., Oğuz V.A. Pediatric hospital healthcare workers and pertussis; a seroprevalence study. *Turk. J. Pediatr.* 2021;63(3):355–62. DOI: <https://doi.org/10.24953/turkjped.2021.03.002>
13. Попова О.П., Скирда Т.А., Федорова И.М. и др. Диагностическая ценность метода ИФА при коклюше у детей. *Детские инфекции*. 2016;15(2):36–40. Popova O.P., Skirda T.A., Fyodorova I.M., et al. The diagnostic value of ELISA method for pertussis in children. *Children Infections*. 2016;15(2):36–40. DOI: <https://doi.org/10.22627/2072-8107-2016-15-2-36-40> EDN: <https://www.elibrary.ru/vzwdxp>
14. Squeri R., Di Pietro A., La Fauci V., Genovese C. Healthcare workers' vaccination at European and Italian level: a narrative review. *Acta Biomed.* 2019;90(9-S):45–53. DOI: <https://doi.org/10.23750/abm.v90i9-S.8703>
15. Maltezou H.C., Theodoridou K., Ledda C., et al. Vaccination of healthcare workers: is mandatory vaccination needed? *Expert Rev. Vaccines*. 2019;18(1):5–13. DOI: <https://doi.org/10.1080/14760584.2019.1552141>
16. Ткаченко Т.Г., Дмитриев А.В., Гудков Р.А., Федина Н.В. Оценка состояния противокорревого иммунитета у сотрудников детской больницы. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2021; 20(4):73–8. Tkachenko T.G., Dmitriev A.V., Gudkov R.A., Fedina N.V. Assessment of the state of anti-measles immunity in medicine personnel of a children's hospital. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2021;20(4):73–8. DOI: <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2021-20-4-73-78> EDN: <https://www.elibrary.ru/tixtktx>
17. 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;20(2):49–57. Agafonova E.V., Kulikov S.N., Reshetnikova I.D., et al. Seroprevalence study results to SARS-CoV-2 in healthcare workers: age and professional aspects. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2021;20(2):49–57. DOI: <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2021-20-2-49-57> EDN: <https://www.elibrary.ru/hkllini>
18. Решетникова И.Д., Тюрин Ю.А., Агафонова Е.В. и др. Изучение особенностей гуморального иммунного ответа к новой коронавирусной инфекции COVID-19 среди медицинских работников. *Инфекция и иммунитет*. 2021;11(5):934–42. Reshetnikova I.D., Tyurin Y.A., Agafonova E.V., et al. Study of features of humoral immune response to the new coronavirus infection COVID-19 among healthcare workers. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2021;11(5):934–42. DOI: <https://doi.org/10.15789/2220-7619-SOT-1587> EDN: <https://www.elibrary.ru/iuugmk>
19. He F., Xia X., Nie D., et al. Respiratory bacterial pathogen spectrum among COVID-19 infected and non-COVID-19 virus infected pneumonia patients. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* 2020;98(4):115199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2020.115199>
20. Пименова А.С., Борисова О.Ю., Цвиркун О.В. и др. Эффективность применения молекулярно-генетической диагностики при обследовании очагов коклюшной инфекции. *Инфекция и иммунитет*. 2017;7(2):162–70. Pimenova A.S., Borisova O.Y., Tsvircun O.V., et al. Effectiveness of molecular-genetic diagnostics during pertussis infection foci examination. *Journal of Infection and Immunity*. 2017;7(2):162–70. DOI: <https://doi.org/10.15789/2220-7619-2017-2-162-170> EDN: <https://www.elibrary.ru/yskftfn>
21. Басов А.А., Цвиркун О.В., Герасимова А.Г. и др. Состояние специфического иммунитета к коклюшу в разных возрастных группах детей. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2015;14(3):84–8. Basov A.A., Tsvirkun O.V., Gerasimova A.G., et al. Condition of specific immunity to pertussis in different age groups of children. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2015;14(3):84–8. DOI: <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2015-14-3-84-88> EDN: <https://www.elibrary.ru/ucebmf>
22. Иозефович О.В. *Коклюшная инфекция у ранее привитых, сравнительная эффективность и безопасность цельноклеточной и бесклеточной коклюшных вакцин*: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. СПб.; 2020. Iozefovich O.V. *Pertussis infection in previously vaccinated, comparative efficacy and safety of whole-cell and cell-free pertussis vaccines*: Diss. St. Petersburg; 2020.

#### Информация об авторах

Самодова Ольга Викторовна — д.м.н., профессор, зав. каф. инфекционных болезней Северного государственного медицинского университета, Архангельск, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-6730-6843>

Кригер Екатерина Анатольевна<sup>✉</sup> — к.м.н., доцент каф. инфекционных болезней Северного государственного медицинского университета, Архангельск, Россия, [kate-krieger@mail.ru](mailto:kate-krieger@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5179-5737>

Рогушина Наталья Леонидовна — к.м.н., доцент каф. инфекционных болезней Северного государственного медицинского университета, Архангельск, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-0848-7461>

Звездина Юлия Михайловна — м.н.с. центра коллективного пользования лабораторным оборудованием центральной на-

#### Information about the authors

Olga V. Samodova — D. Sci. (Med.), Head, Department of infectious diseases, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-6730-6843>

Ekaterina A. Krieger<sup>✉</sup> — Cand. Sci. (Med.), associate professor, Department of infectious diseases, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia, [kate-krieger@mail.ru](mailto:kate-krieger@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5179-5737>

Natal'ya L. Rogushina — Cand. Sci. (Med.), associate professor, Department of infectious diseases, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-0848-7461>

Yulia M. Zvezdina — junior researcher, Central research laboratory, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-5725-0145>

учно-исследовательской лаборатории Северного государственного медицинского университета, Архангельск, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-5725-0145>

*Шагров Леонид Леонидович* — м.н.с. центра коллективного пользования лабораторным оборудованием центральной научно-исследовательской лаборатории Северного государственного медицинского университета, Архангельск, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-2655-9649>

**Участие авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

Статья поступила в редакцию 02.12.2022;  
принята к публикации 07.02.2023;  
опубликована 28.04.2023

*Leonid L. Shagrov* — junior researcher, Central research laboratory, Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia, <https://orcid.org/0000-0003-2655-9649>

**Author contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published.

The article was submitted 02.12.2022;  
accepted for publication 07.02.2023;  
published 28.04.2023