

## Особенности формирования популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 у сотрудников медицинских организаций в период распространения COVID-19

М.Н. Садыков<sup>1</sup>, В.Б. Зиятдинов<sup>2</sup>, И.Д. Решетникова<sup>2,3\*</sup>,  
Н.М. Хакимов<sup>4</sup>, Д.В. Лопушов<sup>4,5</sup>, Г.Ш. Исаева<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Министерство здравоохранения Республики Татарстан, г. Казань, Россия;

<sup>2</sup>Казанский научно-исследовательский институт эпидемиологии  
и микробиологии, г. Казань, Россия;

<sup>3</sup>Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского  
(Приволжского) федерального университета, г. Казань, Россия;

<sup>4</sup>Казанский государственный медицинский университет, г. Казань, Россия;

<sup>5</sup>Казанская государственная медицинская академия — филиал  
Российской медицинской академии последипломного  
образования, г. Казань, Россия

### Реферат

**Актуальность.** Продолжающаяся пандемия COVID-19 диктует настоятельную необходимость в проведении мониторинга коллективного иммунитета среди медицинских работников, как группы высокого риска заражения.

**Цель.** Определение уровня и структуры популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 у сотрудников медицинских организаций в период второго пика COVID-19 с августа по ноябрь 2020 г.

**Материал и методы исследования.** В исследовании приняли участие 15 158 медицинских работников из 91 муниципальной медицинской организации Республики Татарстан. Возраст обследованных варьировал от 18 до 74 лет, средний возраст составил  $45,48 \pm 0,1016$  года. Преобладали женщины (13 627 человек;  $89,87 \pm 0,258\%$ ). Тестирование на наличие суммарных антител (иммуноглобулинов классов G, A и M) к SARS-CoV-2 проведено однократно методом усиленной хемилюминесценции. Статистическую обработку осуществляли методами вариационной статистики и корреляционного анализа по методу Пирсона с использованием MS Excel и WinPepi.

**Результаты.** Серопревалентность к SARS-CoV-2 у медицинского персонала составила  $35,23 \pm 0,388\%$ . Отмечены нарастание доли лиц с антителами ( $27,44 \pm 0,265\%$  в августе до  $57,91 \pm 0,499\%$  в ноябре) и увеличение среднегеометрического титра суммарных антител (иммуноглобулинов классов A, M и G) с  $84,43$  в августе до  $101,09$  в ноябре 2020 г. Доля лиц с антителами возрастала с увеличением возраста от 18 до 59 лет и снижалась в группе 60–70 лет. Наибольшая доля серопозитивных к SARS-CoV-2 обнаружена у младшего ( $42,01 \pm 1,384\%$ ) и среднего ( $37,5 \pm 0,527\%$ ) медицинского персонала госпиталей для больных COVID-19 и станций скорой и неотложной помощи. Среди серопозитивных к вирусу SARS-CoV-2 доля бессимптомных форм инфекции составила  $84,97 \pm 0,498\%$ . В соответствии с уровнем серопревалентности муниципальные районы Республики Татарстан были разделены на группы: умеренный уровень — 8,9–39,0, средний — 42,9–49,6, высокий — 53,1–64,4.

**Вывод.** Выявлен рост серопревалентности к SARS-CoV-2 среди медицинских работников Республики Татарстан с августа по ноябрь 2020 г. в период второго пика COVID-19.

**Ключевые слова:** COVID-19, серопревалентность, медицинские работники, Республика Татарстан.

\*Для переписки: reshira@mail.ru

Поступила 20.04.2021; принята в печать 31.08.2021;

опубликована: 12.04.2022.

© Эко-Вектор, 2022. Все права защищены.

\*For correspondence: reshira@mail.ru

Submitted 20.04.2021; accepted 31.08.2021;

published: 12.04.2022.

© Eco-Vector, 2022. All rights reserved.

**Для цитирования:** Садыков М.Н., Зиатдинов В.Б., Решетникова И.Д., Хакимов Н.М., Лопушов Д.В., Исаева Г.Ш. Особенности формирования популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 у сотрудников медицинских организаций в период распространения COVID-19. *Казанский мед. ж.* 2022;103(2):285–295. DOI: 10.17816/KMJ2022-285.

ORIGINAL STUDY | DOI: 10.17816/KMJ2022-285

## Features of the population immunity to SARS-CoV-2 development in staff members of medical organizations during the spread of COVID-19

M.N. Sadikov<sup>1</sup>, V.B. Ziatdinov<sup>2</sup>, I.D. Reshetnikova<sup>2,3\*</sup>, N.M. Khakimov<sup>4</sup>, D.V. Lopushov<sup>4,5</sup>, G.Sh. Isaeva<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Ministry of Health of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;

<sup>2</sup>Kazan Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Kazan, Russia;

<sup>3</sup>Institute of Fundamental Medicine and Biology of Kazan Federal University, Kazan, Russia;

<sup>4</sup>Kazan State Medical University, Kazan, Russia;

<sup>5</sup>Kazan State Medical Academy — Branch of the Russian Medical Academy of Postgraduate Education, Kazan, Russia

### Abstract

**Background.** The ongoing COVID-19 pandemic generates the urgent need of monitoring the herd immunity among healthcare workers as a high-risk group for infection.

**Aim.** Determining the level and structure of population immunity to SARS-CoV-2 in the medical workers during the second peak of COVID-19 from August to November 2020.

**Material and methods.** The study involved 15,158 medical workers from 91 medical organizations of the Republic of Tatarstan. The age of the examined staff members varied from 18 to 74 years, the average age was  $45.48 \pm 0.1016$  years, most of them were women ( $13\,627, 89.87 \pm 0.258\%$ ). Testing for the presence of total antibodies (immunoglobulin classes G, A and M) to SARS-CoV-2 was performed once by the enhanced chemiluminescence method. Statistical processing was carried out by methods of variation statistics and correlation analysis according to the Pearson method using MS Excel and WinPepi.

**Results.** Seroprevalence to SARS-CoV-2 in medical workers was  $35.23 \pm 0.388\%$ . An increase in seropositive individuals level from  $27.44 \pm 0.265\%$  in August to  $57.91 \pm 0.499\%$  in November and an increase in the average geometric mean titer of total antibodies (immunoglobulin classes A, M, G) from 84.43 in August to 101.09 in November 2020 were detected. The level of individuals with antibodies increased with age from 18 to 59 years and decreased in group of 60–70 years. The largest proportion of seropositive to SARS-CoV-2 individuals was found among junior ( $42.01 \pm 1.384\%$ ) and middle grade ( $37.5 \pm 0.527\%$ ) medical staff of hospitals for patients with COVID-19, ambulance and emergency stations. Among the seropositive to the SARS-CoV-2 workers the proportion of asymptomatic forms of infection was  $84.97 \pm 0.498\%$ . According to the level of seroprevalence, municipal districts of the Republic of Tatarstan were divided into three groups: moderate — 8.9–39.0; average — 42.9–49.6, high level — 53.1–64.4.

**Conclusion.** An increase in seroprevalence to SARS-CoV-2 was revealed among medical workers of the Republic of Tatarstan from August to November 2020 during the second peak of COVID-19.

**Keywords:** COVID-19, seroprevalence, medical workers, Republic of Tatarstan.

**For citation:** Sadikov MN, Ziatdinov VB, Reshetnikova ID, Khakimov NM, Lopushov DV, Isaeva GSh. Features of the population immunity to SARS-CoV-2 development in staff members of medical organizations during the spread of COVID-19. *Kazan Medical Journal.* 2022;103(2):285–295. DOI: 10.17816/KMJ2022-285.

### Актуальность

С первых дней начала эпидемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 в Китае появились сообщения о случаях внутрибольничного инфицирования SARS-CoV-2, в том числе и среди медицинских работников (МР) [1, 2]. Высокая заболеваемость среди МР зарегистрирована в Италии во время эпидемии COVID-19 в апреле-мае 2020 г. [3]. Исследования напряженности гуморального иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 среди МР, имеющих гораздо большую вероятность встречи с вирусом, чем население

в среднем, немногочисленны, противоречивы и приобретают особую важность.

По данным китайских коллег, случаи COVID-19 у МР внесли существенный вклад в заболеваемость. В 422 медицинских учреждениях с начала эпидемии по состоянию на 11.02.2020 выявлено 1716 лабораторно подтвержденных случаев среди МР (из них 5 летальных): в Ухане — 64,0%, в провинции Хубей — 23,3%, в остальных провинциях КНР — 12,7% [4]. По оценке исследователей из КНР, при обследовании 19 555 МР специфиче-

ские иммуноглобулины (Ig) класса G к SARS-CoV-2 обнаружены только у 4,0% [5].

Данные изучения напряжённости иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 у МР одного из госпиталей в Милане (Италия) в первой половине апреля 2020 г. показали, что антитела IgG были выявлены у 7,4% обследованных, а IgM — у 14,4% [6]. При оценке степени распространённости новой коронавирусной инфекции многие исследователи применяют термин «серопревалентность» (то есть доля людей в популяции, выработавших антитела к вирусу).

Об уровне серопревалентности среди работников здравоохранения в Российской Федерации в первую волну эпидемии можно судить по результатам проведения широкомасштабного проекта Роспотребнадзора по изучению популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 у населения Российской Федерации: в Санкт-Петербурге данный показатель составил 27,1% [7], в Ленинградской области — 18,1% [8], в Саратовской области — 11,6% [9], в Тюменской области — 16,1% [10], а в Хабаровском крае — 18,9% [11].

Продолжающаяся пандемия COVID-19 диктует настоятельную необходимость в получении новой сероэпидемиологической информации [12]. Актуален мониторинг динамики уровня серопревалентности для оценки уровня коллективного иммунитета к новой коронавирусной инфекции COVID-19 среди МР, как группы высокого риска заражения, нужно тестирование на антитела к SARS-CoV-2 среди различных категорий МР. Проведение подобных исследований необходимо в целях выявления частоты распространения COVID-19 в учреждениях здравоохранения, бессимптомных форм болезни, установления факта перенесённой ранее инфекции [12].

В период второго пика распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19 Министерством здравоохранения Республики Татарстан инициирован масштабный серологический мониторинг к коронавирусу SARS-CoV-2 среди работников здравоохранения.

### Цель

Цель исследования — определение уровня и структуры популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 у медицинского персонала Республики Татарстан в период с августа по ноябрь 2020 г.

### Материал и методы исследования

Мониторинг проводили с учётом протокола, рекомендованного Всемирной органи-

зацией здравоохранения и использованного в рамках проекта Роспотребнадзора по оценке популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 у населения Российской Федерации [13, 14]. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом Казанского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии Роспотребнадзора (протокол №2 от 26.08.2020).

Анкета, использованная в исследовании, включала следующие разделы: паспортные данные, место работы, должность; клинические данные — наличие симптомов острого респираторного заболевания в день обследования, результаты полимеразной цепной реакции (ПЦР) на SARS CoV-2, данные о диагнозе COVID-19, для лиц с подтверждённым диагнозом COVID-19 — дата появления симптомов острого респираторного заболевания, анализ на COVID-19 (ПЦР или иммуноферментный анализ); наличие хронических заболеваний; эпидемиологический анамнез (предполагаемое место заражения COVID-19, контакты с больными COVID-19 в семье или на работе, выезд из страны или в другие регионы РФ за последние 3 мес).

Отбор участников исследования проводили методом случайных чисел. Критерием исключения была активная инфекция COVID-19 в момент анкетирования. В исследование были включены МР, не переболевшие, переболевшие новой коронавирусной инфекцией по данным регистра больных, имеющие лабораторное подтверждение (U07.1), или с диагнозом, установленным по данным компьютерной томографии (U07.2), и не имеющие документального подтверждения факта перенесённого заболевания, в том числе перенёвшие острую респираторную вирусную инфекцию (ОРВИ) в сезон осень — весна 2020 г.

В исследовании приняли участие 15 158 МР из 91 медицинской организации Республики Татарстан. Возраст обследованных МР варьировал от 18 до 74 лет, средний возраст составил  $45,5 \pm 0,1$  года. МР в возрасте 30–59 лет составили  $73,2 \pm 0,4\%$ .

Среди обследованных контингентов преобладали женщины (13 627 человек,  $89,9 \pm 0,3\%$ ).

Забор образцов крови у каждого МР Республики Татарстан проводили однократно с 24 августа по 30 ноября 2020 г. Тестировали на наличие общих антител (IgG, IgA и IgM) к коронавирусу SARS-CoV-2 методом усиленной хемилюминесценции на анализаторе VITROS 3600 с использованием тест-систем VITROS Anti-SARS-CoV-2 Total Reagent Pack

**Таблица 1.** Серопревалентность к SARS-CoV-2 медицинских работников разных возрастных групп Республики Татарстан в период с августа по ноябрь 2020 г.

Возрастная группа, годы	Позитивны на IgA, M и G к SARS-CoV-2	Негативны на IgA, M и G к SARS-CoV-2	Серопревалентность, % (M±m)
18–19	10	19	34,5±8,83
20–29	670	1258	34,8±1,08
30–39	1048	1951	34,9±0,87
40–49	1381	2610	34,6±0,75
50–59	1553	2560	37,8±0,76
60–69	603	1264	32,3±1,08
70+	75	156	32,5±3,08
Итого	5340	9818	35,2±0,39

Примечание: Ig — иммуноглобулин.

в лабораториях Городской клинической больницы №7 (2664 человека.) и Республиканской клинической инфекционной больницы (12 494 человека).

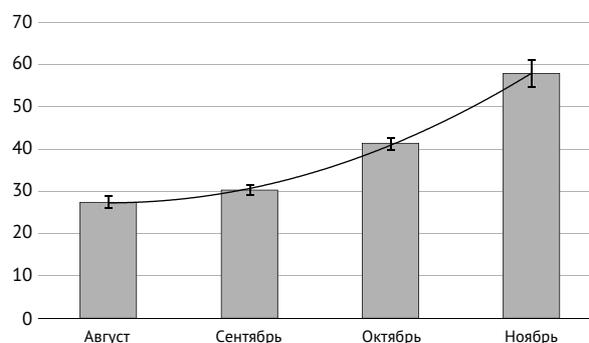
Для определения доли бессимптомных форм среди серопозитивных к SARS-CoV-2 придерживались методики, которая применялась в рамках проведения широкомасштабного проекта Роспотребнадзора по изучению особенностей формирования серопревалентности у населения Российской Федерации [14]. Среди серопозитивных определяли долю лиц, у которых отсутствовал хотя бы один признак: диагноз COVID-19 либо положительный результат ПЦР, либо симптомы ОРВИ.

Статистическую обработку проводили с использованием методов вариационной статистики с помощью статистического пакета Excel и программного продукта WinPeri (версия 11.65). Для оценки достоверности различий сравниваемых показателей использовали уровень вероятности  $p \leq 0,05$ . Корреляционный анализ проводили по методу Пирсона.

## Результаты

Уровень серопревалентности возрастных групп от 18 до 49 лет был практически одинаковым в диапазоне 34,4–34,9% и имел тенденцию к увеличению (темп прироста 1,813%) с увеличением возраста от 18 до 59 лет с последующим снижением (темп снижения –7,741%) в группе 60–70 лет. Наибольший уровень серопревалентности отмечен в возрасте 50–59 лет, он значительно превышал ( $p < 0,05$ ) уровень серопревалентности в группах 20–29, 30–39, 40–49 и 60–69 лет (табл. 1).

Установлены гендерные различия в серопозитивности: среди женщин доля серопозитивных была достоверно больше (4849 человек,



**Рис. 1.** Динамика уровней серопревалентности с августа по ноябрь 2020 г. среди работников медицинских организаций муниципальной собственности Республики Татарстан; по оси ординат — серопревалентность (%), по оси абсцисс — месяцы

35,6±0,41%), чем среди мужчин (491 человек, 32,0±1,19%);  $p=0,0047$ .

Серопревалентность к SARS-CoV-2 среди МР различных медицинских организаций Республики Татарстан за анализируемый период составила в среднем 35,23±0,39%. Отмечено статистически достоверное нарастание уровня серопозитивных лиц от 27,4±0,26% в августе, 30,3% в сентябре ( $p < 0,01$ ), 41,4% в октябре ( $p < 0,001$ ) до 57,9±0,49% в ноябре ( $p < 0,001$ ), а также достоверное увеличение среднегеометрического титра суммарных антител (IgA, M и G) с 84,43 в августе, 97,57 в сентябре, 94,57 в октябре до 101,09 в ноябре 2020 г. ( $p < 0,001$  во всех сравниваемых группах) (рис. 1, 2).

Корреляционный анализ показал наличие средней (умеренной) прямой корреляционной связи между серопревалентностью (%) и напряжённостью иммунитета (среднегеометрическим титром антител) (0,523,  $p < 0,01$ ) (рис. 3).

Нарастание уровня серопозитивных лиц среди МР и увеличение среднегеометрического титра суммарных антител свидетельствуют

**Таблица 2.** Уровень серопревалентности среди различных категорий медицинских работников Республики Татарстан с августа по ноябрь 2020 г.

Профессиональная группа	Позитивны на IgA, M и G к SARS-CoV-2	Негативны на IgA, M и G к SARS-CoV-2	Доля серопозитивных, %
Врачи	949	2165	30,5±0,83
Средний медперсонал	3166	5276	37,5±0,53
Младший медперсонал	534	737	42,0±1,38
Руководители	14	29	32,6±7,15
Прочие	677	1611	29,6±0,95
Всего обследованы	5340	9818	35,2±0,39

Примечание: Ig — иммуноглобулин.

о формировании как индивидуального иммунитета к коронавирусу SARS-CoV-2, так и популяционного иммунитета в изучаемой когорте.

Увеличение доли серопозитивных лиц и среднегеометрического титра антител происходило на фоне увеличения заболеваемости COVID-19 в Республике Татарстан (899 случаев — в августе, 721 — в сентябре, 1222 — в октябре, 2008 — в ноябре, 2950 — в декабре) [15].

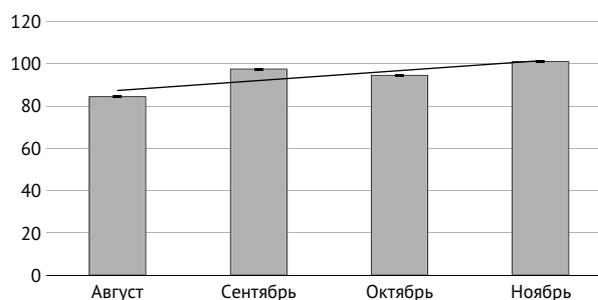
Районы РТ по достоверности различий в серопревалентности МР были разделены на три группы: умеренный, средний и высокий уровни (рис. 4).

*Уровень серопревалентности умеренный* (8,9–39,0) — Агрызский, Бавлинский, Лениногорский, Аксубаевский, Азнакаевский, Чистопольский, Буинский, Тетюшский районы, Казань, Дрожжановский, Балтасинский, Мензелинский, Нижнекамский, Альметьевский, Зеленодольский, Пестречинский, Кукморский, Атнинский, Сабинский, Лаишевский районы. *Уровень серопревалентности средний* (42,9–49,6) — Бугульминский, Сармановский, Нурлатский, Камско-Устьинский, Ютазинский, Черемшанский районы. *Уровень серопревалентности высокий* (53,1–64,4) — Тукаевский район, Набережные Челны, Муслюмовский и Арский районы.

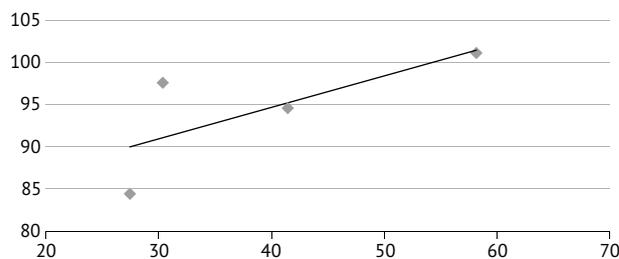
Различия могут быть обусловлены неравномерностью течения эпидемического процесса в разных районах Республики Татарстан.

Наибольшие уровни серопозитивности к SARS-CoV-2 были обнаружены у младшего (42,01±1,38) и среднего (37,5±0,53) медицинского персонала, они были достоверно выше, чем у врачей ( $p < 0,001$ ) и прочих категорий МР ( $p < 0,001$ ) (табл. 2).

Наибольшая доля серопозитивных к SARS-CoV-2 выявлена среди медицинского персонала госпиталей для больных COVID-19. На втором месте были МР станций скорой и неотложной помощи, на третьем — МР стационаров неин-



**Рис. 2.** Динамика среднегеометрического титра антител с августа по ноябрь 2020 г. среди серопозитивных работников медицинских организаций муниципальной собственности Республики Татарстан; по оси ординат — среднегеометрический титр антител, по оси абсцисс — месяцы



**Рис. 3.** Корреляционная связь между серопревалентностью и напряжённостью иммунитета к SARS-CoV-2 у работников медицинских организаций муниципальной собственности Республики Татарстан (метод — по Пирсону); по оси ординат — среднегеометрический титр антител, по оси абсцисс — серопревалентность (%)

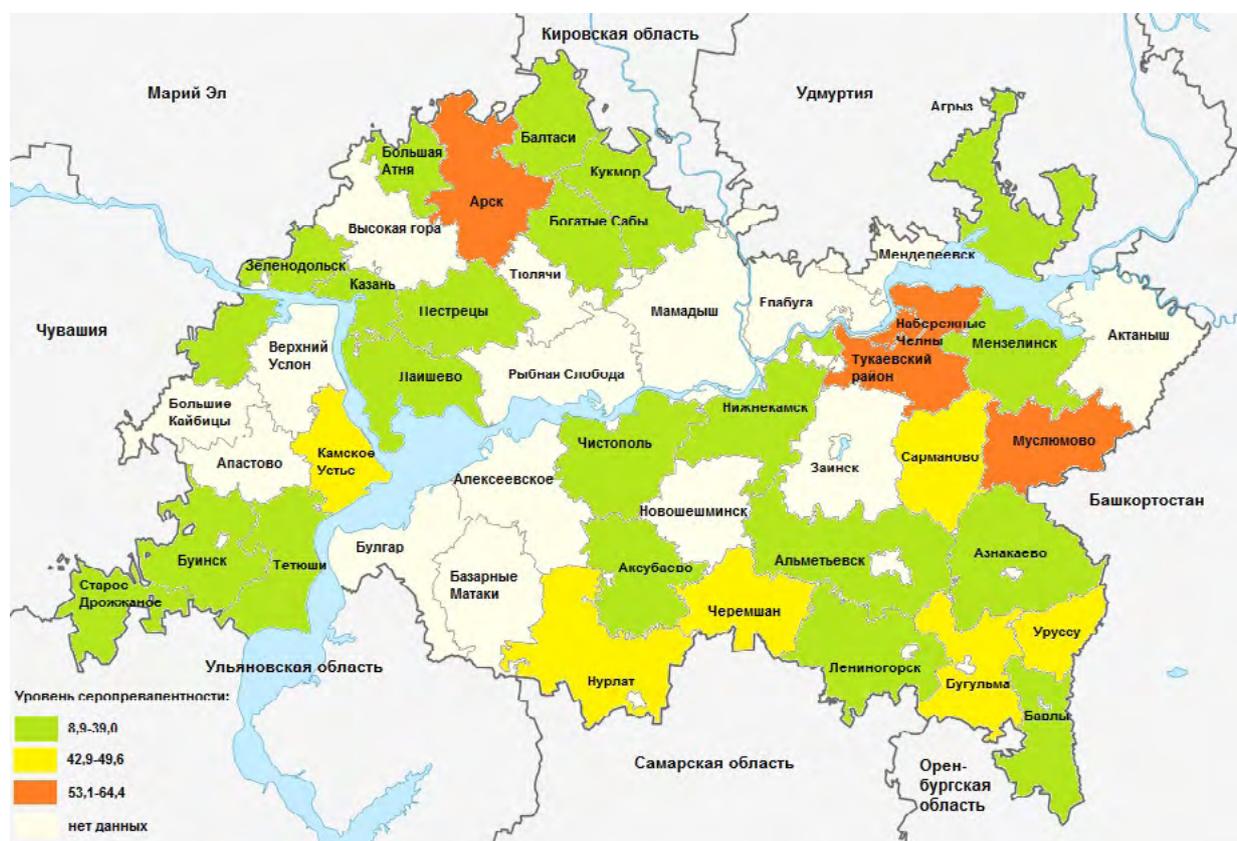
фекционного профиля и амбулаторно-поликлинических учреждений. Наименьшие показатели серопревалентности обнаружены среди МР стационаров инфекционного профиля; возможно, это связано с большей осторожностью МР инфекционных стационаров (табл. 3).

Среди серопозитивных к вирусу SARS-CoV-2 МР Республики Татарстан за исследуемый период доля бессимптомных форм инфекции составила  $84,97 \pm 0,5\%$  и была достоверно выше у МР 20–29 и 30–39 лет по сравнению с лицами 40–49 лет ( $p < 0,05$ ), 50–59 лет ( $p < 0,001$ ), 60–69 лет ( $p < 0,001$ ), 70 лет и старше ( $p < 0,05$ ). В возраст-

**Таблица 3.** Уровень серопревалентности среди медицинских работников в различных типах медицинских организаций Республики Татарстан в августе — ноябре 2020 г.

Тип медицинской организации	Позитивны на IgA, М и G к SARS-CoV-2	Негативны на IgA, М и G к SARS-CoV-2	Доля серопозитивных, %
Стационары неинфекционного профиля	4200	8255	33,7±0,42
Стационары инфекционного профиля	20	81	19,8±3,97
Госпитали для больных COVID-19	522	490	51,6±1,57
Станции скорой медицинской помощи	329	396	45,4±1,84
Амбулаторно-поликлинические учреждения	271	599	31,2±1,57
Итого	5342	9821	35,2±0,39

Примечание: Ig — иммуноглобулин.

**Рис. 4.** Серопревалентность к SARS-CoV-2 медицинских работников муниципальных районов Республики Татарстан с августа по ноябрь 2020 г.

ной группе 40–49 лет доля бессимптомных форм COVID-19 была достоверно выше, чем в группе 50–59 и 60–69 лет ( $p < 0,05$ ). Выявлена практически линейная зависимость между увеличением возраста и уменьшением доли лиц с бессимптомными формами COVID-19 ( $p < 0,05$ ) (рис. 5).

Группа МР, указавших на наличие каких-либо клинических симптомов перенесённого COVID-19, составила 868 человек (16,3%). Доля серонегативных лиц среди МР, перенёвших COVID-19, была достоверно ниже в возрастных

группах 60–69 лет и 50–59 лет по сравнению с группами 18–29 лет и 30–39 лет ( $p < 0,05$ ; табл. 4).

У МР, перенёвших COVID-19, антитела в плазме крови обнаружены у 775 из 868 человек, 89,3±1,05%. Количество серонегативных в когорте МР, перенёвших COVID-19, составило 93 из 868 человек, 10,7±3,2%.

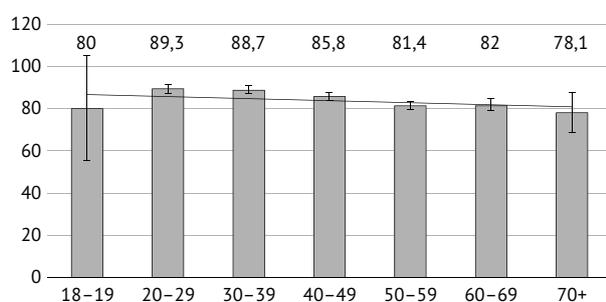
#### Обсуждение

Результаты проведённого исследования показали, что серопревалентность к SARS-CoV-2 среди МР различных медицинских организаций Республики Татарстан за анализируемый период с августа по ноябрь 2020 г. состави-

**Таблица 4.** Доля серонегативных лиц среди медицинских работников, перенёвших COVID-19, в Республике Татарстан в августе — ноябре 2020 г.

Возрастная группа, годы	Позитивны на IgA, M и G к SARS-CoV-2	Негативны на IgA, M и G к SARS-CoV-2	Доля серонегативных, %
18–29	71	12	14,5±1,45
30–39	114	20	14,9±1,19
40–49	189	21	10±2,07
50–59	279	30	9,7±1,68
60–69	106	8	7±2,39
70+	16	2	11,1±7,40
Итого	775	93	10,7±1,05

Примечание: Ig — иммуноглобулин.

**Рис. 5.** Доля лиц с бессимптомными формами из общего числа серопозитивных к SARS-CoV-2 медицинских работников медицинских организаций Республики Татарстан в августе — ноябре 2020 г.; по оси ординат — доля лиц с бессимптомными формами от всех серопозитивных (%), по оси абсцисс — возраст (годы)

ла в среднем  $35,2 \pm 0,4\%$ . Отмечены нарастание уровня серопозитивных лиц от  $27,4 \pm 0,3\%$  в августе до  $57,9 \pm 0,5\%$  в ноябре и увеличение среднегеометрического титра суммарных антител (IgA, M и G) с 84,43 в августе до 101,09 в ноябре 2020 г., что происходило в условиях нарастания интенсивности эпидемического процесса, увеличения заболеваемости новой коронавирусной инфекцией в Республике Татарстан с 899 случаев в августе до 2950 в декабре 2020 г.

Проведённый корреляционный анализ показал наличие средней (умеренной) прямой корреляционной связи между серопревалентностью и среднегеометрическим титром антител. Нарастание индивидуальных титров антител свидетельствует о формировании как индивидуального гуморального адаптивного иммунного ответа, так и популяционного иммунитета в когорте МР, свидетельством которого служит увеличение доли серопозитивных лиц.

Уровень серопревалентности имел тенденцию к возрастанию с увеличением возраста от 18 до 59 лет с последующим трендом снижения к 70 годам и старше. Наибольший уровень серопревалентности зарегистрирован в возрасте 50–59 лет (38%). Достоверно низкий уровень се-

ропревалентности у категории 60–69 и 70 лет и старше можно объяснить меньшей мобильностью и социальной активностью, а следовательно, более низкой вероятностью контакта с носителями вируса SARS-CoV-2. Возможно, играют роль и физиологические особенности иммунного реагирования, характеризующиеся возрастной инволюцией как клеточного, так и гуморального звена иммунной системы [14].

Всего в рамках проведённого исследования было выявлено 5157 серопозитивных к вирусу SARS-CoV-2 МР, из них у 4382 (85%) не было установлено каких-либо симптомов, характерных для COVID-19, перенесённой ОРВИ или наличия положительного результата ПЦР. Вероятно, данные контингенты перенесли заболевание в инapparантной форме, то есть выработали антитела в отсутствии манифестации инфекции [16–18].

Полученные результаты свидетельствуют о значимости бессимптомных форм COVID-19 в формировании серопревалентности к вирусу SARS-CoV-2 среди МР Республики Татарстан. О высокой доле лиц с бессимптомными формами свидетельствуют результаты ранее проведённых популяционных исследований серопревалентности в разных регионах РФ в рамках широкомасштабного проекта Роспотребнадзора в первую волну эпидемии COVID-19: показатели варьировали и составили от  $81,2 \pm 3,2\%$  в Иркутской области,  $82,4 \pm 1,6\%$  в Москве до  $98,3 \pm 1,6\%$  в Приморском крае и  $98,8 \pm 0,7\%$  в Краснодарском крае [14]. В Республике Татарстан доля лиц с бессимптомными формами насчитывала  $94,5 \pm 0,8\%$  [14, 19].

В нашем исследовании выявлена практически линейная зависимость между увеличением возраста и уменьшением доли лиц с бессимптомными формами COVID-19. Доля лиц с бессимптомными формами была достоверно выше у МР 20–49 лет по сравнению с лицами 50–69 лет. Бессимптомные носители — важные

участники эпидемического процесса распространения коронавирусной инфекции [7, 8, 19].

Анализ географического распределения серопревалентности к SARS-CoV-2 среди МР муниципальных районов Республики Татарстан позволил распределить районы республики на три группы в соответствии с достоверностью различий между уровнями серопревалентности: умеренный уровень — 8,9–39,0, средний — 42,9–49,6, высокий — 53,1–64,4.

Выявленные достоверные различия в серопревалентности МР в различных муниципальных районах, возможно, обусловлены неравномерностью эпидемического процесса, что требует проведения дальнейшего мониторинга и корреляционного анализа между серопревалентностью и заболеваемостью.

Анализ серопревалентности к SARS-CoV-2 среди разных категорий МР показал, что наибольшая доля серопозитивных обнаружена у младшего (42%) и среднего (38%) медицинского персонала по сравнению с врачами и прочими категориями МР. Приведённые данные требуют более углублённого изучения причинно-следственных факторов: различий в репрезентативности выборки, соблюдении противоэпидемических требований при проведении медицинских манипуляций, правильности использования средств индивидуальной защиты, обработки рук, а также уровне образования и социальной ответственности.

Наибольшая доля серопозитивных к SARS-CoV-2 выявлена среди медицинского персонала госпиталей для больных COVID-19 (52%), на втором месте были МР станций скорой и неотложной помощи (45%), на третьем — МР стационаров неинфекционного профиля (34%) и амбулаторно-поликлинических учреждений (31%). Вероятно, различия в уровнях серопревалентности у МР стационаров для лечения больных COVID-19 и станции скорой помощи по сравнению с учреждениями неинфекционного профиля и амбулаторно-поликлинической сети, могут быть обусловлены различным уровнем, частотой и интенсивностью профессиональных контактов с больными и носителями новой коронавирусной инфекции [7, 8]. Наименьшие показатели серопревалентности обнаружены среди МР стационаров инфекционного профиля (19,8%), возможно, вследствие большей настороженности и лучшей подготовленности МР данных учреждений по сравнению с другими типами медицинских организаций.

Группа МР, указавших на наличие каких-либо клинических симптомов перенесённого COVID-19, составила 868 человек (16%), при

этом антитела обнаружены в плазме крови в 89% случаев, что свидетельствует о сформированном гуморальном адаптивном иммунном ответе на инфекцию у большинства МР. Доля серонегативных лиц среди МР, перенёвших COVID-19, была достоверно ниже в возрастных группах 60–69 лет (7,0%) и 50–59 лет (9,7%) по сравнению с группами 18–29 лет (14,5%) и 30–39 лет (14,9%).

Выявлен рост серопревалентности к SARS-CoV-2 среди МР Республики Татарстан с августа по декабрь 2020 г. в период второго пика COVID-19. Результаты серологического мониторинга могут быть использованы для прогнозирования эпидемиологической ситуации, планирования мероприятий специфической и неспецифической профилактики COVID-19.

### Выводы

1. У медицинских работников медицинских организаций Республики Татарстан за период с августа по ноябрь 2020 г. произошло нарастание уровня серопозитивных лиц от 27% в августе до 58% в ноябре.

2. Уровень серопревалентности имел тенденцию к возрастанию с увеличением возраста от 18 до 59 лет с последующим трендом снижения к 70 годам.

3. Наибольшая доля серопозитивных к SARS-CoV-2 обнаружена у младшего и среднего медицинского персонала по сравнению с врачами и прочими категориями медицинских работников.

4. Наибольшая доля серопозитивных к SARS-CoV-2 выявлена среди медицинского персонала госпиталей для больных COVID-19; наименьшие показатели серопревалентности обнаружены среди медицинских работников стационаров инфекционного профиля.

5. Среди серопозитивных к вирусу SARS-CoV-2 медицинских работников Республики Татарстан доля бессимптомных форм инфекции составила 85%.

**Участие авторов.** М.Н.С. и В.Б.З. — руководство работой, концепция и дизайн исследования; И.Д.Р. — концепция и дизайн исследования, обзор литературы, анализ полученных данных, написание текста; Н.М.Х. — статистический анализ полученных данных; Д.В.Л. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных; Г.Ш.И. — концепция и дизайн исследования, анализ полученных данных.

**Источник финансирования.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Fei Xiang, Xiaorong Wang, Xinliang He, Zhenghong Peng, Bohan Yang, Jianchu Zhang, Qiong Zhou, Hong Ye, Yanling Ma, Hui Li, Xiaoshan Wei, Pengcheng Cai, Wan-Li Ma. Antibody detection and dynamic characteristics in Patients with COVID-19. *Clin Infect Dis.* 2020;71(8):1930–1934. DOI: 10.1093/cid/ciaa461.

2. Juanjuan Zhao, Quan Yuan, Haiyan Wang, Wei Liu, Xuejiao Liao, Yingying Su, Xin Wang, Jing Yuan, Tingdong Li, Jinxiu Li, Shen Qian, Congming Hong, Fuxiang Wang, Yingxia Liu, Zhaoqin Wang, Qing He, Zhiyong Li, Bin He, Tianying Zhang, Yang Fu, Shengxiang Ge, Lei Liu, Jun Zhang, Ningshao Xia, Zheng Zhang. Antibody responses to SARS-CoV-2 in patients of novel coronavirus disease 2019. *Clin Infect Dis.* 2020;71(16):2027–2034. DOI: 10.1093/cid/ciaa344.

3. Семёнов А.В., Пшеничная Н.Ю. Уроки эпидемии COVID-19 в Италии. *Инфекция и иммунитет.* 2020;10(3):410–420. [Semenov AV, Pshenichnaya NY. Lessons to learn: COVID-19 epidemic in Italy. *Russian Journal of Infection and Immunity.* 2020;10(3):410–420. (In Russ.)] DOI: 10.15789/2220-7619-LTL-1468.

4. The novel coronavirus pneumonia emergency response epidemiology team. The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases COVID-19. *China CDC Weekly.* 2020;2(8):113–122.

5. Liu T, Wu S, Tao H, Zeng G, Zhou F, Guo F, Wang X. Prevalence of IgG antibodies to SARS-CoV-2 in Wuhan — implications for the ability to produce long-lasting protective antibodies against SARS-CoV-2. *medRxiv.* 2020; 2020.06.13.20130252. DOI: 10.1101/2020.06.13.20130252.

6. Sotgiu G, Barassi A, Miozzo M, Saderi L, Piana A, Orfeo N, Colosio C, Felisati G, Davi M, Gerli GA, Centanni S. SARS-CoV-2 specific serological pattern in healthcare workers of an Italian COVID-19 forefront hospital. *BMC Pulm Med.* 2020;20:203. DOI: 10.1186/s12890-020-01237-0.

7. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Башкетова Н.С., Фридман Р.К., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Чхинджерия И.Г., Гречанинова Т.А., Агапов К.А., Арсентьева Н.А., Баженова Н.А., Бацунов О.К., Данилова Е.М., Зуева Е.В., Комкова Д.В., Кузнецова Р.Н., Любимова Н.Е., Маркова А.Н., Хамитова И.В., Ломоносова В.И., Ветров В.В., Миличкина А.М., Дедков В.Г., Тотолян А.А. Популяционный иммунитет к SARS-CoV-2 среди населения Санкт-Петербурга в период эпидемии COVID-19. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2020;(3):124–130. [Popova AYU, Ezhlova EB, Melnikova AA, Bashketova NS, Fridman RK, Lyalina LV, Smirnov VS, Chkhindzheria IG, Grechaninova TA, Agapov KA, Arsent'yeva NA, Bazhenova NA, Batsunov OK, Danilova EM, Zueva EV, Komkova DV, Kuznetsova RN, Lyubimova NE, Markova AN, Khamitova IV, Lomonosova VI, Vetrov VV, Milichkina AM, Dedkov VG, Totolyan AA. Herd Immunity to SARS-CoV-2 among the Population in Saint-Petersburg during the COVID-19 Epidemic. *Problems of Particularly Dangerous Infections.* 2020;(3):124–130. (In Russ.)] DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-124-130.

8. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Историк О.А., Мосевич О.С., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Чёрный М.А., Балабышева Н.С., Логина И.С., Владимирова О.С., Самоглядова И.С., Васев Н.А., Румянцева С.В., Чупалова Е.Ю., Селиванова Г.В., Муравьёва М.В., Тимофеева Л.В., Ханкишиева Э.Н., Тылчевская В.Д., Никитенко Н.Д., Костеницкая Т.И., Виркунен Н.В., Климкина И.М., Кузьмина Т.М., Дегтяренко Н.В., Бацунова А.И., Филиппова Л.А., Пальчи-

ва Н.А., Кукшкин А.В., Арсентьева Н.А., Бацунов О.К., Богумильчик Е.А., Воскресенская Е.А., Дробышевская В.Г., Зуева Е.В., Кокорина Г.И., Курова Н.Н., Любимова Н.Е., Ферман Р.С., Хамдулаева Г.Н., Хамитова И.В., Хорькова Е.В., Миличкина А.М., Дедков В.Г., Тотолян А.А. Оценка популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 среди населения Ленинградской области в период эпидемии COVID-19. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2020;(3):114–123. [Popova AYU, Ezhlova EB, Mel'nikova AA, Historik OA, Mosevich OS, Lyalina LV, Smirnov VS, Cherny MA, Balabysheva NS, Loginova IS, Vladimirova OS, Samoglyadova IS, Vasev NA, Rummyantseva SV, Chupalova EYu, Selivanova GV, Muraviova MV, Timofeeva LV, Khankishieva EN, Tylchevskaya VD, Nikitenko ND, Kostenitskaya TI, Virkunen NV, Klimkina IM, Kuzmina TM, Degtyarenko NV, Bazunova AI, Filippova LA, Palchikova NA, Kukshkin AV, Arsentieva NA, Batsunov OK, Bogumilchik EA, Voskresenskaya EA, Drobyshevskaya VG, Zueva EV, Kokorina GI, Kurova NN, Lyubimova NE, Ferman RS, Khamdulaeva GN, Khamitova IV, Khorkova EV, Milichkina AM, Dedkov VG, Totolian AA. Assessment of the Herd Immunity to SARS-CoV-2 among the Population of the Leningrad Region during the COVID-19 Epidemic. *Problems of Particularly Dangerous Infections.* 2020;(3):114–123. (In Russ.)] DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-114-123.

9. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Кутырев В.В., Кожанова О.И., Черкасская Т.С., Лялина В.И., Смирнов В.С., Бугоркова С.А., Портенко С.А., Найденова Е.В., Щербакова С.А., Ломоносова В.И., Тотолян А.А. Характеристика популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 у жителей Саратова и Саратовской области в период эпидемии COVID-19. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2020;(4):106–116. [Popova AYU, Ezhlova EB, Melnikova AA, Kut'yrev VV, Kozhanova OI, Cherkasskaya TS, Lyalina VI, Smirnov VS, Bugorkova SA, Portenko SA, Naydenova EV, Shcherbakova SA, Lomonosova VI, Totolyan AA. Characteristics of the Herd Immunity to SARS-CoV-2 in Residents of the Saratov Region under COVID-19 Epidemic. *Problems of Particularly Dangerous Infections.* 2020;(4):106–116. (In Russ.)] DOI: 10.21055/0370-1069-2020-4-106-116.

10. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Степанова Т.Ф., Шаруха Г.В., Летушев А.Н., Фольмер А.Я., Шепоткова А.А., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Степанова К.Б., Панина Ц.А., Сидоренко О.Н., Иванова Н.А., Смирнова С.С., Мальченко И.Н., Охотникова Е.В., Стахова Е.Г., Тотолян А.А. Распределение серопревалентности к SARS-CoV-2 среди жителей Тюменской области в эпидемическом периоде COVID-19. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* 2020;97(5):392–400. [Popova AYU, Ezhlova EB, Melnikova AA, Stepanova TF, Sharukho GV, Letyushev AN, Volmer AYU, Shepotkova FF, Lyalina LV, Smirnov VS, Stepanova KB, Panina TA, Sidorovna ON, Okhotnikova EV, Stakhova EG, Totolian AA. Distribution of SARS-CoV-2 seroprevalence among residents of the Tyumen Region during the COVID-19 epidemic period. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology.* 2020;97(5):392–400. (In Russ.)] DOI: 10.36233/0372-9311-2020-97-5-1.

11. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Троценко О.Е., Зайцева Т.А., Лялина Л.В., Гарбуз Ю.А., Смирнов В.С., Ломоносова В.И., Балахонцева Л.А., Котова В.О., Базыкина Е.А., Бутакова Л.В., Сапега Е.Ю., Алейникова Н.В., Бебенина Л.А., Лосева С.М., Караванская Т.Н., Тотолян А.А. Уровень серопревалентности к SARS-CoV-2 среди жителей Хабаровского края

на фоне эпидемии COVID-19. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2021;98(1):7–17. [Popova AYU, Ezhlova EB, Melnikova AA, Trotsenko OE, Zaitseva TA, Lyalina LV, Garbuz YuA, Smirnov VS, Lomonosova VI, Balakhontseva LA, Kotova VO, Bazykina EA, Butakova LV, Sapega EYu, Aleinikova NV, Bebenina LA, Loseva SM, Karavyanskaya TN, Totolyan AA. The seroprevalence of SARS-CoV-2 among residents of the Khabarovsk Krai during the COVID-19 epidemic. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*. 2021;98(1):7–17. (In Russ.)] DOI: 10.36233/0372-9311-92.

12. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Версия 10 (08.02.2021). 261 с. [*Vremennyye metodicheskie rekomendatsii "Profilyaktika, diagnostika i lechenie novoy koronavirusnoy infekcii (COVID-19)"*]. (Interim guidelines "Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19)") Ministry of Health of the Russian Federation. Version 10 (02/08/2021). 261 p. (In Russ.)]

13. *Протокол популяционного стратифицированного по возрасту сероэпидемиологического исследования инфекции COVID-19 у человека*. Версия 2.0 Дата: 26 мая 2020 г. WHO/2019-nCoV/Seroepidemiology/2020.2. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332188> (дата обращения: 30.05.2021). [*Protocol for a population-based age-stratified sero-epidemiological study of COVID-19 infection in humans*. Version 2.0 Date: May 26, 2020. WHO/2019-nCoV/Seroepidemiology/2020.2. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332188> (access date: 30.05.2021).]

14. Попова А.Ю., Андреева Е.Е., Бабура Е.А., Балахонов С.В., Башкетова Н.С., Буланов М.В., Валеуллина Н.Н., Горяев Д.В., Детковская Н.Н., Ежлова Е.Б., Зайцева Н.Н., Историк О.А., Ковальчук И.В., Козловских Д.Н., Комбарова С.В., Курганова О.П., Кутырев В.В., Ломовцев А.Э., Лукичева Л.А., Лялина Л.В., Мельникова А.А., Микаилова О.М., Носков А.К., Носкова Л.Н., Оглезнева Е.Е., Осмоловская Т.П., Пятяшина М.А., Пеньковская Н.А., Самойлова Л.В., Смирнов В.С., Степанова Т.Ф., Троценко О.Е., Тотолян А.А. Особенности формирования серопревалентности населения Российской Федерации к нуклеокапсиду SARS-CoV-2 в первую волну эпидемии COVID-19. *Инфекция и иммунитет*. 2021;11(2):297–323. [Popova AYU, Andreeva EE, Babura EA, Balakhonov SV, Bashketova NS, Bulanov MV, Valeullina NN, Goryaev DV, Detkovskaya NN, Ezhlova EB, Zaitseva NN, Historik OA, Kovalchuk IV, Kozlovskikh DN, Kombarova SV, Kurganova OP, Kutyr

rev VV, Lomovtsev AE, Lukicheva LA, Lyalina LV, Melnikova AA, Mikailova OM, Noskov AK, Noskova LN, Oglezneva EE, Osmolovskaya TP, Patyashina MA, Penkovskaya NA, SamoiloVA LV, Smirnov VS, Stepanova TF, Trotsenko OE, Totolyan AA. Features of developing SARS-CoV-2 nucleocapsid protein population-based seroprevalence during the first wave of the COVID-19 epidemic in the Russian Federation. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2021;11(2):297–323. (In Russ.)] DOI: 10.15789/2220-7619-FOD-1684.

15. Доклад руководителя Управления Роспотребнадзора по РТ М.А. Пятяшиной на заседании итоговой коллегии Управления Роспотребнадзора по Республике Татарстан 20.01.2021. <https://tatarstan.ru/press/video.htm/video/7016439.htm> (дата обращения: 29.03.2021). [Report of the head of the Rospotrebnadzor for the Republic of Tatarstan M.A. Patyashina at a meeting of the final board of the Office of Rospotrebnadzor in the Republic of Tatarstan on January 20, 2021. <https://tatarstan.ru/press/video.htm/video/7016439.htm> (access date: 29.03.2021). (In Russ.)]

16. Смирнов В.С., Зарубаев В.В., Петленко С.В. *Биология возбудителей и контроль гриппа и ОРВИ*. СПб.: Гиппократ; 2020. 296 с. [Smirnov VS, Zarubaev VV, Petlenko SV. *Biology of pathogens and control of influenza and ARVI*. Saint Petersburg: Hippocrates; 2020. 296 p. (In Russ.)]

17. Al-Tawfiq JA. Asymptomatic coronavirus infection: MERS-CoV and SARS-CoV-2 (COVID-19). *Travel Med Infect Dis*. 2020;35:101608. DOI: 10.1016/j.tmaid.2020.

18. Gao Z, Xu Y, Sun C, Chao Sun, Wang X, Guo Y, Qiu S, Ma K. A systematic review of asymptomatic infections with COVID-19. *J Microbiol Immunol Infect*. 2021;54(1):12–16. DOI: 10.1016/j.jmii.2020.05.001.

19. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Пятяшина М.А., Сизова Е.П., Юзлибаева Л.Р., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Бадамшина Г.Г., Гончарова А.В., Арбузова Т.В., Ломоносова В.И., Тотолян А.А. Характеристика серопревалентности к SARS-CoV-2 среди населения Республики Татарстан на фоне COVID-19. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2020;97(6):518–528. [Popova AYU, Ezhlova EB, Melnikova AA, Patyashina MA, Sizova EP, Yuzlibaeva LR, Lyalina LV, Smirnov VS, Badamshina GG, Goncharova AV, Arbuzova TV, Lomonosova VI, Totolyan AA. Distribution of SARS-CoV-2 seroprevalence among residents of the Republic of Tatarstan during the COVID-19 epidemic period. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology*. 2020;97(6):518–528. (In Russ.)] DOI: 10.36233/0372-9311-2020-97-6-2.

## Сведения об авторах

**Садыков Марат Наилевич**, канд. мед. наук, министр, Министерство здравоохранения Республики Татарстан; Sadykov.Marata@tatar.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4890-1812>

**Зиятдинов Васил Биаллович**, докт. мед. наук, директор, ФБУН «Казанский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; kniem@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8029-6515>

**Решетникова Ирина Дмитриевна**, канд. мед. наук, доц., зам. директора по научной работе, ФБУН «Казанский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; доц., каф. фундаментальных основ клинической медицины, ИФМиБ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) ФУ»; reshira@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3584-6861>

**Хакимов Нияз Маратович**, канд. мед. наук, доц., каф. эпидемиологии и доказательной медицины, ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» Минздрава РФ; hakimniaz@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7895-0012>

**Лопушов Дмитрий Владимирович**, канд. мед. наук, доц., каф. профилактической медицины и экологии человека, ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» Минздрава РФ; доц., каф. эпидемиологии и дезинфектологии,

Казанская ГМА — филиал ГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ; doctor225@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8896-969X>

**Исаева Гузель Шавхатовна**, докт. мед. наук, зам. директора по инновационной деятельности, ФБУН «Казанский НИИ эпидемиологии и микробиологии» Роспотребнадзора; зав. каф., каф. микробиологии им. акад. В.М. Аристовского ФГБОУ ВО «Казанский ГМУ» Минздрава РФ; kniem@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1462-8734>

#### Author details

**Marat N. Sadykov**, M.D., Cand. Sci. (Med.), Minister, Ministry of Health of the Republic of Tatarstan; Sadykov.Marar@tatar.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4890-1812>

**Vasil B. Ziatdinov**, M.D., Dr. Sci. (Med.), Director, Kazan Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; kniem@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8029-6515>

**Irina D. Reshetnikova**, M.D., Cand. Sci. (Med.), Deputy Head, Kazan Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; Assoc. Prof., Kazan (Volga region) Federal University; reshira@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3584-6861>

**Niyaz M. Khakimov**, M.D., Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Depart. of Epidemiology and Evidence-Based Medicine, Kazan State Medical University; hakimniaz@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7895-0012>

**Dmitriy V. Lopushov**, M.D., Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Depart. of Preventive Medicine and Human Ecology, Kazan State Medical University; Assoc. Prof., Depart. of Epidemiology and Disinfectology, Kazan State Medical Academy — Branch of the Russian Medical Academy of Postgraduate Education; doctor225@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8896-969X>

**Guzel Sh. Isaeva**, M.D., Dr. Sci. (Med.), Prof., Deputy Director for Innovative Development, Kazan Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology; Head, Depart. of Microbiology named after Academician V.M. Aristovsky, Kazan State Medical University; kniem@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1462-8734>