

DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-113-121

УДК 616.98:578.834.1

В.А. Мищенко<sup>1,2</sup>, М.В. Питерский<sup>1</sup>, Т.А. Платонова<sup>3</sup>, С.С. Смирнова<sup>1,4</sup>, И.В. Вялых<sup>1</sup>, И.П. Быков<sup>1</sup>,  
Л.Г. Вяткина<sup>1</sup>, Т.В. Махорина<sup>1</sup>, А.М. Орлов<sup>5</sup>, Н.Г. Попкова<sup>5</sup>, А.В. Семенов<sup>1,6</sup>

## ОЦЕНКА СЕРОПРЕВАЛЕНТНОСТИ К SARS-CoV-2 В РАЗЛИЧНЫХ ГРУППАХ НАСЕЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЕЙ ЛОГИТ-РЕГРЕССИИ В НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТИВНОГО ИММУНИТЕТА

<sup>1</sup>Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор», Екатеринбург, Российская Федерация; <sup>2</sup>ФГБУН «Институт экологии растений и животных» Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Российская Федерация; <sup>3</sup>ООО «Европейский медицинский центр «УГМК-Здоровье», Екатеринбург, Российская Федерация; <sup>4</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Екатеринбург, Российская Федерация; <sup>5</sup>ГАУЗ СО «Областная станция переливания крови», Екатеринбург, Российская Федерация; <sup>6</sup>ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Российская Федерация

**Цель** исследования – изучение и оценка динамики серопревалентности к SARS-CoV-2 в различных группах населения в начальный период формирования коллективного иммунитета на основе многофакторного анализа с помощью моделей логит-регрессии. **Материалы и методы.** Число участников исследования составило 1561 человек, представляющих три когорты: лица, живущие с ВИЧ/СПИД (ЛЖВС), доноры, медицинские работники. Наличие антител к SARS-CoV-2 определяли в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа с использованием коммерческих наборов реагентов. Многофакторный анализ динамики серопревалентности к SARS-CoV-2 проводили с использованием моделей логистической регрессии. **Результаты и обсуждение.** Установлено, что вероятность обнаружения IgG-антител к SARS-CoV-2 статистически значимо возрастает среди доноров и медицинских работников в ряду «весна – осень 2020 г.» ( $p=0,005$  и  $p<0,001$  соответственно), что согласуется с уровнем изменения серопревалентности в общей популяции. Группы доноров и медицинских работников можно рассматривать в качестве индикаторных групп, характеризующих коллективный иммунитет в отношении SARS-CoV-2, а также интенсивность эпидемического процесса распространения COVID-19. Серопревалентность к SARS-CoV-2 в группе ЛЖВС находилась на стабильно высоком уровне в течение всего периода наблюдений. Таким образом, сформированные модели логистической регрессии позволили определить тренды развития эпидемиологической ситуации на основе мультифакторного анализа динамики серопревалентности к SARS-CoV-2.

**Ключевые слова:** серопревалентность, SARS-CoV-2, новая коронавирусная инфекция, иммуноферментный анализ, индикаторные группы.

Корреспондирующий автор: Мищенко Владимир Алексеевич, e-mail: mischenko\_va@eniivi.ru.

Для цитирования: Мищенко В.А., Питерский М.В., Платонова Т.А., Смирнова С.С., Вялых И.В., Быков И.П., Вяткина Л.Г., Махорина Т.В., Орлов А.М., Попкова Н.Г., Семенов А.В. Оценка серопревалентности к SARS-CoV-2 в различных группах населения с помощью моделей логит-регрессии в начальный период формирования коллективного иммунитета. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2022; 1:113–121. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-113-121  
Поступила 14.09.2021. Отправлена на доработку 14.10.2021. Принята к публ. 07.02.2022.

V.A. Mishchenko<sup>1,2</sup>, M.V. Pitersky<sup>1</sup>, T.A. Platonova<sup>3</sup>, S.S. Smirnova<sup>1,4</sup>, I.V. Vyalykh<sup>1</sup>, I.P. Bykov<sup>1</sup>,  
L.G. Vyatkinina<sup>1</sup>, T.V. Makhorina<sup>1</sup>, A.M. Orlov<sup>5</sup>, N.G. Popkova<sup>5</sup>, A.V. Semenov<sup>1,6</sup>

## Assessment of Seroprevalence to SARS-CoV-2 in Various Population Cohorts Using Logit Regression Models During Initial Period of Herd Immunity Formation

<sup>1</sup>Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections of the SSC VB “Vector”, Yekaterinburg, Russian Federation;

<sup>2</sup>Institute of Plant and Animal Ecology, Ural branch of RAS, Yekaterinburg, Russian Federation;

<sup>3</sup>European Medical Center “UMMC-Health”, Yekaterinburg, Russian Federation;

<sup>4</sup>Ural State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Yekaterinburg, Russian Federation;

<sup>5</sup>Regional Blood Transfusion Station, Yekaterinburg, Russian Federation;

<sup>6</sup>Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russian Federation

**Abstract.** The aim of the study was to assess the dynamics of seroprevalence to SARS-CoV-2 in various population groups during the initial period of herd immunity formation based on multivariate analysis using logit regression models. **Materials and methods.** The study involved 1561 individuals divided into three population cohorts: people living with HIV/AIDS (PLHA), healthy blood donors, medical workers. The presence of antibodies to SARS-CoV-2 was determined in blood serum through ELISA using commercial reagent kits. Multivariate analysis of the dynamics of seroprevalence to SARS-CoV-2 was carried out using logistic regression models. **Results and discussion.** It has been revealed that probability of detecting IgG antibodies to SARS-CoV-2 significantly increased among the donors and medical workers in the spring-autumn 2020 series ( $p=0.005$  and  $p<0.001$ , respectively), which corresponds to seroprevalence shift in the general population. Groups of donors and medical workers can be considered as indicator groups that characterize the herd immunity in reference to SARS-CoV-2, as well as the intensity of COVID-19 epidemic process. Seroprevalence to SARS-CoV-2 in PLHA group was at a consistently high level throughout the observation period. The generated logistic regression models made it possible to determine the trends in the development of the epidemic situation based on multifactorial analysis of the dynamics of seroprevalence to SARS-CoV-2.

**Key words:** seroprevalence, SARS-CoV-2, new coronavirus infection, enzyme-linked immunosorbent assay, indicator groups.

*Conflict of interest:* The authors declare no conflict of interest.

*Corresponding author:* Vladimir A. Mishchenko, e-mail: [mischenko\\_va@eniivi.ru](mailto:mischenko_va@eniivi.ru).

*Citation:* Mishchenko V.A., Pitersky M.V., Platonova T.A., Smirnova S.S., Vyalykh I.V., Bykov I.P., Vyatkina L.G., Makhorina T.V., Orlov A.M., Popkova N.G., Semenov A.V. Assessment of Seroprevalence to SARS-CoV-2 in Various Population Cohorts Using Logit Regression Models During Initial Period of Herd Immunity Formation. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2022; 1:113–121. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-113-121

*Received* 14.09.2021. *Revised* 14.10.2021. *Accepted* 07.02.2022.

Mishchenko V.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4280-283X>  
 Pitersky M.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5506-2389>  
 Platonova T.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5441-854X>  
 Smirnova S.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9749-4611>  
 Vyalykh I.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3123-8359>  
 Bykov I.P., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5157-646X>

Vyatkina L.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1944-3827>  
 Makhorina T.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6126-9706>  
 Orlov A.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8610-0226>  
 Popkova N.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8969-0452>  
 Semenov A.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3223-8219>

С начала 2020 г. продолжается распространение инфекции, вызванной бета-коронавирусом SARS-CoV-2. По состоянию на 01.09.2021 в мире зарегистрировано более 218 млн заразившихся, из которых 195 млн выздоровели, а 4,5 млн погибли. На долю Российской Федерации пришлось 6,9 млн заболевших и 184 тыс. смертей [1]. В Свердловской области подтверждено 124,1 тыс. случаев заболевания, 5,2 тыс. из которых закончились летальным исходом [2].

Накопление в крови специфических антител в результате инфицирования различными возбудителями позволяет применять серомониторинг для ретроспективной диагностики как клинических (манифестных), так и субклинических или инаппарантных случаев инфекции, которые в обычных обстоятельствах не выявляются. Особенно это актуально для новых инфекций в начальный период формирования коллективного иммунитета. Данные по серопревалентности к SARS-CoV-2 могут быть использованы для реальной оценки эпидемического процесса распространения COVID-19. Статистические данные по заболеваемости и коэффициенту летальности при COVID-19 значительно различаются в странах с разными стратегиями тестирования: при всесторонних лабораторных исследованиях выявляют большое количество легких форм инфекции, соответственно сообщают о более высокой заболеваемости и низкой летальности [3]. Кроме того, серологические исследования, в особенности среди доноров крови, способствуют выявлению реконвалесцентов с высокими титрами вируснейтрализующих антител, плазма которых может быть использована при лечении пациентов с тяжелыми формами COVID-19 [4].

Для разработки эффективных мер противодействия пандемии важным направлением является исследование уровня коллективного иммунитета среди населения региона. Ключевым показателем при этом является уровень серопревалентности к SARS-CoV-2, при котором COVID-19 перестает распространяться. Учитывая высокое значение базового репродуктивного числа для SARS-CoV-2, определяющего количество вторичных заражений, вызванных присутствием одного инфицированного человека в полностью восприимчивой однородной по чувствительности к SARS-CoV-2 популяции, доля лиц с защитными антителами к вирусу, по расчетам разных авторов, должна составлять от 70 до 82,5 % [5]. При этом основным методом серологической диагностики остается иммуноферментный анализ (ИФА),

позволяющий выявить специфические антитела к антигенам SARS-CoV-2: спайк-белку (S-белку) или к рецептор-связывающему домену (RBD-домену) S-белка нового коронавируса.

Изучение динамики увеличения серопревалентности к SARS-CoV-2 в начальный период формирования коллективного иммунитета в различных группах населения представляет значительный интерес и необходимо для разработки прогноза развития эпидемиологической ситуации, а также планирования мероприятий по специфической и неспецифической профилактике COVID-19.

**Цель** исследования заключалась в изучении и оценке динамики серопревалентности к SARS-CoV-2 в различных группах населения в начальный период формирования коллективного иммунитета на основе многофакторного анализа с помощью моделей логит-регрессии.

## Материалы и методы

Данные о заболеваемости COVID-19 получены с сайта официальной информации о коронавирусе в России (<https://стопкоронавирус.рф>).

Для оценки динамики уровня коллективного иммунитета в различных группах населения изучаемого региона организовано обследование 617 сотрудников медицинских организаций, 830 доноров и 114 лиц, живущих с ВИЧ/СПИД (ЛЖВС). Общее число участников когортного исследования составило 1561 человек.

Результаты обследования доноров отражали специфику распространения новой коронавирусной инфекции среди здоровых лиц в крупном промышленном регионе. Результаты обследования сотрудников медицинских организаций соответствовали вовлеченности в эпидемический процесс COVID-19 профессиональных групп населения, связанных с высоким риском инфицирования, а ЛЖВС – вовлеченности в эпидемический процесс групп риска заражения COVID-19 и развития тяжелых форм инфекции.

Для обследования доноров и ЛЖВС использовали пробы крови, полученные в рамках исследования популяционного иммунитета. У всех участников исследования было получено информированное согласие о проведении исследований. Исследования выполняли на базе лабораторий ЕНИИВИ ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора,

ООО «УГМК-Здоровье» и ГАУЗ СО «Областная станция переливания крови».

Пробы крови отбирали в вакуумные пробирки с  $K_2$ -ЭДТА в количестве 5 мл, отделяли плазму от клеточных элементов с помощью центрифугирования. Плазму переносили в пластиковые пробирки и хранили до проведения исследований при температуре минус 70 °С. Для ИФА использовали «Набор реагентов для иммуноферментного выявления иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2» («SARS-CoV-2-IgG-ИФА-БЕСТ», ЗАО «Вектор-Бест», Новосибирск, Россия), позволяющий выявлять специфические антитела (IgG) к спайковому (S) белку согласно инструкции производителя. Результаты ИФА регистрировали на планшетных иммуноферментных анализаторах MULTISKAN ASCENT (Thermo Electron Corporation, США) и StatFax 4300 (Awareness Technology Inc., США) с компьютерным обеспечением учета полученных данных. Наличие IgG-иммуноглобулинов к SARS-CoV-2 определяли путем расчета коэффициента позитивности (КП). Результат анализа считали положительным при  $KП \geq 1,1$ , отрицательным – при  $KП < 0,8$ , сомнительным или пограничным – если  $0,8 \leq KП < 1,1$ .

**Статистический анализ.** Для изучения проявлений эпидемического процесса COVID-19 в Свердловской области данные по еженедельному числу заболевших логарифмировали, а затем проводили сглаживание с помощью многокомпонентного гармонического колебания, используя аддитивные модели вида:

$$y = \ln(N) = \mu_i + \sum[\alpha_i \sin(\omega t + \varphi_i)] + e_i, \quad (1)$$

где  $N$  – число заболевших COVID-19 (еженедельные данные);  $\mu$  – стационарное состояние (среднее число заболевших COVID-19 за наблюдаемый период);  $\alpha$  – амплитуда гармонических колебаний;  $\omega$  – циклическая частота (период  $T = 2\pi/\omega$ , недели);  $\varphi$  – начальная фаза  $i$ -й гармоники;  $t$  (номер отсчета) = первая неделя наблюдений (6–14 апреля 2020 г.) или нулевая точка отсчета;  $e_i$  – отклонение ожидаемых от наблюдаемых значений.

Логарифмирование позволяет сделать колебание более симметричным и избежать абсурдных отрицательных предсказанных значений.

Для оценки возможных различий временных трендов проведен ковариационный анализ (ANCOVA) для полученных предсказанных значений по подъемам и спадам заболеваемости COVID-19 во время первой и второй волн пандемии с использованием временного ряда (выраженного в неделях) в качестве ковариаты. Для сравнения линейных трендов (угловых коэффициентов –  $b$ ) применяли тест Тьюки (Tukey's HSD test).

С целью количественной оценки влияния факторов (период, пол, возрастная группа) на серопревалентность к SARS-CoV-2 рассчитывали шансы обнаружить антитела у лиц, относящихся к различ-

ным индикаторным группам населения. Шансы рассчитывались как отношение числа серопозитивных респондентов ( $N_1$ ) к числу серонегативных ( $N_0$ ).

Это позволило использовать стандартный аппарат теории обобщенных линейных моделей (GLM) [6] – логит-регрессию. Оценивали эффекты следующих предикторов ( $X_i$ ): индикаторные группы («доноры», «медицинские работники», «люди, живущие с ВИЧ/СПИД – ЛЖВС»), период (весна, лето, осень), пол, возрастные группы (18–29, 30–39, 40–49, 50 лет и старше). Для сравнения и ранжирования моделей логит-регрессии использовали вес (относительное правдоподобие –  $w_i$ ) каждой модели, рассчитанный на основе *состоятельного критерия Акаике (CAIC)*:

$$CAIC = -2LL + k[1 + \ln(m)], \quad (2)$$

$$w_i = \exp(-0,5\Delta CAIC_i) / \sum \exp(-0,5\Delta CAIC_i), \quad (3)$$

где  $LL$  – логарифм максимума функции правдоподобия;  $k$  – число параметров;  $m$  – число наблюдений [7].

Представленный вес интерпретировали как вероятность того, что  $i$ -я модель лучше, чем любая другая, при множестве прочих моделей-претендентов. Если вес отличается менее чем на 10 % от  $w_{max}$ , считали, что эти модели идентичны по качеству наилучшей [8].

Данные выборки представлены как предсказанные вероятности –  $P(X)$ , с указанием доверительного интервала (95 % ДИ). Апостериорные (post-hoc) множественные сравнения (после дисперсионного анализа – ANOVA) проводили с помощью теста Тьюки.

Статистическая обработка результатов и их визуализация проведены с использованием пакета прикладных программ Statistica v. 12.0 (StatSoft Inc.) и статистической среды R (v. 3.4.4).

### Результаты и обсуждение

Первые случаи COVID-19 в Свердловской области были выявлены на 12–14-й неделях 2020 г. и связаны с заносами из Европейского региона и центральных районов России. Массовое распространение инфекции началось с 16-й недели 2020 г. и имело в 2020 г. двухволновое течение: первый подъем заболеваемости – с 22-й по 33-ю неделю 2020 г., второй подъем – с 40-й недели 2020 г. по 7-ю неделю 2021 г. (рис. 1). В эпидемический процесс COVID-19 были вовлечены все возрастные и социальные группы населения.

Первая волна заболеваемости COVID-19 в Свердловской области характеризовалась более резким подъемом (различие углов наклона трендов ( $b$ ): 0,06;  $p < 0,0001$ ) и менее резким спадом (различие углов наклона трендов ( $b$ ): 0,07;  $p < 0,0001$ ), чем вторая волна, при этом вторая волна продолжалась 21 неделю, что в 1,75 раза дольше первой волны, и

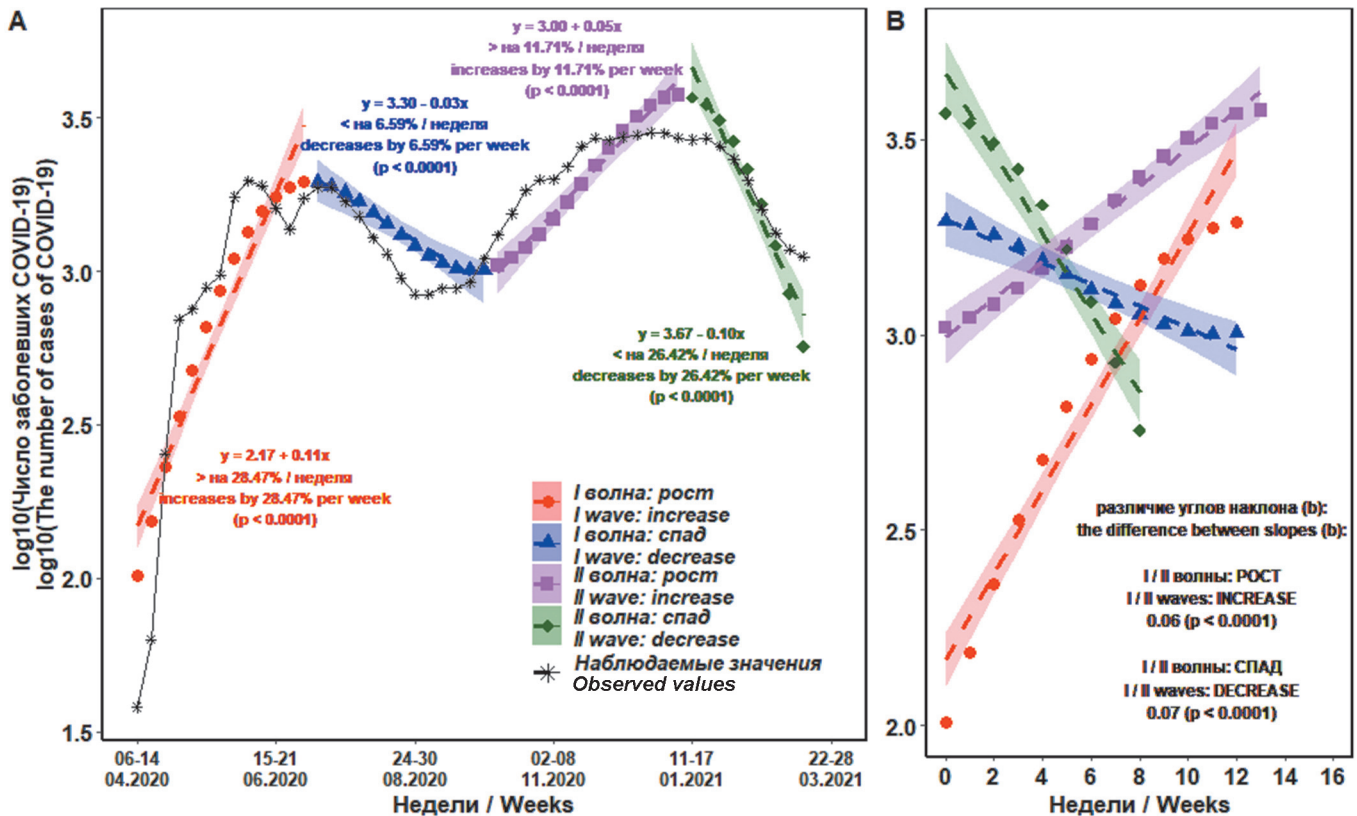


Рис. 1. Динамика заболеваемости COVID-19 в Свердловской области (число заболевших – логарифмированные значения): **A** – линейные тренды для предсказанных значений заболеваемости; **B** – сравнение углов наклона (b) для линейной регрессии с помощью критерия Тьюки; недели отсчитываются для каждого роста и спада I и II волн пандемии (0 – начало роста/спада)

Fig. 1. Dynamics of COVID-19 incidence in the Sverdlovsk Region (the number of cases in logarithmic scale): **A** – linear trends for predicted incidence values; **B** – comparison of slope angles (b) for linear regression using Tukey’s test; weeks are counted for each growth and decline of the I and II waves of the pandemic (0 – the onset of growth/decline)

достигла максимума в 2834 случая в неделю, что в 1,4 раза выше максимума первой волны.

Установлено статистически значимое различие между отношениями шансов заражения COVID-19 жителей Свердловской области в трех периодах: «Весна» – период до начала первой волны: с 12-й по 21-ю неделю; «Лето» – период первой волны: с 22-й по 33-ю неделю; «Осень» – период начала второй волны: с 40-й по 44-ю неделю. Относительный шанс (OR) перенести COVID-19 к завершению первой волны (период «Лето») составил 6,35 (95 % ДИ [6,1–6,6]) по сравнению с периодом «Весна», к 44-й неделе – (период «Осень») OR=9,93 (95 % ДИ [9,6–10,3]).

Для описания динамики серопревалентности к SARS-CoV-2 сформировано 16 моделей логит-регрессии с различным составом и комбинациями предикторов: группа наблюдения (доноры, медицинские работники, ЛЖВС); временной период (весна 2020 г. – период до первой волны, лето 2020 г. – первая волна, осень 2020 г. – вторая волна); возрастная группа (18–29, 30–39, 40–49, 50 лет и старше) и пол участников исследования (табл. 1).

Статистическое моделирование с помощью множественной логит-регрессии позволило оценить влияние категориальных факторов. Выявлено статистически значимое ( $p < 0,05$ ) изменение динамики

серопревалентности к SARS-CoV-2, что обусловлено как различиями в группах наблюдения, так и периодом наблюдений. Такие предикторы, как возраст, пол и их комбинации, не оказывали существенного влияния на динамику серопревалентности, что соответствует исследованиям в отношении возрастных групп в диапазоне от 18 до 70 лет, проведенным в Иркутской, Ленинградской, Тюменской областях, г. Санкт-Петербурге, Республике Татарстан, Хабаровском крае [9–14].

Анализ динамики серопревалентности с использованием модели логит-регрессии № 3 показал, что как у доноров, так и медработников динамика шансов выявления антител к SARS-CoV-2 одинаково возрастает от весны к лету ( $p=0,20$ ) и от весны к осени ( $p=0,08$ ). Весной 2020 г. шанс обнаружить антитела к SARS-CoV-2 в группе медицинских работников был выше в 4,6 раза относительно шансов сероконверсии в группе доноров. Летом, в период первой волны, в группе доноров отмечалось резкое увеличение шансов обнаружить антитела к SARS-CoV-2 (в 16,12 раза относительно весны), у медицинских работников – в 17,73 раза. Осенью шанс сероконверсии у доноров стал выше в 45,71 раза относительно весеннего периода, у медицинских работников – в 33 раза, что также положительно коррелирует с интенсивностью эпидемического процесса распростра-

Таблица 1 / Table 1

**Отбор оптимальных (min CAIC) моделей логит-регрессии для описания динамики серопревалентности к SARS-CoV-2**  
**Selection of optimum (min CAIC) logit regression models for describing the dynamics of seroprevalence to SARS-CoV-2**

№ мод. No. mod.	Предикторы / Predictors	<i>K</i>	<i>CAIC</i>	$\Delta_{CAIC}$	$w_i$	<i>D</i>	<i>p</i>
	Наличие антител ( $N_i=1$ ), отсутствие антител ( $N_i=0$ ) к SARS-CoV-2; $\text{Ln}(N_i/N_0)=b_0+\sum b_i X_i+\varepsilon$ ; логит-регрессия, $n=1561$ Presence of antibodies ( $N_i=1$ ), absence of antibodies ( $N_i=0$ ) to SARS-CoV-2; $\text{Ln}(N_i/N_0)=b_0+\sum b_i X_i+\varepsilon$ ; logit regression, $n=1561$						
16	Группа×Период×Пол×Возраст (четырёхфакторное взаимодействие) Group×Period×Gender×Age (four-factor interaction)	71	33392,8	0,0	~ 0	1383,0	–
15	– Группа×Период×Пол×Возраст – Group×Period×Gender×Age	60	1883,8	14,4	~ 0	1385,3	0,84
14	– Период×Пол×Возраст – Period×Gender×Age	54	1836,3	32,2	~ 0	1389,1	0,71
13	– Группа×Пол×Возраст – Group×Gender×Age	48	1790,0	40,2	~ 0	1394,6	0,24
12	– Группа×Период×Пол – Group×Period×Gender	44	1762,1	51,9	~ 0	1396,4	0,41
11	– Группа×Пол – Group×Gender	42	1747,2	75,2	~ 0	1399,0	0,45
10	– Пол×Возраст – Gender×Age	39	1724,8	112,4	~ 0	1417,0	0,12
9	– Группа×Период×Возраст – Group×Period×Age	27	1642,5	120,6	~ 0	1422,0	0,54
8	Группа+Период+Пол+Возраст+Группа×Период+Период×Пол+Группа×Возраст Group+Period+Gender+Age+Group×Period+Period×Gender+Group×Age	21	1597,4	165,7	~ 0	1426,8	0,57
6	Группа+Период+Пол+Возраст+Группа×Период+Период×Пол Group+Period+Gender+Age+Group×Period+Period×Gender	15	1552,1	247,9	$4,6 \cdot 10^{-17}$	1428,5	0,63
5	Группа+Период+Пол+Группа×Период+Период×Пол Group+Period+Gender+Group×Period+Period×Gender	12	1528,8	270,3	$5,3 \cdot 10^{-12}$	1433,5	0,08
4	Группа+Период+Пол+Группа×Период Group+Period+Gender+Group×Period	10	1517,1	285,3	$1,9 \cdot 10^{-9}$	1433,9	0,52
3	<b>Группа+Период+Группа×Период</b> <b>Group+Period+Group×Period</b>	<b>9</b>	<b>1509,1</b>	<b>313,1</b>	<b><math>10,0 \cdot 10^{-8}</math></b>	<b>1449,5</b>	<b>0,004</b>
2	Группа+Период Group+Period	5	1491,3	359,5	0,001	1451,8	0,31
1	<b>Период</b> <b>Period</b>	<b>3</b>	<b>1476,9</b>	<b>406,9</b>	<b>0,999</b>	<b>1580,9</b>	<b>&lt;0,0001</b>
7	$H_0$ – нулевая модель* $H_0$ – null model*	1	1589,3	31915,9	~ 0	–	–

Примечание: *CAIC* – состоятельный критерий Акаике;  $\Delta_{CAIC}$  – разность *CAIC*;  $w_i$  – относительное правдоподобие (вес) *i*-й модели; *K* – число параметров; *D* – остаточная девианса – мера различия двух сравниваемых моделей (оценка разницы логарифмов правдоподобий); знак «–» – удаление предикторов (факторов и их взаимодействий) из моделей; \* – только один параметр,  $b_0$ ;  $b_0$  – свободный член (базовый уровень) – доноры, весенний период наблюдений; № мод. – номер (ранг) лучшей модели.

Note: *CAIC* is a consistent Akaike criterion;  $\Delta_{CAIC}$  is the difference of *CAIC*;  $w_i$  is the relative likelihood (weight) of the *i*<sup>th</sup> model; *K* is the number of parameters; *D* is the residual deviation – a measure of the difference between the two compared models (estimation of the difference in logarithms of likelihood); the “–” sign is the removal of predictors (factors and their interactions) from the models; \* is only one parameter,  $b_0$ ;  $b_0$  is the free term (baseline) – donors, the spring observation period; No. mod. – the number (rank) of the best model.

нения COVID-19 (табл. 2, рис. 2). Таким образом, как для доноров, так и для медработников характерно монотонное нарастание вероятности обнаружения антител к SARS-CoV-2 от весны к осени, а рост шансов сероконверсии не имеет статистически значимой разницы с ростом шансов переболеть COVID-19 в основной популяции (точный критерий Фишера  $p=0,35$  и  $p=0,76$  соответственно). Данные результаты позволяют считать группы доноров и медицинских работников индикаторными группами населения.

Для ЛЖВС характерна иная динамика серопревалентности: шанс сероконверсии оставался на высоком уровне в течение всего периода наблюдений, в отличие от монотонного роста как в группе доноров, так и в группе медицинских работников ( $p=0,04$  и  $p=0,002$  соответственно).

Поскольку в регрессионном анализе все коэффициенты сравниваются попарно с базовым уровнем, необходима коррекция уровня значимости, чтобы избежать проблемы множественных сравнений.

Таблица 2 / Table 2

Серопревалентность к SARS-CoV-2 в различных индикаторных группах населения  
(модель № 3 логит-регрессии, LR  $\chi^2=146,99$ ;  $df=8$ ;  $p<0,0001$ )

Seroprevalence to SARS-CoV-2 in various indicator groups of the population (logit regression model No. 3, LR  $\chi^2=146,99$ ;  $df=8$ ;  $p<0,0001$ )

Регрессионный анализ / Regression analysis								
Группы Groups	Предикторы Predictors	нескор. InOR uncorrec. InOR	$p$ -значение $p$ -level	скор. InOR correc. InOR	скор. OR correc. OR	ln шансов (ln odds)	Шансы (Odds)	P(X)
Дон*Весна Donors*Spring	$b_0$	-4,60	<0,0001	-4,60	-	-4,60	0,01	1,00
Мед*Весна Medics*Spring	Группа [Мед] Group [Medics]	1,52	0,15	1,52	4,59	-3,07	0,05	4,43
ЛЖВС*Весна PLHA*Spring	Группа [ЛЖВС] Group [PLHA]	3,03	0,01	3,03	20,63	-1,57	0,21	17,24
Дон*Лето Donors*Summer	Период [Лето] Period [Summer]	2,78	0,01	2,78	16,12	-1,82	0,16	14,00
Дон*Осень Donors*Autumn	Период [Осень] Period [Autumn]	3,82	0,0002	3,82	45,71	-0,77	0,46	31,59
Мед*Лето Medics*Summer	Группа [Мед]×Период [Лето] Group [Medics]×Period [Summer]	-1,43	0,20	2,88	17,73	-1,72	0,18	15,19
ЛЖВС*Лето PLHA*Summer	Группа [ЛЖВС]×Период [Лето] Group [PLHA]×Period [Summer]	-2,50	0,04	3,30	27,23	-1,29	0,28	21,57
Мед*Осень Medics*Autumn	Группа [Мед]×Период [Осень] Group [Medics]×Period [Autumn]	-1,85	0,08	3,50	33,00	-1,10	0,33	25,00
ЛЖВС*Осень PLHA*Autumn	Группа [ЛЖВС]×Период [Осень] Group [PLHA]×Period [Autumn]	-3,79	0,002	3,05	21,21	-1,54	0,21	17,65
Дисперсионный анализ (ANOVA) / Analysis of Variance (ANOVA)								
Факторы Factors	LR $\chi^2$	$df$	$p$ -значение $p$ -level					
Группа / Group	2,31	2	0,31					
Период / Period	97,13	2	<0,0001					
Группа×Период / Group×Period	15,56	4	0,004					

Примечание:  $b$  – параметры логит-регрессии (нескорректированные логарифмы отношения шансов);  $b_0$  – свободный член: доноры, весенний период наблюдений; OR – odds ratio – отношение шансов; LR( $df$ ) – тест отношения правдоподобий с количеством степеней свободы; P(X) – вероятности; LR  $\chi^2$  – отношение правдоподобий, тест хи-квадрат; Дон – «доноры», Мед – «медицинские работники», ЛЖВС – «люди, живущие с ВИЧ/СПИД».

Note:  $b$  – logit regression parameters (uncorrected logarithms of the odds ratio);  $b_0$  – free term: donors, spring observation period; OR – odds ratio; LR( $df$ ) – likelihood ratio test with degrees of freedom; P(X) – probabilities; LR  $\chi^2$  – likelihood ratio, chi-square test; Donors – “donors”; Medics – “medical workers”; PLHA – “people living with HIV/AIDS”.

В связи с этим модель № 3 логит-регрессии уместно рассмотреть как двухфакторный дисперсионный анализ с взаимодействием факторов (см. табл. 2). Для конкретизации различий между группами проводили множественные сравнения с помощью критерия Тьюки с коррекцией уровня значимости (рис. 2, В).

Вероятность обнаружения антител к SARS-CoV-2 статистически значимо возрастает в группе доноров в ряду «весна – осень» ( $p=0,005$ ). Для группы медработников отмечали аналогичные результаты, за исключением статистически незначимых различий между медработниками в летний и осенний периоды при сохранении положительной тенденции. Для группы ЛЖВС отсутствуют статистически значимые различия по вероятностям выявления антител на протяжении всего периода наблюдений ( $p=0,99$ ). Следовательно, для группы ЛЖВС характерна ста-

бильно высокая вероятность обнаружения антител на протяжении всего периода наблюдений. В то же время в этой группе отмечена тенденция к большей вероятности обнаружения антител в весенний период в сравнении с группами доноров и медработников.

Таким образом, изучение серопревалентности ко вновь возникающим инфекциям, безусловно, имеет большое эпидемиологическое значение. Однако в начале развития пандемии такие исследования носят глобальный, всеобъемлющий характер и связаны со значительными организационными трудностями и высокой стоимостью.

Для инфекций с преимущественно аэрогенным механизмом передачи, к которым относится новая коронавирусная инфекция, оптимальными индикаторными группами по изучению серопревалентности являются доноры и сотрудники медицинских ор-

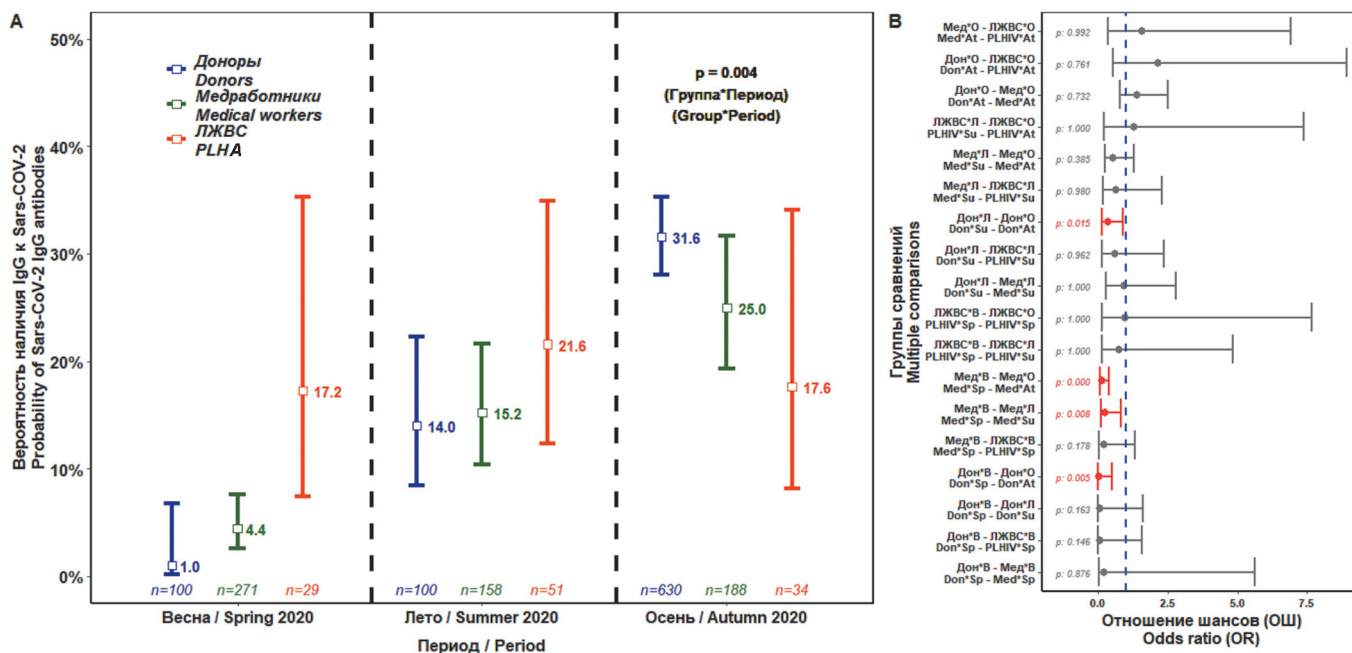


Рис. 2. Сравнение различных индикаторных групп населения в динамике наблюдений по серопревалентности к SARS-CoV-2: **A** – индикаторные группы и период наблюдений (взаимодействие факторов): данные представлены в виде предсказанных вероятностей (P(X)) с указанием 95 % доверительных интервалов; **B** – апостериорные множественные сравнения с помощью критерия Тьюки; *Дон* – «доноры», *Мед* – «медицинские работники», *ЛЖВС* – «люди, живущие с ВИЧ/СПИД»; *В* – Весна, *Л* – Лето, *О* – Осень

Fig. 2. Comparison of various indicator groups of the population in the dynamics of observations on seroprevalence to SARS-CoV-2: **A** – indicator groups and observation period (interaction of factors): data are presented in the form of predicted probabilities (P(X)) with 95 % confidence intervals; **B** – a posteriori multiple comparisons using Tukey’s test; *Don* – “donors”, *Med* – “medical workers”, *PLHA* – “people living with HIV/AIDS”; *Sp* – Spring, *Su* – Summer, *At* – Autumn

ганизаций. Включение ЛЖВС в индикаторную группу является перспективным для более масштабных исследований. Дальнейшее эпидемиологическое наблюдение требует разработки тактики выборочных исследований в индикаторных группах населения.

Использование моделей логистической регрессии является наглядным инструментом, позволяющим определить тренды развития эпидемиологической ситуации на основе мультифакторного анализа динамики серопревалентности к SARS-CoV-2.

**Конфликт интересов.** Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

**Источник финансирования.** Финансирование исследования осуществлялось в рамках выполнения НИР: «Изучение эпидемического процесса и профилактика вирусных инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (на примере ветряной оспы, норо-, ротавирусной инфекции и др.)» (регистрационный номер в ЕГИСУ НИОКТР 121040500099-5) и «Риск-ориентированный подход к профилактике ВИЧ-инфекции в отдельных группах населения» (регистрационный номер в ЕГИСУ НИОКТР 121041500042-8) отраслевой программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обеспечение эпидемиологического надзора и санитарной охраны территории Российской Федерации. Создание новых технологий, средств и методов контроля и профилактики инфекционных и паразитарных болезней».

**Список литературы**

- COVID-19. Coronavirus Pandemic. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.worldometers.info/coronavirus> (дата обращения 01.09.2021).
- Официальная информация о коронавирусе в России. Ситуация с COVID-19 в регионе. Свердловская область. [Электронный ресурс]. URL: <https://стопкоронавирус.рф/information> (дата обращения 01.09.2021).
- Erikstrup C., Hother C.E., Pedersen O.B.V., Mølbak K., Skov R.L., Holm D.K., Sækmose S.G., Nilsson A.C., Brooks P.T., Boldsen J.K., Mikkelsen C., Gybel-Brask M., Sørensen E., Dinh K.M., Mikkelsen S., Møller B.K., Haunstrup T., Harritshøj L., Jensen B.A., Hjalgrim H., Lillevang S.T., Ullum H. Estimation of SARS-CoV-2 infection fatality rate by real-time antibody screening of blood donors. *Clin. Infect. Dis.* 2021; 72(2):249–53. DOI: 10.1093/cid/ciaa849.
- Смирнов В.С., Тотолян Арег А. Некоторые возможности иммуноterapiи при коронавирусной инфекции. *Инфекция и иммунитет.* 2020; 10(3):446–58. DOI: 10.15789/2220-7619-SPO-1470.
- Попова А.Ю., Андреева Е.Е., Бабура Е.А., Балахонov 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., Паташина 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. DOI: 10.15789/2220-7619-FOD-1684.
- McCulloch C.E. Generalized linear models. *J. Am. Stat. Assoc.* 2000; 95:1320–24.
- Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Automat. Contr.* 1974; 19:716–23. DOI: 10.1109/TAC.1974.1100705.
- Burnham K.P., Anderson D.R. Model Selection and Multi-Model Inference: a Practical Information-Theoretic Approach. New York: Springer; 2002. 488 p.
- Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Балахонov С.В., Чеснокова М.В., Дубровина В.И., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Трухина А.Г., Пережогин А.Н., Пятидесятникова А.Б., Брюхова Д.Д., Киселева Н.О., Gefan H.G., Гаврилова О.В.,

Гаврилова Т.А., Ломоносова В.И., Тотолян А.А. Опыт исследования серопреvalентности к вирусу SARS-CoV-2 населения Иркутской области в период вспышки COVID-19. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020; 3:106–13. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-106-113.

10. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Историк О.А., Мосевич О.С., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Черный М.А., Балабышева Н.С., Логинова И.С., Владимиров О.С., Самогладова И.С., Васев Н.А., Румянцев С.В., Чупалова Е.Ю., Селиванова Г.В., Муравьева 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., Базунова А.И., Филиппова Л.А., Пальчикова Н.А., Кукушкин 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; 3:114–23. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-114-123.

11. 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; 3:124–30. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-124-130.

12. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Патышина 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 серопреvalентности к SARS-CoV-2 среди населения Республики Татарстан на фоне COVID-19. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2020; 97(6):518–28. DOI: 10.36233/0372-9311-2020-97-6-2.

13. 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., Сапег Е.Ю., Алейникова Н.В., Бебенина Л.А., Лосева С.М., Каравьянская Т.Н., Тотолян А.А. Уровень серопреvalентности к SARS-CoV-2 среди жителей Хабаровского края на фоне эпидемии COVID-19. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2021; 98(1):7–17. DOI: 10.36233/0372-9311-92.

14. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Степанова Т.Ф., Шарух 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 серопреvalентности к SARS-CoV-2 среди жителей Тюменской области в эпидемическом периоде COVID-19. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2020; 97(5):392–400. DOI: 10.36233/0372-9311-2020-97-5-1.

## References

1. Worldometer COVID-19. Coronavirus Pandemic. (Cited 01 Sept 2021). [Internet]. Available from: <https://www.worldometers.info/coronavirus>.
2. Official data on the coronavirus in Russia. The situation on COVID-19 in the regions. Sverdlovsk Region. (Cited 01 Sept 2021). [Internet]. Available from: <https://стопкоронавирус.рф/information>.
3. Erikstrup C., Hothar C.E., Pedersen O.B.V., Mølbak K., Skov R.L., Holm D.K., Sækmose S.G., Nilsson A.C., Brooks P.T., Boldsen J.K., Mikkelsen C., Gybel-Brask M., Sørensen E., Dinh K.M., Mikkelsen S., Møller B.K., Haunstrup T., Harritshøj L., Jensen B.A., Hjalgrim H., Lillevang S.T., Ullum H. Estimation of SARS-CoV-2 infection fatality rate by real-time antibody screening of blood donors. *Clin. Infect. Dis.* 2021; 72(2):249–53. DOI: 10.1093/cid/ciaa849.
4. Smirnov V.S., Totolyan Areg A. [Some opportunities for immunotherapy in coronavirus infection]. *Infektsiya i Immunitet [Russian Journal of Infection and Immunity]*. 2020; 10(3):446–58. DOI: 10.15789/2220-7619-SPO-1470.
5. Popova A.Yu., Andreeva E.E., Babura E.A., Balakhonov S.V., Bashketova N.S., Bulanov M.V., Valeullina N.N., Goryaev D.V., Detkovskaya N.N., Ezhlova E.B., Zaitseva N.N., Istoric O.A., Kovalchuk I.V., Kozlovskikh D.N., Kombarova S.V., Kurganova O.P., Kutuyev V.V., Lomovtsev A.E., Lukicheva L.A., Lyalina L.V., Melnikova A.A., Mikailova O.M., Noskov A.K., Noskova L.N., Oglezneva E.E., Osmolovskiy T.P., Patyashina M.A., Penkovskaya N.A., Samoilova L.V., Smirnov V.S., Stepanova T.F., Trotsenko O.E., Totolyan A.A. [Features of developing SARS-CoV-2 nucleocapsid protein population-based seroprevalence during the first wave of the COVID-19 epidemic in the Russian Federation]. *Infektsiya*

*i Immunitet [Russian Journal of Infection and Immunity]*. 2021; 11(2):297–323. DOI: 10.15789/2220-7619-FOD-1684.

6. McCulloch C.E. Generalized linear models. *J. Am. Stat. Assoc.* 2000; 95:1320–24.

7. Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Automat. Contr.* 1974; 19:716–23. DOI: 10.1109/TAC.1974.1100705.

8. Burnham K.P., Anderson D.R. Model Selection and Multi-Model Inference: a Practical Information-Theoretic Approach. New York: Springer; 2002. 488 p.

9. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Mel'nikova A.A., Balakhonov S.V., Chesnokova M.V., Dubrovina V.I., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Trukhina A.G., Perezhogin A.N., Pyatidesyatnikov A.S., Bryukhova D.D., Kiseleva N.O., Gefan N.G., Gavrilova O.V., Gavrilova T.A., Lomonosova V.I., Totolyan A.A. [Experience in studying seroprevalence to SARS-CoV-2 virus in the population of the Irkutsk Region during COVID-19 outbreak]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; (3):106–13. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-106-113.

10. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Mel'nikova A.A., Historik O.A., Mosevich O.S., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Cherny M.A., Balabyshova N.S., Loginova I.S., Vladimirova O.S., Samoglyadova I.S., Vasev N.A., Rummyantseva S.V., Chupalova E.Yu., Selivanova G.V., Muraviova M.V., Timofeeva L.V., Khankishieva E.N., Tychevskaya V.D., Nikitenko N.D., Kostenitskaya T.I., Virkunen N.V., Klimkina I.M., Kuzmina T.M., Degtyarenko N.V., Bazunova A.I., Filippova L.A., Palchikova N.A., Kukshkin A.V., Arsentieva N.A., Batsunov O.K., Bogumilchik E.A., Voskresenskaya E.A., Drobyshevskaya V.G., Zueva E.V., Kokorina G.I., Kurova N.N., Lyubimova N.E., Ferman R.S., Khamdulaeva G.N., Khamitova I.V., Khorokva E.V., Milichkina A.A., Dedkov V.G., Totolian A.A. [Assessment of the herd immunity to SARS-CoV-2 among the population of the Leningrad Region during the COVID-19 epidemic]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; (3):114–23. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-114-123.

11. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Mel'nikova A.A., Bashketova N.S., Fridman R.K., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Chkhindzheriya I.G., Grechaninova T.A., Agapov K.A., Arsent'eva N.A., Bazhenova N.A., Batsunov O.K., Danilova E.M., Zueva E.V., Komkova D.V., Kuznetsova R.N., Lyubimova N.E., Markova A.N., Khamitova I.V., Lomonosova V.I., Vetrov V.V., Milichkina A.M., Dedkov V.G., Totolyan A.A. [Herd Immunity to SARS-CoV-2 among the population in Saint-Petersburg during the COVID-19 epidemic]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; (3):124–30. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-124-130.

12. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Melnikova A.A., Patyashina M.A., Sizova E.P., Yuzlibaeva L.R., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Badamshina G.G., Goncharova A.V., Arbuзова T.V., Lomonosova V.I., Totolian A.A. [Distribution of SARS-CoV-2 seroprevalence among residents of the Republic of Tatarstan during the COVID-19 epidemic period]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2020; 97(6):518–28. DOI: 10.36233/0372-9311-2020-97-6-2.

13. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Melnikova A.A., Trotsenko O.E., Zaitseva T.A., Lyalina L.V., Garbuz Yu.A., Smirnov V.S., Lomonosova V.I., Balakhontseva L.A., Kotova V.O., Bazykina E.A., Butakova L.V., Sapega E.Yu., Aleinikova N.V., Bebenina L.A., Loseva S.M., Karavyanskaya T.N., Totolyan A.A. [The seroprevalence of SARS-CoV-2 among residents of the Khabarovsk Territory during the COVID-19 epidemic]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2021; 98(1):7–17. DOI: 10.36233/0372-9311-92.

14. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Melnikova A.A., Stepanova T.F., Sharukho G.V., Letyushev A.N., Følmer A. Ya., Shepotkova A.A., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Stepanova K.B., Pанина Ts.A., Sidorenko O.N., Ivanova N.A., Smirnova S.S., Malchenko I.N., Okhotnikova E.V., Stakhova E.G., Totolian A.A. Distribution of SARS-CoV-2 seroprevalence among residents of the Tyumen Region during the COVID-19 epidemic period. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2020; 97(5):392–400. DOI: 10.36233/0372-9311-2020-97-5-1.

## Authors:

Mishchenko V.A. Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections of the SSC VB "Vector"; 23, Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation. Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 202, March 8th St., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation. E-mail: [mischenko\\_va@eniivi.ru](mailto:mischenko_va@eniivi.ru).

Pitersky M.V., Vyalykh I.V., Bykov I.P., Vyatkina L.G., Makhorina T.V. Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections of the SSC VB "Vector". 23, Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation.

Platonova T.A. European Medical Center "UMMC-Health". 113, Sheinkman St., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation.



*Smirnova S.S.* Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections of the SSC VB "Vector"; 23, Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation. Ural State Medical University of the Ministry of Health of Russia; 3, Repin St., Yekaterinburg, 620028, Russian Federation.

*Orlov A.M., Popkova N.G.* Regional Blood Transfusion Station. 8, Palmiro Togliatti St., Yekaterinburg, 620102, Russian Federation.

*Semenov A.V.* Yekaterinburg Research Institute of Viral Infections of the SSC VB "Vector"; 23, Letnyaya St., Yekaterinburg, 620030, Russian Federation. Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin; 19, Mira St., Yekaterinburg, 620002, Russian Federation.

**Об авторах:**

*Мищенко В.А.* Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»; Российская Федерация, 620030, Екатеринбург, ул. Летняя, 23. Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН; Российская Федерация, 620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202. E-mail: mischenko\_va@eniivi.ru.

*Путерский М.В., Вялых И.В., Быков И.П., Вяткина Л.Г., Махорина Т.В.* Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор». Российская Федерация, 620030, Екатеринбург, ул. Летняя, 23.

*Платонова Т.А.* Европейский медицинский центр «УГМК-Здоровье». Российская Федерация, 620144, Екатеринбург, ул. Шейнкмана, 113.

*Смирнова С.С.* Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»; Российская Федерация, 620030, Екатеринбург, ул. Летняя, 23. Уральский государственный медицинский университет Минздрава России. Российская Федерация, 620028, Екатеринбург, ул. Репина, 3.

*Орлов А.М., Попкова Н.Г.* Областная станция переливания крови. Российская Федерация, 620102, Екатеринбург, ул. Пальмиро Тольятти, 8.

*Семенов А.В.* Екатеринбургский научно-исследовательский институт вирусных инфекций ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»; Российская Федерация, 620030, Екатеринбург, ул. Летняя, 23. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; Российская Федерация, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19.