

DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-114-123

УДК 616.98:578.2

А.Ю. Попова^{1,2}, Е.Б. Ежлова¹, А.А. Мельникова¹, О.А. Историк³, О.С. Мосевич⁴, Л.В. Лялина⁵,
В.С. Смирнов⁵, М.А. Черный³, Н.С. Балабышева³, И.С. Логинова³, О.С. Владимирова³,
И.С. Самогладова³, Н.А. Васев³, С.В. Румянцева³, Е.Ю. Чупалова³, Г.В. Селиванова³, М.В. Муравьева³,
Л.В. Тимофеева³, Э.Н. Ханкишиева³, В.Д. Тыльчевская³, Н.Д. Никитенко³, Т.И. Костеницкая³,
Н.В. Виркунен³, И.М. Климкина⁴, Т.М. Кузьмина⁴, Н.В. Дегтяренко⁴, А.И. Бацунова⁴, Л.А. Филиппова⁴,
Н.А. Пальчикова⁴, А.В. Кукшкин⁴, Н.А. Арсентьева⁵, О.К. Бацунов⁵, Е.А. Богумильчик⁵,
Е.А. Воскресенская⁵, В.Г. Дробышевская⁵, Е.В. Зуева⁵, Г.И. Кокорина⁵, Н.Н. Курова⁵, Н.Е. Любимова⁵,
Р.С. Ферман⁵, Г.Н. Хамдулаева⁵, И.В. Хамитова⁵, Е.В. Хорькова⁵, А.М. Миличкина⁵, В.Г. Дедков⁵,
А.А. Тотолян⁵

ОЦЕНКА ПОПУЛЯЦИОННОГО ИММУНИТЕТА К SARS-COV-2 СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ЭПИДЕМИИ COVID-19

¹Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Российская Федерация;

²Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Российская Федерация;

³Управление Роспотребнадзора по Ленинградской области, Санкт-Петербург, Российская Федерация; ⁴ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области», Санкт-Петербург, Российская Федерация; ⁵ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера», Санкт-Петербург, Российская Федерация

В Ленинградской области первый случай COVID-19 выявлен 13 марта 2020 г. Период нарастания интенсивности эпидемического процесса продолжался 8 недель. Через один месяц после достижения максимального уровня заболеваемости организовано исследование по определению серопревалентности к COVID-19 среди населения области. **Материалы и методы.** Работа проводилась в рамках проекта Роспотребнадзора по оценке популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 у населения Российской Федерации. Содержание антител к SARS-CoV-2 определяли методом ИФА с использованием набора для анализа сыворотки или плазмы крови человека на наличие специфических IgG к нуклеокапсиду вируса SARS-CoV-2 производства Государственного научного центра прикладной микробиологии и биотехнологии (Оболensk) в соответствии с инструкцией по применению. **Результаты и обсуждение.** Показано, что коллективный иммунитет населения Ленинградской области составил 20,7 %. Максимальный уровень установлен у детей 1–6 лет (42,3 %) и лиц старше 70 лет (29,0 %). Наибольший уровень серопозитивности, кроме детей и лиц старшего возраста, выявлен у безработных (25,1 %). Наименьший уровень серопревалентности установлен у госслужащих (12,8 %) и военных (16,7 %). Показано, что при наличии контактов с больными COVID-19 риск инфицирования возрастает в 1,5 раза. После инфекции COVID-19 антитела вырабатываются в 82,1 % случаев. У лиц с позитивным результатом ПЦР-анализа, полученным ранее, антитела выявляются в 82,8 % случаев. Доля бессимптомных форм среди серопозитивных жителей Ленинградской области составила 86,9 %. Результаты оценки популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 у населения Ленинградской области свидетельствуют о том, что в период COVID-19 сформировался средний уровень серопревалентности. Значительная доля бессимптомных форм инфекции характеризует высокую интенсивность скрыто развивающегося эпидемического процесса. Полученные результаты следует учитывать при организации профилактических мероприятий, включая вакцинацию, и прогнозировании заболеваемости.

Ключевые слова: COVID-19, заболеваемость, серопревалентность, бессимптомная инфекция, коронавирус SARS-CoV-2.

Корреспондирующий автор: Смирнов Вячеслав Сергеевич, e-mail: vssmi@mail.ru.

Для цитирования: 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., Владимирова О.С., Самогладова И.С., Васев Н.А., Румянцева С.В., Чупалова Е.Ю., Селиванова Г.В., Муравьева М.В., Тимофеева Л.В., Ханкишиева Э.Н., Тыльчевская 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., Пальчикова 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. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-114-123

Поступила 14.09.20. Принята к публ. 16.09.20.

A.Yu. Popova^{1,2}, E.B. Ezhlova¹, A.A. Mel'nikova¹, O.A. Historik³, O.S. Mosevich⁴, L.V. Lyalina⁵,
V.S. Smirnov⁵, M.A. Cherny³, N.S. Balabysheva³, I.S. Loginova³, O.S. Vladimirova³,
I.S. Samoglyadova³, N.A. Vasev³, S.V. Rumyantseva³, E.Yu. Chupalova³, G.V. Selivanova³,
M.V. Muraviova³, L.V. Timofeeva³, E.N. Khankishieva³, V.D. Tylchevskaya³, N.D. Nikitenko³,
T.I. Kostenitskaya³, N.V. Virkunen³, I.M. Klimkina⁴, T.M. Kuzmina⁴, N.V. Degtyarenko⁴,
A.I. Bazunova⁴, L.A. Filippova⁴, N.A. Palchikova⁴, A.V. Kukshkin⁴, N.A. Arsentieva⁵, O.K. Batsunov⁵,
E.A. Bogumilchik⁵, E.A. Voskresenskaya⁵, V.G. Drobyshevskaya⁵, E.V. Zueva⁵, G.I. Kokorina⁵,
N.N. Kurova⁵, N.E. Lyubimova⁵, R.S. Ferman⁵, G.N. Khamdulaeva⁵, I.V. Khamitova⁵, E.V. Khorkova⁵,
A.M. Milichkina⁵, V.G. Dedkov⁵, A.A. Totolian⁵

Assessment of the Herd Immunity to SARS-CoV-2 among the Population of the Leningrad Region during the COVID-19 Epidemic

¹Federal Service for Surveillance in the Sphere for Consumers Right Protection and Human Welfare, Moscow, Russian Federation;

²Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russian Federation;

³Rospotrebnadzor Administration in the Leningrad Region, St. Petersburg, Russian Federation;

⁴Center of Hygiene and Epidemiology in the Leningrad Region, St. Petersburg, Russian Federation;

⁵Saint-Petersburg Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. The first case of COVID-19 was registered in the Leningrad Region on March 13, 2020. The period of increasing intensity of the epidemic process lasted 8 weeks. One month after reaching the maximum incidence rate, a study was organized to determine seroprevalence to COVID-19 among the population of the Region. **Objective** of the study was to determine the level and structure of community immunity to SARS-CoV-2 virus in the population of the Leningrad Region in the period of intensive COVID-19 transmission. **Materials and methods.** The work was carried out within the framework of the Rospotrebnadzor project on assessment of community immunity to the SARS-CoV-2 virus in the population of the Russian Federation. The content of antibodies to SARS-CoV-2 was determined applying ELISA using a kit for the analysis of human serum or blood plasma for the presence of specific IgG to the nucleocapsid of the SARS-CoV-2 virus, manufactured by the State Scientific Center of Applied Microbiology and Biotechnology (Obolensk) in accordance with the instructions for use. **Results and discussion.** The study has showed that the herd immunity of the population of the Leningrad Region was 20.7 %. The maximum level has been established in children 1–6 years old (42.3 %) and people over 70 years old (29.0 %). The highest level of seropositivity, except for children and older people, was found among the unemployed (25.1 %). The lowest level of seroprevalence was detected in civil servants (12.8 %) and military personnel (16.7 %). It has been shown that the risk of infection increases by 1.5 times in case of contacts with COVID-19 patients. After exposure to COVID-19 virus, antibodies are produced in 82.1 % of the cases. In individuals with a positive PCR test result obtained earlier, antibodies are detected in 82.8 % of cases. The share of asymptomatic forms among seropositive residents of the Leningrad Region was 86.9 %. The results of assessing the herd immunity to SARS-CoV-2 in the population of the Leningrad Region indicate that during the period of intensive COVID-19 transmission, an average level of seroprevalence was formed. A significant proportion of asymptomatic forms of infection characterizes the high intensity of the latently developing epidemic process. The results obtained should be taken into account when organizing preventive measures, including vaccination, and predicting morbidity rates.

Key words: COVID-19, incidence, seroprevalence, asymptomatic infection, Coronavirus SARS-CoV-2.

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

Corresponding author: Vyacheslav S. Smirnov, e-mail: vssmi@mail.ru.

Citation: 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., Balabysheva N.S., Loginova I.S., Vladimirova O.S., Samoglyadova I.S., Vasev N.A., Rumyantseva 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., Khamdulayeva G.N., Khamitova I.V., Khorkova E.V., Milichkina A.M., 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; 3:114–123. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-114-123

Received 14.09.20. Accepted 16.09.20.

Popova A.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4315-5307>
 Lyalina L.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9921-3505>
 Smirnov V.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-1496>
 Bogumilchik E.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3181-4328>
 Voskresenskaya E.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6380-1153>
 Kokorina G.I., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1973-3138>
 Kurova N.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4740-8567>
 Ferman R.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7661-3725>
 Dedkov V.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5500-0169>
 Totolian A.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4571-8799>

В декабре 2019 г. появилась информация о новом заболевании, этиологическим фактором которого оказался β-коронавирус [1]. Решением Группы по изучению коронавируса (CSG) Международного комитета по таксономии вирусов новый вирус назван SARS-CoV-2 [2]. За короткое время инфекция, вызванная этим вирусом, распространилась практически на все страны мира, что позволило Генеральному директору ВОЗ 11 февраля 2020 г. объявить пандемию нового заболевания COVID-19 (coronavirus disease 2019) [3]. По данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, в Российской Федерации (РФ) по состоянию на середину июня заболели COVID-19 493657 человек, показатель заболеваемости составил 336,18 на 100 тыс. населения.

В Ленинградской области первый случай COVID-19 выявлен 13 марта 2020 г. Период нара-

тания интенсивности эпидемического процесса продолжался 8 недель. Максимальный уровень заболеваемости сохранялся с 9 по 21 мая 2020 г. (25,96 и 25,68 на 100 тыс. населения), после чего наблюдалось постепенное снижение. Указанная динамика развития эпидемического процесса инфекции, обусловленной SARS-CoV-2, и опубликованные данные о сроках формирования антител класса IgG к вирусу в течение 2–4 недель [4] послужили основанием для выбора оптимального срока проведения исследования по определению серопревалентности к COVID-19 среди населения Ленинградской области (рис. 1).

Как известно, адаптивный иммунитет может сформироваться либо в результате естественного заражения, либо после введения соответствующей вакцины. Поскольку вакцины против SARS-CoV-2 находятся в стадии разработки, популяционный иммуни-

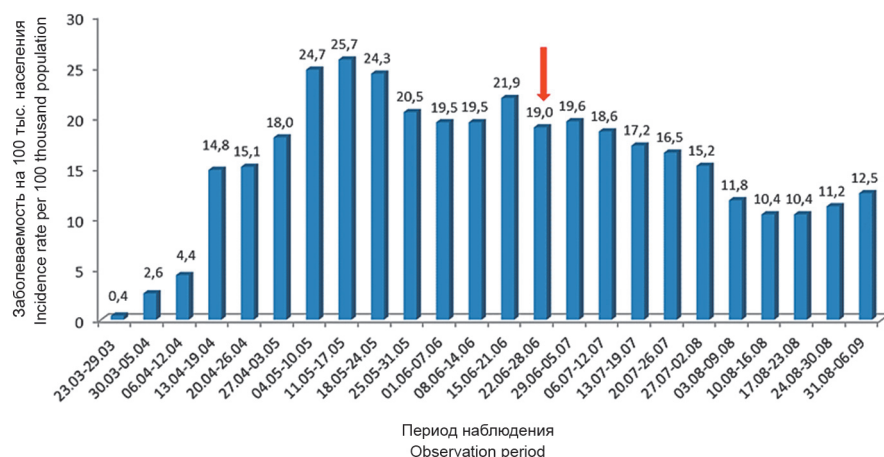


Рис. 1. Понедельная динамика заболеваемости COVID-19 жителей Ленинградской области. По оси ординат: заболеваемость на 100 тыс. населения. По оси абсцисс: недели наблюдения. Красной стрелкой отмечен период, в который проведены исследования на серопревалентность (с 23.06.2020 по 26.06.2020)

Fig. 1 Weekly dynamics of the COVID-19 incidence in residents of the Leningrad Region. Y-axis: incidence per 100,000 population. X-axis: weeks of observation. The red arrow marks the dates when tests for seroprevalence were carried out (June 23 – June 26, 2020)

тет на данном этапе может быть обусловлен исключительно спонтанным распространением COVID-19 среди населения. При этом у части лиц, имеющих высокую восприимчивость, SARS-CoV-2 может вызывать манифестную инфекцию, у других заболевание протекает бессимптомно и завершается только формированием адаптивного иммунитета (инаппарантная сероконверсия), у части наиболее резистентных лиц заболевание заканчивается бессимптомным носительством, не оставляющим гуморального ответа [5, 6]. Наконец, не следует исключать отмеченную вероятность перекрестного иммунитета, вызванного другими представителями β -коронавирусов человека (hCoV) [7].

Наличие иммунной прослойки населения имеет решающее значение для исхода любого массового заболевания. Известно, что в популяции, не имевшей анамнестического контакта с источником инфекции либо патогенами с большим или меньшим антигенным родством, возбудитель может неконтролируемо циркулировать среди восприимчивых лиц, вызывая у них манифестные формы инфекции. Если возбудитель к тому же достаточно контагиозен, как, например, все вирусы острых респираторных вирусных инфекций (ОРВИ), то заболевание приобретает эпидемический характер и существует до того момента, пока количество переболевших не превысит число восприимчивых. Напротив, когда часть населения обладает иммунитетом, то эффективность контактов снижается и эпидемическая вспышка не развивается [8]. Точка, в которой доля восприимчивых людей становится ниже значения, определяющего вероятность распространения инфекции, известна как пороговый уровень иммунитета [7, 8].

Общепризнано, что пороговый уровень популяционного иммунитета для большинства инфекций составляет 60–70 % серопозитивных лиц. Применительно к COVID-19 существует некоторое противоречие. Так, в ряде работ указано, что оптимальный пороговый уровень иммунитета составляет 50–60 % [9, 10]. В то же время существует и иная точка зрения, что прерывание эпидемической вспышки COVID-19 может происходить и при более низком пороге, около 40 % [11]. Вероятно, значение

порогового уровня иммунитета может зависеть от особенностей жизни людей в современных условиях, интенсивности миграции, активности контактов и эффективности противоэпидемической защиты.

Целью проведенного сероэпидемиологического исследования, в связи с изложенным, стало определение уровня и структуры популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 среди населения Ленинградской области в период интенсивного распространения COVID-19.

Материалы и методы

Работа проводилась в рамках первого этапа широкомасштабного проекта Роспотребнадзора по оценке популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 у населения РФ с учетом протокола, рекомендованного ВОЗ [5]. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера. Перед началом исследования все участники или их юридические представители ознакомились с целью и методикой исследования и подписали информированное согласие.

Отбор добровольцев для исследования проводили методом анкетирования и случайной выборки. Критерием исключения явилась активная инфекция COVID-19 в момент анкетирования. Объем выборки определяли по формуле:

$$n = \frac{t^2 \cdot p(1-p)}{m^2},$$

где n – объем выборки;

t – уровень точности (для 95 % ДИ $t=1,96$);

p – оценочная распространенность изучаемого явления (в данном случае при 50 % $=0,5$);

m – допустимая ошибка – 5 % [12].

Расчет численности возрастной группы:

$$n = 1,96^2 \cdot 0,5(1 - 0,5) / 0,05^2 = 384 \text{ человека.}$$

По результатам анкетирования отобрано 3670 волонтеров, из них у 3173 человек отбирали пробы крови из вены для последующего исследования на наличие специфических антител к SARS-CoV-2. Всего протестировано на наличие антител 3130 человек.

Таблица 1 / Table 1

Серопревалентность у жителей Ленинградской области разных возрастных групп
 Seroprevalence among residents of the Leningrad Region of different age groups

Возрастная группа Age group	Число волонтеров в группе Number of volunteers in the age group	Серопозитивные Seropositive	Серонегативные Seronegative	Серопревалентность, %, (M±m) Seroprevalence, % (M ± m)
1–17 лет	401	108	293	26,9±2,2
В том числе: Including:	1–6	78	33	42,3±5,6
	7–13	169	44	26,0±3,4
	14–17	154	31	20,1±3,2
18–29	464	82	382	17,7±1,8
30–39	474	97	377	20,5±1,9
40–49	510	88	422	17,2±1,7
50–59	480	85	395	17,7±1,7
60–69	422	78	344	18,5±1,9
70 и старше 70 and above	379	110	269	29,0±2,3
Итого: Total:	3130	648	2482	20,7±0,7

По численности все возрастные группы являлись сопоставимыми и составили 379–510 волонтеров (табл. 1). Возраст обследованных добровольцев варьировал от 1 года до 70 лет и старше. Соотношение мужчин и женщин составило 27:73.

В связи с тем, что между Санкт-Петербургом и большинством районов Ленинградской области отмечается значительная миграция населения, особенно в период дачного сезона, при наборе волонтеров учитывали данные о регистрации, жители Санкт-Петербурга не включались в исследование, хотя они могли служить источниками передачи инфекции.

Из всей когорты волонтеров доля лиц с наличием в анамнезе верифицированного диагноза COVID-19 составила 2,1 % (67 чел.), лиц с признаками ОРВИ неуточненной этиологии в день обследования – 2,4 % (74 чел.).

Пробы крови волонтеров отбирали в вакутейнеры с ЭДТА, центрифугировали, после чего плазму отделяли от клеточных элементов, переносили в пластиковые пробирки и хранили до исследования при температуре 4 °C. Содержание антител к SARS-CoV-2 определяли методом ИФА с использованием набора реагентов для анализа сыворотки или плазмы крови человека на наличие специфических иммуноглобулинов класса G к нуклеокапсиду вируса SARS-CoV-2 производства Государственного научного центра прикладной микробиологии и биотехнологии (Оболensk). Результаты учитывали качественным методом и считали положительными при превышении уровня cut-off.

Статистическую обработку проводили с использованием методов вариационной статистики с помощью статистического пакета Excel и программного продукта WinPeri (версия 11.65). Наличие связи между уровнем заболеваемости COVID-19 и серопревалентностью рассчитывали по методу ранговой корреляции Спирмена. Для оценки достоверности

различий сравниваемых показателей использовали уровень вероятности $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Возрастное и географическое распределение серопревалентности среди населения Ленинградской области. Серопревалентность среди жителей Ленинградской области в целом составила (20,7±0,7) % – 648/3130, это ниже по сравнению с данными по Санкт-Петербургу (26,0±1,7) %, различия статистически значимы ($p < 0,05$). По возрастным группам показатели серопревалентности варьировали в диапазоне от (17,3±3,3) до (29,0±4,6) % (табл. 1). Максимальный уровень серопревалентности выявлен в детской (преимущественно за счет подгруппы 1–6 лет) и старшей (70 лет и более) возрастных группах. Некоторое увеличение сероконверсии в старшей возрастной группе можно объяснить перекрестным иммунитетом к ранее перенесенным ОРВИ, вызванным другими низковирулентными β НСоV [9]. Сложнее понять достоверно ($p < 0,05$) более высокую серопревалентность в детской возрастной группе (1–17 лет) по сравнению с сероконверсией у лиц среднего и старшего возрастов (18–29, 40–49 и 50–59 лет). По-видимому, этот факт требует дополнительного исследования.

Серопревалентность не имела статистически значимых гендерных различий и составила (21,6±1,4) % у мужчин и (20,4±0,8) % у женщин.

При анализе распределения серопревалентности среди жителей разных районов Ленинградской области выявлено заметное варьирование этого показателя (табл. 2). Минимальная частота сероконверсии отмечена в Волховском и Выборгском районах (13,58 и 14,92 % соответственно), максимальная – в Приозерском и Гатчинском районах (36,24 и 31,16 % соответственно), различия статистически значимы

Таблица 2 / Table 2

Уровень серопревалентности и заболеваемости среди жителей разных районов Ленинградской области
The level of seroprevalence and morbidity rates among residents of different districts of the Leningrad Region

Район District	Число обследованных, чел. Number of examined persons	В том числе: Including:		Серопревалентность, % (M±m) Seroprevalence, % (M ± m)	Заболеваемость, ‰ ₀₀₀₀ Morbidity, ‰ ₀₀₀₀
		серопозитивные seropositive	серонегативные seronegative		
Бокситогорский Boksitogorsky	179	37	142	20,67±3,02	230,33
Волосовский Volosovsky	201	47	154	23,38±2,98	276,18
Волховский Volkhovsky	162	22	140	13,58±2,69	69,16
Всеволожский Vsevolozhsky	211	41	170	19,43±2,72	191,52
Выборгский Vyborgsky	201	30	171	14,92±2,51	189,18
Гатчинский Gatchinsky	199	62	137	31,16±3,28	558,32
Кингисепский Kingisepsky	187	40	147	21,39±2,99	145,56
Киришский Kirishsky	180	31	149	17,22±2,81	250,51
Кировский Kirovsky	204	46	158	22,55±2,93	173,56
Ломоносовский Lomonosovsky	212	36	176	16,98±2,58	71,35
Лодейнопольский Lodeynopolsky	171	31	140	22,14±3,18	179,72
Лужский Luzhsky	158	33	125	20,89±3,23	80,52
Приозерский Priozersky	149	54	95	36,24±3,94	90,29
Подпорожский Podporozhsky	145	26	119	17,93±3,18	220,38
Сланцевский Slantsevsky	171	40	131	23,39±3,24	127,67
Тихвинский Tikhvinsky	208	43	165	20,67±2,81	205,88
Тосненский Tosnensky	192	29	163	15,10±2,58	149,71
Итого: Total:	3130	648	2482	20,70±0,72	224,93

($p < 0,05$). Более высокие показатели серопревалентности в этих районах могут быть связаны с тесными социальными и производственными контактами населения Санкт-Петербурга и указанных территорий.

Влияние факторов риска на структуру серопревалентности. При учете того, что профессиональная структура населения может оказать определенное влияние как на темпы распространения возбудителя, так и скорость формирования коллективного иммунитета [13], проведен анализ уровня серопревалентности в различных социально-профессиональных группах (табл. 3).

Результаты исследования показали, что социально-профессиональные факторы оказывают отчетливое влияние на уровень серопревалентности,

хотя и не всегда понятное (табл. 3). Так, среди детей показатель сероконверсии являлся максимальным и достиг 3 %, что вполне соответствует возрастному распределению серопревалентности (табл. 1). С другой стороны, можно было ожидать значительного уровня иммунитета к SARS-CoV-2 среди медицинских работников, поскольку многие из них могли иметь профессиональный контакт с больными COVID-19. Однако это предположение не подтвердилось. Среди работников медицинских учреждений отмечен средний уровень серопревалентности (18,4±1,47) %. Высокая частота сероконверсии у безработных (25,09±1,88) %, напротив, вполне понятна, если предположить, что эти лица в меньшей степени привержены соблюдению надлежащего

Таблица 3 / Table 3

Влияние социально-профессиональных факторов на структуру серопревалентности среди населения Ленинградской области

Impact of socio-professional factors on the structure of seroprevalence among the population of the Leningrad Region

Вид деятельности Type of activity	Объем группы, человек Group size, people	В том числе Including		Серопревалентность, % (M±m) Seroprevalence, % (M ± m)
		серопозитивные seropositive	серонегативные seronegative	
Медицина Medicine	689	125	564	18,14±1,47
Наука Science	27	6	21	22,22±8,00
Бизнес Business sector	96	21	75	21,87±4,22
Образование Education	311	58	252	18,65±2,21
Творчество Art and craft	50	11	39	22,00±5,86
Производство Industry	293	54	239	18,43±2,26
Транспорт Transport	75	12	63	16,00±4,23
Военная служба Military service	12	2	11	16,67±10,76
Гос. служба Civil service	180	23	157	12,78±2,49
Офис Office work	255	43	212	16,86±2,34
Безработные Unemployed	530	133	397	25,09±1,88
Дети Children	319	96	223	30,09±2,57
Прочее Other	293	64	229	21,84±2,41
Итого: Total:	3130	648	2482	20,70±0,72

противоэпидемического режима. Некоторый свет на эту проблему проливает анализ частоты выявления антител в зависимости от наличия контактов с больными COVID-19. Так, в группе лиц, не контактировавших с больными, доля сероположительных составила (19,0±1,7) %, а при наличии таких контактов этот показатель возрастал в 1,5 раза – (28,9±4,6) %, что практически близко к частоте сероконверсии у безработных и детей.

Уровень серопозитивности у лиц, переболевших или имевших контакт с больными COVID-19. Особенностью COVID-19 является значительная гетерогенность антительного ответа как в процессе заболевания, так и в период реконвалесценции [14], причем далеко не всегда удается связать серопозитивность реконвалесцента с тяжестью перенесенного заболевания и продолжительностью постинфекционного анамнеза. Между тем уровень адаптивного иммунитета к COVID-19 имеет существенное значение с точки зрения планирования противоэпидемических мероприятий. При обследовании лиц, никогда не имевших явного контакта с больными COVID-19, доля серопозитивных составила (19,72±0,79) % (495

серопозитивных из 2510 обследованных). Из 530 лиц, контактировавших с больными COVID-19, количество серопозитивных составило 153 человека – (28,87±1,97) %, причем контакт не сопровождался развитием каких-либо клинических проявлений заболевания, что можно трактовать как инаппарантную сероконверсию. Стоит также отметить, что уровень подобной сероконверсии среди контактных лиц в Ленинградской области оказался в 1,5 раза ниже, чем в Санкт-Петербурге [5].

Одной из важных задач явилось изучение связи между серопревалентностью и результатами определения РНК вируса SARS-CoV-2 в полимеразной цепной реакции (ПЦР). Всего обследовано 481 ПЦР-негативный и 64 ПЦР-позитивных волонтера. Как и следовало ожидать, среди ПЦР-негативных волонтеров серопревалентных выявлено 132 человека – (27,44±2,04) %, тогда как среди ПЦР-позитивных волонтеров сероконверсия отмечена у 53 человек – (82,81±4,72) %. Данные результаты свидетельствуют о двух параллельных тенденциях: уровень серопревалентности у ПЦР-негативных добровольцев близок к среднепопуляционному (20,7±0,7), тогда как

обнаружение РНК вируса в ПЦР закономерно сопровождалось развитием адаптивного иммунитета и соответственно ростом числа серопозитивных лиц.

SARS-CoV-2 относится к большой группе коронавирусов, среди которых встречаются низкопатогенные представители, вызывающие сезонные ОРВИ и способные формировать перекрестный иммунитет [15]. В связи с этим представляла определенный интерес оценка наличия серопревалентности у больных ОРВИ неуточненной этиологии. Обследованная выборка включала 74 волонтера, у 25 из них выявлены антитела к нуклеокапсиду SARS-CoV-2 (33,8 %). Поскольку детальной расшифровки возбудителей ОРВИ не проводилось, нельзя исключить того, что у части из них серопревалентность могла быть обусловлена перекрестным иммунитетом к другим штаммам вируса. Это может быть предметом для дальнейшего углубленного исследования.

Оценка доли бессимптомных форм. Для расчета распространенности бессимптомных форм среди серопозитивных лиц вычисляли долю лиц, у которых отсутствует хотя бы один признак: диагноз COVID-19, положительная ПЦР или признаки ОРВИ. При обследовании 648 серопозитивных волонтеров выявлено 563 человека с бессимптомным течением, что составило $(86,9 \pm 1,3) \%$. Указанное значение практически полностью совпадает с аналогичным показателем у жителей Санкт-Петербурга [5]. Доля лиц с бессимптомным течением инфекции варьировала от $(80,8 \pm 4,5) \%$ в возрастной группе 60–69 лет до $(92,6 \pm 2,5) \%$ в возрастной группе 1–17 лет. В остальных группах она варьировала в пределах $(89,8 \pm 3,4 - 82,4 \pm 4,1) \%$. Каких-либо достоверных межгрупповых различий в этой серии исследований не выявлено.

Проведенное обследование жителей Ленинградской области убедительно показало, что популяционный уровень сероконверсии к SARS-CoV-2 составил $(20,7 \pm 0,7) \%$. Этот показатель близок по величине, хотя и неравнозначен таковому среди жителей Санкт-Петербурга – $(26,0 \pm 1,7) \%$ [5]. Вероятно, данные различия в серопревалентности до некоторой степени можно объяснить имеющимися демографическими особенностями региона. Так, численность населения в Ленинградской области в 2,7 раза меньше, чем в Санкт-Петербурге, а удельная плотность населения в Санкт-Петербурге в 178 раз выше. Отсюда следует, что вероятность контактов между горожанами достоверно выше, чем между жителями области.

При анализе возрастной структуры серопревалентности обращает на себя внимание высокая частота сероконверсии у детей $(26,9 \pm 2,2) \%$ и лиц в возрасте 70 лет и старше $(29,0 \pm 2,3) \%$ относительно среднепопуляционного уровня $(20,7 \pm 0,7) \%$, причем в обеих группах эти различия статистически достоверны ($p < 0,05$). Полученные результаты не дают оснований для объяснения большей серопревалентности среди детей, что же касается когорты 70 лет и старше, то не исключено, что высокая сероконверсия

могла быть результатом перекрестного иммунитета к другим β НСоV [15]. В связи с этим исследование анамнестической серопревалентности к слабопатогенным штаммам β НСоV могло бы помочь в уточнении природы популяционного иммунитета.

Что касается распределения серопревалентности по районам Ленинградской области (рис. 2), то самый низкий уровень отмечен в Волховском районе – $(13,58 \pm 2,69) \%$, а самый высокий в Приозерском – $(36,24 \pm 3,94) \%$ ($p < 0,05$).

Анализ возможных причин имеющихся различий серопревалентности по районам показал, что Волховский район по площади в 1,4 раза больше, а по плотности населения сопоставим с Приозерским районом (17,21 и 16,78 чел./км² соответственно). Объемы выборки также сопоставимы и составили 162 человека в Волховском районе и 149 – в Приозерском, тогда как уровень серопревалентности различался в 2,7 раза. Проведена оценка связи между уровнем серопревалентности и численностью населения в районах Ленинградской области (табл. 2) методом ранговой корреляции Спирмена. При этом значение коэффициента корреляции составило 0,226; критическое значение – 0,485; уровень достоверности $p > 0,10$. Корреляционная связь между численностью населения и уровнем серопревалентности не выявлена. Можно предположить, что различия в серопревалентности могут быть связаны с интенсивностью миграционных процессов и контактов между жителями этих районов и мегаполиса – Санкт-Петербурга.

Еще одной причиной высокой или низкой сероконверсии мог быть уровень заболеваемости на той или иной территории. Для проверки этой гипотезы проанализировали распределение заболеваемости и серопревалентности во всех районах Ленинградской области. При этом отмечена слабая, но достоверная связь между сравниваемыми показателями (рис. 3). Данная зависимость вполне объективна и хорошо укладывается в особенности эпидемического процесса [16]. Повышение уровня заболеваемости неизбежно сопровождается увеличением вероятности передачи вируса здоровым субъектам [8]. В свою очередь высокий уровень носительства и инаппарантной сероконверсии может быть причиной роста серопревалентности, что, вероятно, и отражает выявленная достоверная корреляционная связь ($r = 0,5128$, $p < 0,05$) между изучаемыми явлениями.

Что касается особенностей сероконверсии у лиц разных социальных групп, то наибольшая частота отмечена у детей и безработных. Касаясь последней группы, можно предположить, что это связано с низким уровнем соблюдения противоэпидемических правил, что, впрочем, не привело к каким-то катастрофическим последствиям, возможно, из-за высокой распространенности бессимптомных форм инфекции и активного формирования инаппарантной сероконверсии.

Резюмируя изложенное, можно отметить, что

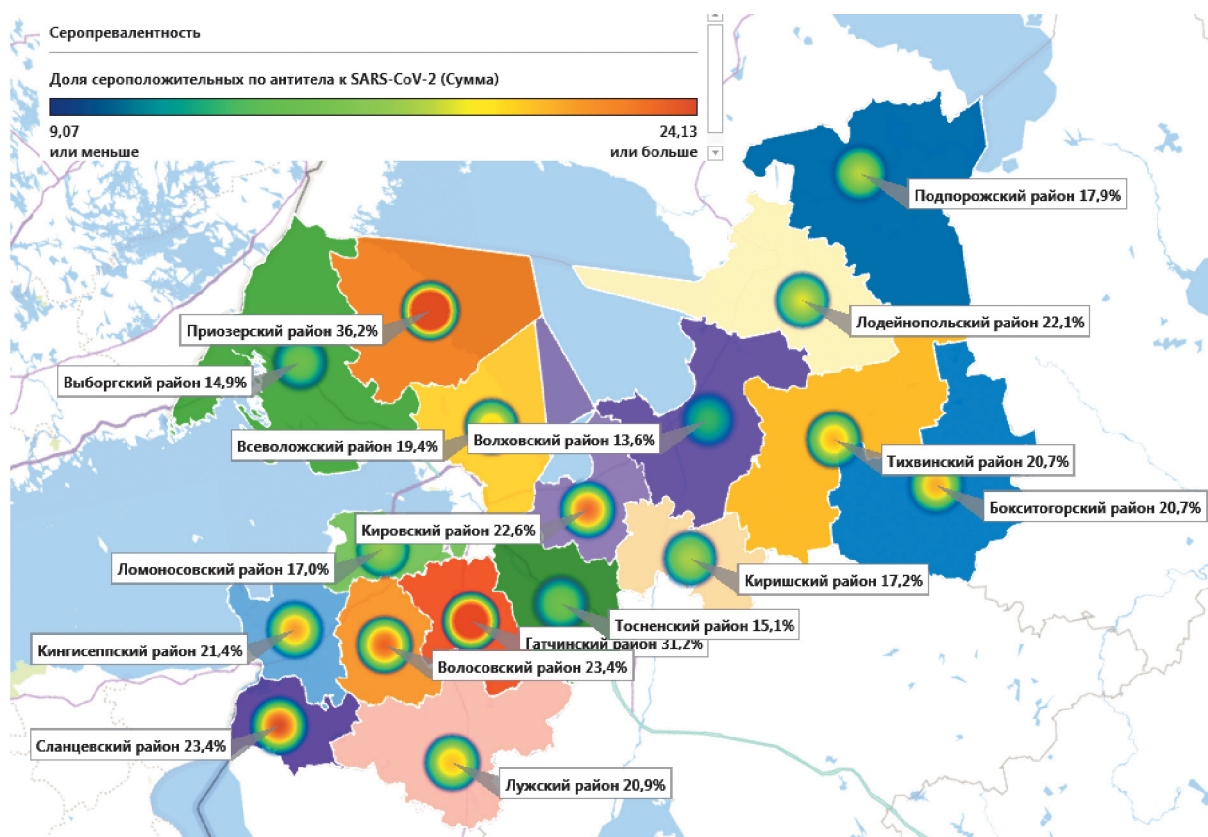


Рис. 2. Доля серопозитивных к SARS-CoV-2 в 17 районах Ленинградской области (15–19 июня 2020 г.)

Примечания: уровень серопревалентности в каждом районе изображен в виде термодиска, размещенного в центре географического контура каждого района. Термощкала приведена слева сверху.

Fig. 2. The share of those who are seropositive to SARS-CoV-2 in 17 districts of the Leningrad Region (June 15–19, 2020)

Note: The seroprevalence level in each area is depicted as a thermal disk located in the center of the geographic outline of each area. The thermal scale is shown in the top left corner.

заболеваемость COVID-19 в Ленинградской области сопровождается умеренной серопревалентностью к вирусу SARS-CoV-2 с одновременной высокой частотой (до 90 %) случаев инapparантных форм течения инфекционного процесса. Отсутствие явных симптомов заболевания не позволяет с достаточной степенью достоверности оценить реальное распро-

странение инфекции и сроки формирования стойкого популяционного иммунитета. Более убедительные данные можно получить после динамического наблюдения за сформированной когортой в течение не менее одного года. Результаты исследования показали, что после перенесенного заболевания у 18 % лиц антитела к вирусу SARS-CoV-2 не выявляются. Значительная доля бессимптомных форм инфекции COVID-19 характеризует высокую интенсивность эпидемического процесса. Полученные результаты необходимо учитывать при организации профилактических мероприятий, включая вакцинацию, и прогнозировании заболеваемости.

Таким образом, коллективный иммунитет совокупного населения Ленинградской области составил 20,7 %, максимальный уровень коллективного иммунитета установлен у детей 1–6 лет (42,3 %) и у пожилых старше 70 лет (29,0 %). При этом наибольший уровень серопозитивности, кроме детей и лиц старшего возраста, выявлен у безработных (25,1 %), наименьший – в подгруппе госслужащих (12,8 %). При наличии контактов с больными COVID-19 вероятность сероконверсии увеличивается примерно в 1,5 раза. Установлена достоверная связь между заболеваемостью и серопревалентностью в районах Ленинградской области. После инфекции COVID-19 антитела в плазме крови обнаруживаются в 82,1 %

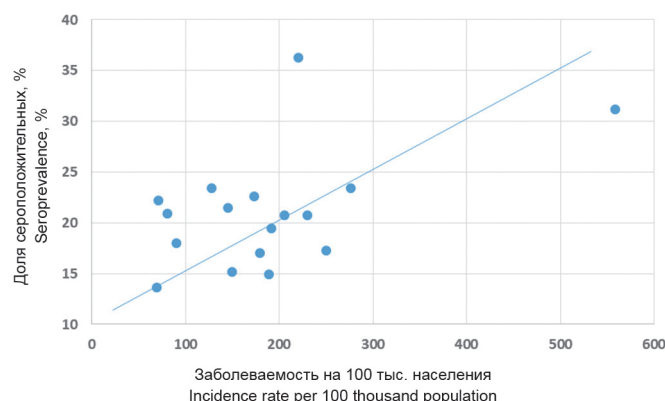


Рис. 3. Связь между уровнями заболеваемости и серопревалентности среди населения Ленинградской области. Значение коэффициента корреляции ($r = 0,5128$, $p < 0,05$). Линия тенденции рассчитана методом регрессионного анализа

Fig. 3. The relation between the levels of morbidity and seroprevalence among the population of the Leningrad Region. Correlation coefficient value ($r = 0,5128$, $p < 0,05$). The trend line was calculated using regression analysis

случаев. У лиц с позитивным результатом ПЦР-анализа, полученным ранее, антитела выявляются в 82,8 % случаев. Среди серопозитивных к вирусу SARS-CoV-2 жителей Ленинградской области доля бессимптомных форм инфекции составила 86,9 %.

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

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера за помощь при организации и проведении исследования: Гужиной Т.В., Кондаурову С.В., Пирумову Д.Р., Ракитянской Н.В., Румянцевой Л.Г., Чубаровой Н.И.

Список литературы

- Xu X., Chen P., Wang J., J. Feng, Zhou H., Li X., Zhong W., Hao P. Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission. *Sci. China. Life Sci.* 2020; 63:457–60. DOI: 10.1007/s11427-020-1637-5.
- Gorbalenya A.E., Baker S.C., Baric R.S., de Groot R.J., Drosten C., Gulyaeva A.A., Haagmans B.L., Lauber C., Leontovich A.M., Neuman B.W., Penzar D., Perlman S., Poon L.L.M., Samborskiy D., Sidorov I.A., Sola I., Ziebuhr J. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: the species and its viruses – a statement of the Coronavirus Study Group. *BioRxiv.* 2020; DOI: 10.1101/2020.02.07.937862.
- WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>. (дата обращения 29.06.2020).
- Clemente-Suárez V.J., Hormeño-Holgado A., Jiménez M., Benítez-Agudelo J.C., Navarro-Jiménez E., Perez-Palencia N., Maestre-Serrano R., Laborde-Cárdenas C.C., Tornero-Aguilera J.F. Dynamics of population immunity due to the herd effect in the COVID-19 pandemic. *Vaccines* (Basel). 2020; 8(2):E236. DOI: 10.3390/vaccines8020236.
- 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., Ветров В.В., Миличкина А.М., Дедков В.Г., Тотолян А.А. Популяционный иммунитет к вирусу SARS-CoV-2 среди населения Санкт-Петербурга в активную фазу эпидемии COVID-19. *COVID19-PREPRINTS.MICROBE.RU.* 2020.07.28. [Электронный ресурс]. DOI: 10.21055/preprints-3111752.
- García L.F. Immune response, inflammation, and the clinical spectrum of COVID-19. *Front. Immunol.* 2020; 11:1441. DOI: 10.3389/fimmu.2020.01441.
- Randolph H.E., Barreiro L.B. Herd immunity: understanding COVID-19. *Immunity.* 2020; 52(5):737–41. DOI: 10.1016/j.immuni.2020.04.012.
- Anderson R.M., May R.M. Vaccination and herd immunity to infectious diseases. *Nature.* 1985; 318:323–9. DOI: 10.1038/318323a0.
- Kwok K.O., Lai F., Wei W.I., Wong S.Y.S., Tang J.W.T. Herd immunity – estimating the level required to halt the COVID-19 epidemics in affected countries. *J. Infect.* 2020; 80(6):e32–e33. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.03.027.
- Papachristodoulou E., Kakoullis L., Parperis K., Panos G. Long-term and herd immunity against SARS-CoV-2: implications from current and past knowledge. *Pathog. Dis.* 2020; 78(3):ftaa025. DOI: 10.1093/femspd/ftaa025.
- Britton T., Ball F., Trapman P. A mathematical model reveals the influence of population heterogeneity on herd immunity to SARS-CoV-2. *Science.* 2020; 369(6505):846–9. DOI: 10.1126/science.abc6810.
- Newcombe R.G. Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods. *Statistics in Medicine.* 1998; 17:857–87. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258-(19980430)17:8<857::aid-sim777>3.0.co;2-e.
- Raboisson D., Lhermie G. Living with COVID-19: A systemic and multi-criteria approach to enact evidence-based health policy. *Front. Public Health.* 2020; 8:294. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00294.
- Hou H., Wang T., Zhang B., Luo Y., Mao L., Wang F., Wu S., Sun Z. Detection of IgM and IgG antibodies in patients with coronavirus disease 2019. *Clin. Transl. Immunology.* 2020; 9(5):e01136. DOI: 10.1002/cti2.1136.
- Ng K.W., Faulkner N., Cornish G.H., Rosa A., Harvey R., Hussain S., Ulferts R., Earl C., Wrobel A., Benton D., Roustian C., Bolland W., Thompson R., Agua-Doce A., Hobson P., Heaney J., Rickman H., Paraskevopoulou S., Houlihan C.F., Thomson K., Sanchez E., Brealey D., Shin G.Y., Spyer M.J., Joshi D., O'Reilly N., Walker P.A., Kjaer S., Riddell A., Moore C., Jebson B.R., Wilkinson M.G.L., Marshall L.R., Rosser E.C., Radziszewska A., Peckham H., Ciurtin C., Wedderburn L.R., Beale R., Swanton C., Gandhi S., Stockinger B., McCauley J., Gambin S., McCoy L.E., Cherepanov P., Nastouli E., Kassiotis G. Pre-existing and *de novo* humoral immunity to SARS-CoV-2 in humans. *BioRxiv.* 2020. 095414; DOI: 10.1101/2020.05.14.095414.
- Paudel S., Dhangal G., Chalise A., Bhandari T.R., Dhangal O. The Coronavirus Pandemic: What does the evidence show? *J. Nepal Health Res. Counc.* 2020; 18(46):1–9. DOI: 10.33314/jnhrc.v18i4.2596.

References

- Xu X., Chen P., Wang J., J. Feng, Zhou H., Li X., Zhong W., Hao P. Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission. *Sci. China. Life Sci.* 2020; 63:457–60. DOI: 10.1007/s11427-020-1637-5.
- Gorbalenya A.E., Baker S.C., Baric R.S., de Groot R.J., Drosten C., Gulyaeva A.A., Haagmans B.L., Lauber C., Leontovich A.M., Neuman B.W., Penzar D., Perlman S., Poon L.L.M., Samborskiy D., Sidorov I.A., Sola I., Ziebuhr J. Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: the species and its viruses – a statement of the Coronavirus Study Group. *BioRxiv.* 2020; DOI: 10.1101/2020.02.07.937862.
- WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020. (Cited 29 June 2020). [Internet]. Available from: <https://www.who.int/ru/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>.
- Clemente-Suárez V.J., Hormeño-Holgado A., Jiménez M., Benítez-Agudelo J.C., Navarro-Jiménez E., Perez-Palencia N., Maestre-Serrano R., Laborde-Cárdenas C.C., Tornero-Aguilera J.F. Dynamics of population immunity due to the herd effect in the COVID-19 pandemic. *Vaccines* (Basel). 2020; 8(2):E236. DOI: 10.3390/vaccines8020236.
- 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., Arsentyeva 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., Milichkina A.M., Dedkov V.G., Totolyan A.A. [Population immunity to the SARS-CoV-2 virus among the population of St. Petersburg in the active phase of the COVID-19 epidemic]. *COVID19-PREPRINTS.MICROBE.RU.* 28 July 2020. [Internet]. DOI: 10.21055/preprints-3111752.
- García L.F. Immune response, inflammation, and the clinical spectrum of COVID-19. *Front. Immunol.* 2020; 11:1441. DOI: 10.3389/fimmu.2020.01441.
- Randolph H.E., Barreiro L.B. Herd immunity: understanding COVID-19. *Immunity.* 2020; 52(5):737–41. DOI: 10.1016/j.immuni.2020.04.012.
- Anderson R.M., May R.M. Vaccination and herd immunity to infectious diseases. *Nature.* 1985; 318:323–9. DOI: 10.1038/318323a0.
- Kwok K.O., Lai F., Wei W.I., Wong S.Y.S., Tang J.W.T. Herd immunity – estimating the level required to halt the COVID-19 epidemics in affected countries. *J. Infect.* 2020; 80(6):e32–e33. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.03.027.
- Papachristodoulou E., Kakoullis L., Parperis K., Panos G. Long-term and herd immunity against SARS-CoV-2: implications from current and past knowledge. *Pathog. Dis.* 2020; 78(3):ftaa025. DOI: 10.1093/femspd/ftaa025.
- Britton T., Ball F., Trapman P. A mathematical model reveals the influence of population heterogeneity on herd immunity to SARS-CoV-2. *Science.* 2020; 369(6505):846–9. DOI: 10.1126/science.abc6810.
- Newcombe R.G. Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods. *Statistics in Medicine.* 1998; 17:857–87. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258-(19980430)17:8<857::aid-sim777>3.0.co;2-e.
- Raboisson D., Lhermie G. Living with COVID-19: A systemic and multi-criteria approach to enact evidence-based health policy. *Front. Public Health.* 2020; 8:294. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00294.
- Hou H., Wang T., Zhang B., Luo Y., Mao L., Wang F., Wu S., Sun Z. Detection of IgM and IgG antibodies in patients with coronavirus disease 2019. *Clin. Transl. Immunology.* 2020; 9(5):e01136. DOI: 10.1002/cti2.1136.

DOI: 10.1002/cti2.1136.

15. Ng K.W., Faulkner N., Cornish G.H., Rosa A., Harvey R., Hussain S., Ulferts R., Earl C., Wrobel A., Benton D., Rouston C., Bolland W., Thompson R., Agua-Doce A., Hobson P., Heaney J., Rickman H., Paraskevopoulou S., Houlihan C.F., Thomson K., Sanchez E., Brealey D., Shin G.Y., Spyer M.J., Joshi D., O'Reilly N., Walker P.A., Kjaer S., Riddell A., Moore C., Jebson B.R., Wilkinson M.G.L., Marshall L.R., Rosser E.C., Radziszewska A., Peckham H., Ciurtin C., Wedderburn L.R., Beale R., Swanton C., Gandhi S., Stockinger B., McCauley J., Gambin S., McCoy L.E., Cherepanov P., Nastouli E., Kassiotis G. Pre-existing and *de novo* humoral immunity to SARS-CoV-2 in humans. *BioRxiv*. 2020. 095414; DOI: 10.1101/2020.05.14.095414.

16. Paudel S., Dungal G., Chalise A., Bhandari T.R., Dungal O. The Coronavirus Pandemic: What does the evidence show? *J. Nepal Health Res. Counc.* 2020; 18(46):1–9. DOI: 10.33314/jnhrc.v18i1.2596.

Authors:

Popova A.Yu. Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare; 18, Bld. 5 and 7, Vadkovsky Pereulok, Moscow, 127994, Russian Federation. Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; 2/1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russian Federation.

Ezhlova E.B., Mel'nikova A.A. Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumers Rights Protection and Human Welfare. 18, Bld. 5 and 7, Vadkovsky Pereulok, Moscow, 127994, Russian Federation.

Historik O.A., Cherny M.A., Balabysheva N.S., Loginova I.S., Vladimirova O.S., Samoglyadova I.S., Vasev N.A., Romyantseva S.V., Chupalova E.Yu., Selivanova G.V., Muraviova M.V., Timofeeva L.V., Khankishieva E.N., Tylchevskaya V.D., Nikitenko N.D., Kostenitskaya T.I., Virkunen N.V. Rospotrebnadzor Administration in the Leningrad Region. 27, Ol'minskogo St., St. Petersburg, 192029, Russian Federation. E-mail: lenobl@47.rospotrebnadzor.ru.

Mosevich O.S., Smirnov V.S., Klimkina I.M., Kuzmina T.M., Degtyarenko N.V., Bazunova A.I., Filippova L.A., Palchikova N.A., Kukshkin A.V. Center of Hygiene and Epidemiology in the Leningrad Region. 27, Ol'minskogo St., St. Petersburg, 192029, Russian Federation. E-mail:

secretary@cge47.ru.

Lyalina L.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., Khorkova E.V., Milichkina A.M., Dedkov V.G., Totolian A.A. Saint-Petersburg Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology. 14, Mira St., St. Petersburg, 197101, Russian Federation. E-mail: pasteur@pasteurorg.ru.

Об авторах:

Попова А.Ю. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; Российская Федерация, 127994, Москва, Вадковский переулок, дом 18, строение 5 и 7. Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; Российская Федерация, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1.

Ежлова Е.Б., Мельникова А.А. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Российская Федерация, 127994, Москва, Вадковский переулок, дом 18, строение 5 и 7.

Историк О.А., Черный М.А., Балабышева Н.С., Логинова И.С., Владимирова О.С., Самоглыдова 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. Управление Роспотребнадзора по Ленинградской области. Российская Федерация, 192029, Санкт-Петербург, ул. Ольминского, 27. E-mail: lenobl@47.rospotrebnadzor.ru.

Мосевич О.С., Климкина И.М., Кузьмина Т.М., Дегтяренко Н.В., Базунова А.И., Филиппова Л.А., Пальчикова Н.А., Кукикин А.В. Центр гигиены и эпидемиологии в Ленинградской области. Российская Федерация, 192029, Санкт-Петербург, ул. Ольминского, 27. E-mail: secretary@cge47.ru.

Лялина Л.В., Смирнов В.С., Арсентьева Н.А., Бацунов О.К., Богумильчик Е.А., Воскресенская Е.А., Дробышевская В.Г., Зueva E.B., 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. Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера. Российская Федерация, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, 14. E-mail: pasteur@pasteurorg.ru.