

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ORIGINAL RESEARCH

УДК 616.008.8-097 (470.1./2.)

<http://dx.doi.org/10.22328/2077-9828-2021-13-1-17-27>

ГУМОРАЛЬНЫЙ ИММУНИТЕТ К SARS-CoV-2 У НАСЕЛЕНИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ФОНЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ COVID-19

©¹А. Ю. Попова, ¹Е. Б. Ежлова, ¹А. А. Мельникова, ²Л. А. Лукичева, ³Л. И. Никитина, ⁴Л. В. Лялина, ⁴В. С. Смирнов*,
²Н. С. Кольцов, ²М. В. Ермакова, ³А. К. Кубашев, ³В. В. Кузнецова, ³Т. В. Денисова, ³Н. В. Гурина, ³И. В. Зиборов,
³И. В. Грязова, ³Н. А. Панькова, ³П. И. Коношкин, ³Н. И. Михеева, ⁴А. А. Шарова, ⁴А. А. Толоян

¹Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

²Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области, Мурманск, Россия

³Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области, Мурманск, Россия

⁴Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия

Цель исследования: определение уровня и структуры популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 среди населения Мурманской области на фоне заболеваемости COVID-19.

Материалы и методы. Исследование было проведено по единой методике определения серопревалентности среди населения, разработанной Роспотребнадзором при участии Санкт-Петербургского НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера. Всего было обследовано 3117 добровольцев, распределенных на 7 возрастных групп. Содержание антигенов к SARS-CoV-2 определяли методом иммуноферментного анализа (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 ФБУН ГНЦПМиБ Роспотребнадзора (г. Оболенск) в соответствии с инструкцией по применению.

Результаты. Уровень популяционного иммунитета в Мурманской области в целом составил 31,2%. Наибольшая серопревалентность выявлена среди детей в возрасте 1–6 и 7–13 лет (35,6 и 44,1% соответственно), наименьший — среди населения в возрасте 60–69, а также 70 и более лет (20,4 и 20,9% соответственно). По обследованным городам Мурманской области уровень коллективного иммунитета варьировал от 19,6% (г. Кола) до 46,1% (г. Кандалакша). Достоверной связи между заболеваемостью населения городов Мурманской области и серопревалентностью установить не удалось. Наибольший уровень серопревалентности отмечался среди офисных работников (38,0%), наименьший — у работников транспорта (19,5%). При наличии контактов с больными COVID-19 серопозитивность возрастала в 1,4 раза по сравнению со среднепопуляционным значением. Уровень специфического гуморального иммунитета у реконвалесцентов после COVID-19 составил 64,1%, что в 2,2 раза выше, чем в среднем в популяции. Доля бессимптомных форм среди серопозитивных волонтеров составила 89%.

Ключевые слова: серопревалентность, коронавирусы, COVID-19, население, Мурманская область

Контакт: Смирнов Вячеслав Сергеевич, vssmi@mail.ru

HUMORAL IMMUNITY TO SARS-CoV-2 AMONG THE POPULATION OF MURMANSK REGION AMID COVID-19 EPIDEMIC

©¹Anna Yu. Popova, ¹Elena B. Ezhlova, ¹Albina A. Melnikova, ²Lena A. Lukicheva, ³Natalia I. Nikitina, ⁴Ludmila V. Lyalina,
⁴Vyacheslav S. Smirnov*, ²Nikita S. Koltsov, ²Marina V. Ermakova, ³Artur K. Kubashev, ³Viktoriya V. Kuznetsova,
³Tatyana V. Denisova, ³Nazik V. Gurina, ³Ivan V. Ziborov, ³Irina V. Gryazova, ³Nadezhda A. Pankova, ³Pavel I. Konoshkin,
³Natalia I. Mikheeva, ⁴Alena A. Sharova, ⁴Areg A. Totolian

¹Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, Moscow, Russia

²Rospotrebnadzor Department in the Murmansk Region, Murmansk, Russia

³Center for Hygiene and Epidemiology in the Murmansk Region, Murmansk, Russia

⁴St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russia

Purpose of the study. Determination of the level and structure of population immunity to SARS-CoV-2 among the population of the Murmansk region against the background of the incidence of COVID-19.

Materials and methods. The study was carried out according to a unified method for determining the seroprevalence of the population, developed by Rospotrebnadzor with the participation of the St. Petersburg Pasteur Institute. A total of 3117 volunteers were examined, distributed into 7 age groups. The content of antibodies to SARS-CoV-2 was determined by ELISA using a set of reagents for analyzing human serum or plasma for the presence of specific immunoglobulins of class G to the nucleocapsid of the SARS-CoV-2 virus produced by the FBUN GNCPMiB Rospotrebnadzor (Obolensk) in accordance with the instructions for application.

Results. The level of population immunity in the Murmansk region as a whole was 31,2%. The highest seroprevalence was found among children aged 1–6 and 7–13 years (35,6% and 44,1%, respectively), the lowest among the elderly population aged 60–69, as well as 70 and more years (20,4% and 20,9%, respectively). In the cities of the Murmansk region, the herd level of immunity varied from 19,6% (Kola city) to 46,1% (Kandalaksha city). It was not possible to find a reliable relationship between the incidence of the population of the cities of the Murmansk region and seroprevalence. The highest level of seroprevalence was noted among office workers (38,0%), the lowest among transport workers (19,5%). In the presence of contacts with patients with COVID-19, seropositivity increased 1,4 times compared to the average population value. The level of specific humoral immunity in convalescents after COVID-19 is 64,1%, which is 2,2 times higher than the average for half-day. The proportion of asymptomatic forms among seroprevalence volunteers was 89%.

Key words: seroprevalence, coronaviruses, COVID-19, population, Murmansk region

Contact: Smirnov Vyacheslav Sergeevich, vssmi@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Лукичева Л.А., Никитина Л.И., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Кольцов Н.С., Ермакова М.В., Кубашев А.К., Кузнецова В.В., Денисова Т.В., Гурина Н.В., Зиборов И.В., Грязова И.В., Панькова Н.А., Коношкин П.И., Михеева Н.И., Шарова А.А., Тотолян А.А. Гуморальный иммунитет к SARS-CoV-2 у населения Мурманской области на фоне заболеваемости COVID-19 // *ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии*. 2021. Т. 13, № 1. С. 17–27, <http://dx.doi.org/10.22328/2077-9828-2021-13-1-17-37>.

Conflict of interest: the authors stated that there is no potential conflict of interest.

For citation: Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Melnikova A.A., Lukicheva L.A., Nikitina L.I., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Koltsov N.S., Ermakova M.V., Kubashev A.K., Kuznetsova V.V., Denisova T.V., Gurina N.V., Ziborov I.V., Gryazova I.V., Pankova N.A., Konoshkin P.I., Mikheeva N.I., Sharova A.A., Totolian A.A. Humoral immunity to SARS-CoV-2 among the population of Murmansk region amid COVID-19 epidemic // *HIV infection and immunosuppression*. 2021. Vol. 13, No. 1. P. 17–27, <http://dx.doi.org/10.22328/2077-9828-2021-13-1-17-37>.

Введение. В канун нового 2020 года, 31 декабря на оптовом рынке в городе Ухань провинции Хубэй в Китае были выявлены первые случаи пневмонии неизвестного происхождения [1]. Уже спустя неделю Китайский центр по контролю и профилактике заболеваний идентифицировал возбудителя пневмонии, им оказался новый представитель β -CoV первоначально названный SARS-CoV. Новый вирус стал настолько быстро распространяться по миру, что 11 февраля 2020 г. Всемирная организация здравоохранения объявила о начале пандемии нового β -CoV, получившего имя SARS-CoV-2, а вызываемое им заболевание было названо «коронавирусная болезнь 2019 г.» (COVID-19) [2]. К началу октября 2020 г. (время написания статьи) в мире

практически не осталось стран, где не было бы зарегистрировано большее или меньшее число случаев COVID-19. Анализ глобальной заболеваемости показал, что к SARS-CoV-2 восприимчиво все население планеты независимо от пола, возраста, расы или социальной группы [3]. У детей заболевание протекает чаще всего с минимальными симптомами или бессимптомно, тогда как у лиц пожилого и старческого возраста оно нередко принимает тяжелый или даже фатальный характер [4, 5]. Считается, что эффективная и своевременная профилактика — наиболее актуальна именно в гериатрии [6].

По состоянию на 12 октября 2020 г. во всем мире было зарегистрировано 37 895 255 больных COVID-19, из которых 1 087 576 погибли (смерт-

ность 2,87%) и 28 368 723 (74,9%) выжили (<https://coronavirus-monitor.ru/>) Наибольшее число заболевших приходится на США (8 000 852 случаев), Индию (7 160 805 случаев) и Бразилию (5 096 209 случаев). Российская Федерация по числу заболевших занимала четвертое место (1 312 310 случаев). На территории РФ наибольшее число больных традиционно регистрируется в самых крупных регионах: в Москве, Московской области и Санкт-Петербурге. Мурманская область с ее 16 479 случаями заражений находится на 17-м месте среди других российских территорий (<https://coronavirus-monitor.ru/>).

Первый случай COVID-19 в Мурманской области был выявлен у гражданина Ирландии (мужчина, 19 лет), прибывшего на территорию Российской Федерации 12 марта 2020 г. через международный пункт пропуска «Шереметьево». Дальнейшая динамика развития эпидемического процесса характеризовалась медленным нарастанием в течение 12–14-й недель 2020 года (рис. 1), который, начиная с 15-й недели, сменился экспоненциальным ростом, продолжавшимся до 18-й недели включительно. С 19-й недели нарастание смени-

Исследование серопревалентности к SARS-CoV-2 среди населения было проведено на 32–33-й неделях, когда началось снижение заболеваемости, то есть в оптимальный период для оценки состояния популяционного иммунитета у населения области.

Общеизвестно, что результатом инвазии вируса в организм восприимчивого хозяина является иммунный ответ. Сразу после внедрения SARS-CoV-2 он запускает многоуровневый каскад реакций, начинающийся часто, но не исключительно с фиксации вириона посредством его шипа (S-антиген) на клетках, экспрессирующих ангиотензинпревращающий фермент 2 (ACE 2) [7]. Для завершения процесса инвазии образовавшийся комплекс «S-антиген↔ACE2» нуждается в дополнительном факторе — трансмембранной сериновой протеазе (TMPRSS2), которая обеспечивает проникновение вириона через клеточную мембрану и последующую транспортировку в эндосому [8]. В эндосоме происходит высвобождение РНК, распознавание ее эндосомальными толл-подобными рецепторами и запуск каскада внутриклеточных реакций, приводящих к выработке каскада провоспалительных цитокинов и рекрутинга широкого спектра Т- и В-

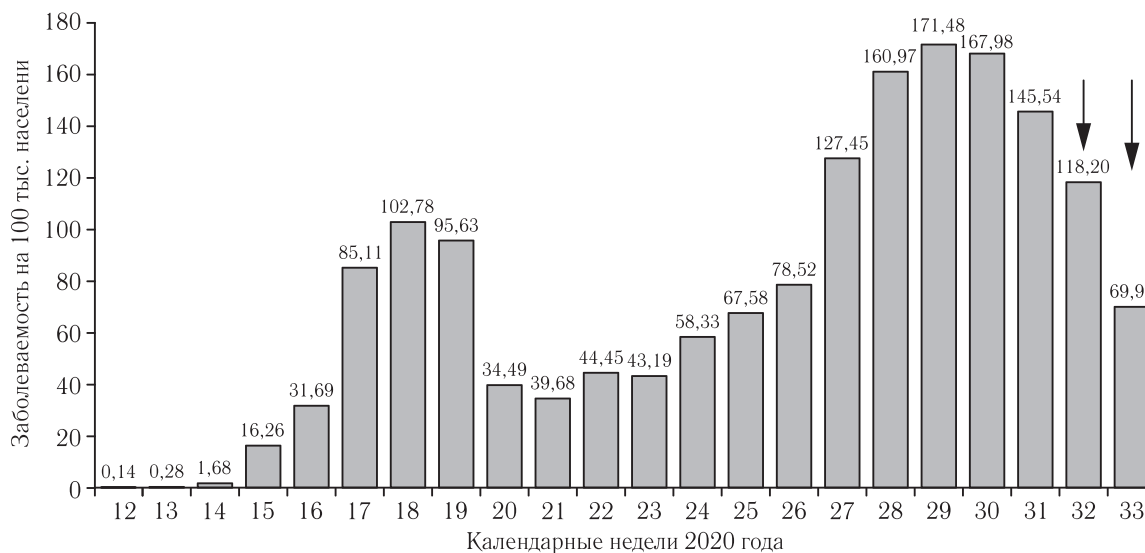


Рисунок. Динамика еженедельной заболеваемости населения Мурманской области в 2020 году. Красными стрелками обозначены начало и конец периода обследования на серопревалентность с 3 по 11 августа 2020 г. (32–33-я недели года)

Figure. Dynamics of weekly morbidity in Murmansk Oblast in 2020. The red arrows indicate the beginning and end of the seroprevalence screening period from August 3 to August 11, 2020 (32–33 weeks of the year)

лось существенным снижением заболеваемости, продолжавшимся 4 недели, после чего начался второй подъем, более сильный и продолжительный и только с 31-й недели начался повторный спад. Подобная волнообразная динамика была характерна не только для Мурманской области, причины этого явления нуждаются в специальном изучении.

лимфоцитов, катализатором которых по мнению V. Rao и соавт. [9] могут быть мезенхимальные стволовые клетки (MSC). Активность этих клеток имеет особое значение в свете их способности подавлять гиперактивные иммунные реакции и снижать тяжесть течения инфекции.

Параллельно с внутриклеточными регуляторными процессами уже на ранних стадиях происходит рекрутирование и созревание антигенспецифических В-клеток, часть из которых начинает секретировать специфические антитела (АТ), тогда как другие дифференцируются в долгоживущие В-клетки памяти [10, 11]. Первоначально в крови обнаруживается IgM, считающийся маркером активного процесса, а уже на 2-й неделе активно секретируется IgG, отвечающий за защиту организма от COVID-19 [12]. Формирующееся состояние серопревалентности является одним из ключевых факторов популяционного иммунитета, от состояния которого зависит направление и исход эпидемического процесса в восприимчивой популяции. Имеется хорошо документированная связь между уровнем гуморального иммунитета и заболеваемостью COVID-19, детально рассмотренная в работе Н. Е. Randolph и L. В. Barreigo [13]. Авторы показали, что по мере увеличения среди популяции доли невосприимчивого населения снижается эффективность передачи возбудителя. Существует порог, при достижении которого разрываются пути трансмиссии вируса. R. М. Anderson и R. М. May [14] назвали эту точку пороговым уровнем иммунитета. По мнению авторов, при превышении этого уровня начинает действовать популяционный иммунитет (herd immunity), интенсивность распространения возбудителя снижается и даже восприимчивые особи получают определенную защиту. Применительно к COVID-19 Н. Е. Randolph и L. Barreigo [13] рассчитали, что пороговый уровень варьирует в пределах 60–70%. В своих расчетах они использовали «базовое число воспроизведения — R_0 », представляющее собой «количество вторичных инфекций, вызванных одним инфекционным индивидуумом, попавшим в полностью восприимчивую популяцию» [13]. Для COVID-19 $R_0=3$. Подставляя это число в формулу: $1-1/R_0$, получаем 0,67, или 67% [13]. Таким образом, пороговый уровень иммунитета среди восприимчивого населения составляет 67%. Существует всего три пути достижения этого порога: 1) естественный, заключающийся в свободной циркуляции вируса с постепенным накоплением доли переболевших лиц с неизбежными для этого случая осложнениями и смертями, 2) искусственный — массовая вакцинация населения с охватом 70% и выше и 3) комбинированный — создание системы сосуществования с инфекцией, смягчающей ее воздействие [15]. Первый путь неприемлем по этическим и нравственным соображениям. Вторым путем при-

обретает вполне зримые перспективы, однако практическая его реализация пока еще в самом начале. Остается третий путь, предполагающий разумное сочетание методов физической защиты со средствами неспецифической профилактики. Одним из важных ориентиров на этом пути является серологическое тестирование уровня серопревалентности населения.

Целью данного исследования было определение распространенности среди населения Мурманской области специфических антител против SARS-CoV-2.

Материалы и методы. Исследования проводились в рамках первого этапа программы по оценке популяционного иммунитета к SARS-CoV-2. Программа и методические рекомендации для всех исполнителей были разработаны Роспотребнадзором при участии НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера с учетом протокола, рекомендованного ВОЗ [16]. Исследование одобрено локальным этическим комитетом НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера. Перед началом исследования все участники или их юридические представители были ознакомлены с целью, методикой исследования и подписали информированное согласие.

Отбор волонтеров для исследования проводили методом анкетирования и последующей рандомизации. Критерием исключения была активная инфекция COVID-19 в момент анкетирования. Объем выборки определяли по формуле:

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

где: n — объем выборки (sample size); t — уровень точности (accuracy level) (для 95% ДИ $t=1,96$); p — оценочная распространенность изучаемого явления (estimated prevalence of the phenomenon under study) (в данном случае при 50%=0,5); m — допустимая ошибка — 5% [17].

В исследовании приняли участие 3117 волонтеров, распределенных на 7 возрастных групп, в состав которых входило от 378 до 517 добровольцев (табл. 1). Учитывая быстрое созревание иммунной системы у детей, детская возрастная группа была разделена на три подгруппы: дети 1–6 лет (86 человек), 7–13 лет (161 человек) и 14–17 лет (130 человек). Соотношение мужчин и женщин составило 862 человек (27,7%) и 2255 человек (72,3%) соответственно, т.е. участие женщин в исследовании

было в 2,6 раза активнее. Численность обследованных участников населенных пунктов Мурманской области находилась в диапазоне 160–1113 человек и была пропорциональна численности населения этих территорий.

Доля переболевших COVID-19 с диагнозом, установленным в лечебно-профилактическом учреждении, составила 4,6% (142 человека), а доля волонтеров, имевших признаки острого респираторного заболевания (ОРЗ) в день обследования — 1,9% (60 человек).

Взятие крови осуществляли из локтевой вены в количестве 3 мл в вакутейнеры с ЭДТА. Исследование плазмы крови проводили с использованием набора реагентов для анализа сыворотки или плазмы крови человека на наличие специфических иммуноглобулинов класса G к нуклеокапсиду вируса SARS-CoV-2 методом иммуноферментного анализа (Набор реагентов «ИФА анти-SARS-CoV-2 IgG») производства ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» в соответствии с инструкцией разработчика. Результаты учитывали качественным методом и считали положительными при превышении уровня cut-off.

Excel. Для оценки достоверности различий показателей использовали уровень вероятности $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Серопревалентность среди жителей Мурманской области в целом составила $31,2 \pm 0,8\%$ (972/3117), а по возрастным группам варьировала от $20,4 \pm 2,0$ до $37,3 \pm 2,5\%$ (табл. 1). Максимальный уровень серопревалентности был выявлен среди лиц в возрасте 30–39 лет ($40,2 \pm 2,2\%$), а также в возрастных группах 1–17 лет и 18–29 лет ($37,3 \pm 2,5$ и $37,1 \pm 2,3\%$ соответственно), причем в детской возрастной группе этот рост был обеспечен преимущественно за счет школьников в возрасте 7–13 лет ($44,1 \pm 3,9\%$). Во всех случаях различия статистически значимы по сравнению с лицами старше 60 лет ($p < 0,05$).

Анализ возрастных различий показал постепенное снижение доли серопревалентности от лиц среднего возраста (30–39 лет) до старшего (69–70 лет и старше), причем данные последних двух групп достоверно ниже среднепопуляционного показателя ($p < 0,05$). Можно предполагать, что отмеченный нисходящий тренд серопревалентности может быть связан с динамикой активации геронтома, проявляющейся в процессах возраст-

Таблица 1

Серопревалентность у жителей разных возрастных групп Мурманской области

Table 1

Seroprevalence in residents of different age groups in Murmansk Region

Возрастная группа, годы	Число обследованных, абс.	В том числе		Серопревалентность, % (M±m)
		есть IgG-антитела	нет IgG-антител	
1–17	378	141	237	$37,3 \pm 2,5^*$
В том числе:				
1–6	87	31	56	$35,6 \pm 5,1$
7–13	161	71	90	$44,1 \pm 3,9^*$
14–17	130	39	91	$30,0 \pm 4,0$
18–29	429	159	270	$37,1 \pm 2,3^*$
30–39	478	192	286	$40,2 \pm 2,2^*$
40–49	510	177	333	$34,7 \pm 2,1$
50–59	517	137	380	$26,5 \pm 1,9$
60–69	417	85	332	$20,4 \pm 2,0^*$
70 и более	388	81	307	$20,9 \pm 2,1^*$
Итого	3117	972	2145	$31,2 \pm 0,8$

Примечание: звездочками отмечены достоверные различия со значением среднепопуляционного иммунитета ($p < 0,05$).

Note: asterisks indicate significant differences with the population average immunity value ($p < 0,05$).

Статистическую обработку проводили с использованием программ Excel и VinPeri (версия 11.65). Номинальные данные описывали в абсолютных значениях, а производные — в процентных долях. Корреляционную зависимость оценивали методом Пирсона по программе статистического пакета

ного снижения иммунорезистентности и постепенного формирования возрастной патологии [18].

По уровню серопозитивности каких-либо гендерных различий не выявлено. Среди мужчин соответствующий показатель составил $29,7 \pm 1,6\%$, у женщин — $31,8 \pm 0,98\%$.

По обследованным городам Мурманской области наибольшая серопревалентность на фоне относительно низкой заболеваемости отмечена в г. Канда-лакше (табл. 2). Самая низкая серопозитивность на фоне умеренной заболеваемости отмечена в г. Кола. Максимальная заболеваемость при среднепопуляционном уровне серопревалентности была выявлена в г. Мурманске. Столь же высокая заболеваемость отмечена в г. Североморске, при этом доля серопозитивного населения была достоверно выше, чем в г. Мурманске.

При проведении корреляционного анализа между заболеваемостью и серопревалентностью была установлена недостоверная обратная тенденция с коэффициентом корреляции, равным $(-0,3)$ при критическом значении $|0,61|$, описываемая уравнением обратной линейной регрессии $y = -0,0048x + 36,953$.

На состояние популяционного иммунитета заметное влияние может оказать социально-профессиональная структура населения (табл. 2). Как можно видеть, наибольшая серопозитивность наблюдалась у офисных работников ($38,0 \pm 2,6\%$) и безработных ($36,6 \pm 4,6\%$), наименьшая — среди бизнесменов ($22,1 \pm 4,5\%$) и работников транспорта ($19,5 \pm 4,5\%$).

ком, объяснить достаточно сложно. Известно, что эта категория женщин достаточно внимательно относится к выполнению противоэпидемических правил. Что касается бизнесменов и работников транспорта, сравнительно низкую серопревалентность можно объяснить определенной изолированностью этой категории лиц (пребывание в изолированной кабине автотранспорта или кабинете офиса, что предполагает ограничение контакта с окружающими).

В общей когорте волонтеров наблюдалось 142 человека, имевших в анамнезе клиническую форму COVID-19. Уровень сероконверсии среди них составил $64,1 \pm 4,0\%$, тогда как среди здоровых он был в 2,4 раза ниже ($26,6 \pm 0,8\%$). Типичным проявлением легкой формы COVID-19 может быть ОРЗ-подобный синдром [19]. В этой связи любой больной с подобным синдромом должен рассматриваться как потенциальный пациент с COVID-19. В том, что подобный подход может быть оправдан, убеждают результаты тестирования на АТ к SARS-CoV-2 волонтеров, имевших симптоматику ОРЗ на момент обследования. Среди них серопозитивными оказались $40,0 \pm 6,3\%$, тогда как в когорте волонтеров, не имевших подобного симптомокомплекса, в 1,3 раза меньше, только $31,0 \pm 0,8\%$.

Таблица 2

Уровень заболеваемости и серопревалентности среди жителей разных районов Мурманской области

Table 2

Incidence and seroprevalence rates among residents of different districts of Murmansk region

Населенный пункт	Численность населения, человек	Заболеваемость на 100 000 человек	Результаты тестирования на SARS-CoV-2 IgG		Серопревалентность, % (M±m)
			серопозитивные	серонегативные	
г. Апатиты	54 848	443,04	53	117	31,2±3,6
г. Заполярный	31 804	1028,17	47	155	23,3±3,0
г. Кандалакша	42 771	233,80	70	82	46,1±4,0
г. Кировск	28 091	537,54	67	93	41,9±3,9
г. Кола	47 653	801,63	38	156	19,6±2,8
г. Мончегорск	44 724	1001,70	61	123	33,2±3,5
г. Мурманск	293 835	1880,65	455	1068	29,9±1,2
п.г.т. Мурмаши	47 653	801,63	42	138	23,3±3,1
г. Оленегорск	27 397	328,50	72	103	41,1±3,7
г. Североморск	49 665	1757,78	67	110	37,9±3,6

Примечание: п.г.т. — поселок городского типа, г. — город.

Если высокую частоту лиц с иммунитетом к SARS-CoV-2 среди офисных работников можно объяснить наличием активных внутриофисных контактов, то среди безработных лиц, большую часть которых составляют женщины, находящиеся в дородовом отпуске и в отпуске по уходу за ребен-

ком, объяснить достаточно сложно. Известно, что эта категория женщин достаточно внимательно относится к выполнению противоэпидемических правил. Что касается бизнесменов и работников транспорта, сравнительно низкую серопревалентность можно объяснить определенной изолированностью этой категории лиц (пребывание в изолированной кабине автотранспорта или кабинете офиса, что предполагает ограничение контакта с окружающими).

В общей когорте волонтеров наблюдалось 142 человека, имевших в анамнезе клиническую форму COVID-19. Уровень сероконверсии среди них составил $64,1 \pm 4,0\%$, тогда как среди здоровых он был в 2,4 раза ниже ($26,6 \pm 0,8\%$). Типичным проявлением легкой формы COVID-19 может быть ОРЗ-подобный синдром [19]. В этой связи любой больной с подобным синдромом должен рассматриваться как потенциальный пациент с COVID-19. В том, что подобный подход может быть оправдан, убеждают результаты тестирования на АТ к SARS-CoV-2 волонтеров, имевших симптоматику ОРЗ на момент обследования. Среди них серопозитивными оказались $40,0 \pm 6,3\%$, тогда как в когорте волонтеров, не имевших подобного симптомокомплекса, в 1,3 раза меньше, только $31,0 \pm 0,8\%$.

Как известно, больные COVID-19, а затем и реконвалесценты могли контактировать и определенно контактировали со здоровым населением (медицинский персонал, родственники, коллеги и т.д.). Уровень серопревалентности среди волонтеров с подобными контактами составил $40,8 \pm 2,3\%$.

Таблица 3

Уровень серопревалентности среди жителей Мурманской области, в зависимости от сферы деятельности

Table 3

The level of seroprevalence among residents of the Murmansk region, depending on the sphere of activity

Сфера деятельности	Число обследованных, абс.	Результаты тестирования на SARS-CoV-2 IgG		Серопревалентность, % (M±m)
		серопозитивные, абс.	серонегативные, абс.	
Медицина	329	82	247	24,9±2,4
Наука	25*	8	17	32,0±9,5*
Бизнес	86	19	67	22,1±4,5
Образование	243	83	160	34,2±3,0
Искусство/творчество	52	18	34	34,6±6,6
Производство	240	76	164	31,7±3,0
Транспорт	77	15	62	19,5±4,5
Военная служба	34	12	22	35,3±8,2
Государственная служба	311	109	202	35,0±2,7
Офис	353	134	219	38,0±2,6
Без работы	112	41	71	36,6±4,6
Другие	207	73	134	35,3±3,3
Итого:	2069	670	1399	32,4±1,0

Примечание: * оценить достоверность доли серопозитивных не представляется возможным, поскольку количество обследованных лиц менее 30.

Note: * it is not possible to assess the reliability of the proportion of seropositive individuals because the number of persons examined is less than 30.

В группе лиц, у которых отсутствовали контакты с больными COVID-19, доля сероположительных была в 1.4 раза меньше и составила $29,5 \pm 0,9\%$. Таким образом, примерно у половины лиц, контактирующих с больными COVID-19, секретируются специфические АТ, при этом каких-либо клинических признаков заболевания у них не развивается, иными словами, к ним в полной мере можно применить термин «лица с бессимптомным течением заболевания». При COVID-19 бессимптомное течение встречается очень часто. Так, например,

в Санкт-Петербурге таковых выявлено более 84% [16]. В рамках данной программы исследований лицами с бессимптомным течением инфекции считали серопозитивных волонтеров, у которых отсутствовал хотя бы один признак: диагноз COVID-19, положительный результат ПЦР и признаки ОРЗ. Во всей когорте волонтеров таких лиц было выявлено 972 человека (31,2%) (табл. 4).

В разных возрастных группах число бессимптомных форм распределялось сравнительно однородно. Выявившиеся различия были невелики и недо-

Таблица 4

Доля лиц с бессимптомным течением инфекции из общего числа серопозитивных жителей разных возрастных групп Мурманской области

Table 4

Proportion of asymptomatic persons out of the total number of seropositive residents of different age groups in Murmansk region

Возрастная группа, лет	Число серопозитивных, абс.	Число лиц с бессимптомным течением, абс.	Доля лиц с бессимптомным течением, %±m
1–17	141	131	92,9±2,2
18–29	159	147	92,5±2,1
30–39	192	171	89,1±2,3
40–49	177	158	89,3±2,3
50–59	137	126	92,0±2,3
60–69	85	63	74,1±4,8
70 и более	81	69	85,2±4,0
Итого	972	865	89,0±1,0

верны, за исключением несколько большего снижения среди лиц в возрасте 60–69 лет. На основании этих результатов можно сделать единственный вывод о том, что среди серопозитивных волонтеров преобладают лица с бессимптомным течением COVID-19, что полностью согласуется с существующими взглядами по данному вопросу [20].

Полученные результаты свидетельствуют о том, что среди населения Мурманской области сформировался умеренный популяционный иммунитет, составивший 49% от порогового уровня [13]. Наибольшая доля серопозитивных лиц выявлена среди детей 7–13 лет. Аналогичная картина имела место и в Санкт-Петербурге [16], причем высокая серопозитивность, как правило, не сопровождалась повышением заболеваемости. В этой связи возникает вопрос о природе подобного феномена. Одной из вероятных причин может быть участие MSC в регуляции адаптивного иммунитета при COVID-19 [9]. Показано, что MSC способны подавлять избыточные иммунные реакции и одновременно вызывать регенерацию поврежденных тканей в зоне репликации вируса, а также снижать уровень дисфункциональности иммунной системы. Известно, кроме того, что наибольшая активность MSC приходится на детский возраст. В дальнейшем их активность с возрастом постепенно снижается и достигает своего минимума у лиц пожилого и старческого возраста [21, 22]. В свете этих данных становится понятной особенная реакция детей на COVID-19. Высокая активность MSC в детском возрасте способствует снижению гипервоспалительной реакции, но при этом не ингибирует адаптивный иммунный ответ, в то время как у пожилых эта ингибирующая MSC функция снижается одновременно с активностью иммунной системы в целом, что приводит к формированию активной воспалительной реакции на фоне сниженного гуморального иммунитета. Исходом подобных изменений будет полиорганная недостаточность с сопутствующими «цитокиновым штормом» и диссеминированным внутрисосудистым свертыванием [23], тогда как у детей COVID-19 чаще будет протекать в виде стертых и бессимптомных форм [24]. Не слу-

чайно в нашем исследовании частота бессимптомных форм была наиболее высокой, хотя и недостоверно, именно в детской возрастной группе и снижалась у лиц в возрасте 60–70 лет и более.

Разумеется, обсуждая эпидемиологическое значение лиц с бессимптомным течением, нельзя упускать из виду еще один существенный фактор — их участие в распространении вируса среди здоровых неиммунных лиц [25, 26]. И наконец, нельзя списывать со счетов описанный выше процесс формирования популяционного иммунитета, существенный вклад в который могут внести серопозитивные лица с бессимптомной формой течения инфекционного и/или иммунного процесса. Какой из перечисленных факторов является доминирующим, могут показать только дальнейшие иммуноэпидемиологические исследования.

Заключение. В результате проведенного исследования установлено что коллективный иммунитет совокупного населения Мурманской области составил 31,2%. Максимальный уровень серопревалентности к SARS-CoV-2 установлен у детей 7–13 лет (44,1%) и в возрастной группе 30–39 лет (40,2%). Наибольший уровень серопозитивности, кроме детей и людей возрастной группы 30–39 лет, выявлен у работников офиса (38,0%) и безработных (36,6%). Наименьший уровень серопозитивности был выявлен в группе работников транспорта (19,5%) и бизнеса (22,1%). При наличии контактов с больными COVID-19 вероятность сероконверсии увеличивалась в 1,4 раза. После перенесенной инфекции COVID-19 антитела обнаруживались в 64,1% случаев. Лиц с позитивным результатом ПЦР-анализа не выявлено, а в группе с отрицательной ПЦР удельный вес сероположительных составил 38,3%. Доля бессимптомных форм среди серопозитивных жителей Мурманской области в целом достигла 89,0%.

* * *

Благодарности: авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области» за техническую помощь при организации и проведении исследования.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Lu H., Stratton C.W., Tang Y.-W. Outbreak of pneumonia of unknown etiology in Wuhan, China: The mystery and the miracle // *J. Med. Virol.* 2020. Apr. Vol. 92, No. 4. P. 401–402. doi: 10.1002/jmv.25678.
2. WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>.

3. Bchetnia M., Girard C., Duchaine C., Laprisea C. The outbreak of the novel severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2): A review of the current global status // *J. Infect. Public Health*. 2020. doi: 10.1016/j.jiph.2020.07.011.
4. Zhang Y., Xu J., Jia R., Yi, C. Gu W., Liu P., Dong X., Zhou H., Shang B., Cheng S., Sun X., Ye J., Li X., Zhang J., Ling Z., Ma L., Wu B., Zeng M., Zhou W., Sun B. Protective humoral immunity in SARS-CoV-2 infected pediatric patients // *Cell Mol. Immunol*. 2020. Vol. 17, No. 7. P. 768–770. doi: 10.1038/s41423-020-0438-3.
5. Bouillon-Minoisa J.-B., Lahaye C., Dutheil F. Coronavirus and quarantine: will we sacrifice our elderly to protect them? // *Arch. Gerontol. Geriatr*. 2020. Vol. 90. P. 104118. doi: 10.1016/j.archger.2020.104118.
6. Chhetri J K, Chan P., Arai H., Park S.C., Gunaratne P.S., Setiati S., Assantachai P. Prevention of COVID-19 in Older Adults: A Brief Guidance from the International Association for Gerontology and Geriatrics (IAGG) Asia/Oceania region // *J. Nutr. Health. Aging*. 2020. Vol. 245. P. 471–472. doi: 10.1007/s12603-020-1359-7.
7. Смирнов В.С., Тотолян А.А. Врожденный иммунитет при коронавирусной инфекции // *Инфекция и иммунитет*. 2020. Т. 10, № 2. С. 259–268. doi: 10.15789/2220-7619-III-1440. [Smirnov V.S., Totolyan A.A. Congenital immunity in coronavirus infection. *Infection and immunity*, 2020, Vol. 10, No. 2, pp. 259–268 (In Russ.)]. doi: 10.15789/2220-7619-III-1440).
8. Hoffmann M., Kleine-Weber H., Schroeder S., Krüger N., Herrler T., Erichsen S., Schiergens T.S., Herrler G., Wu N.-H., Nitsche A., Müller M.A., Drosten C., Pöhlmann S. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor // *Cell*. 2020. Vol. 181, No. 2. P. 271–280. e8. doi: 10.1016/j.cell.2020.02.052.
9. Rao V., Thakur S., Rao J., Arakeri G., Brennan P.A., Jadhav S., Sayeed M. S., Rao G. Mesenchymal stem cells-bridge catalyst between innate and adaptive immunity in COVID 19 // *Med. Hypotheses*. 2020. Vol. 143. 109845. doi: 10.1016/j.mehy.2020.109845.
10. Rodda L.B., Netland J., Shehata L., Pruner K.B., Morawski P.A., Thouvenel Ch., Takehara K.K., Eggenberger J., Hemann E.A., Waterman H.R., Fahning M.L., Chen Yu, Rathe J., Stokes Caleb, Wrenn S., Fiala B., Carter L., Hamerman J.A., King N.P., Gale M.Jr, Campbell D.J., Rawlings D., Pepper M. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.08.11.20171843>.
11. Vabret N., Britton GJ, Gruber C., Hegd S., Kim J., Kuksin M., Levantovsky R., Malle L., Moreira A., Park MD, Pia L., Risson E., Saffern M., Salomé B., Selvan ME, Spindler MP, Tan J., van der Heide V., Gregory JK, Alexandropoulos K., Bhardwaj N., Brown BD, Greenbaum B., Gümüş Z.H., Homann D., Horowitz A., Kamphorst AO, Curotto de Lafaille MA, Mehandru S., Merad M., Samstein RM, The Sinai Immunology Review Project. Immunology of COVID-19: current state of the science // *Cell Press*. 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2020.05.002>.
12. 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. Vol. 9, No 5. P. e01136. doi: 10.1002/cti2.1136.
13. Randolph H.E., Barreiro L.B. Herd Immunity: Understanding COVID-19 // *Immunity*. 2020. May 19. Vol. 52, No. 5. P. 737–741. doi: 10.1016/j.immuni.2020.04.012 Published online 2020 May 19.
14. Anderson R.M., May R.M. Vaccination and herd immunity to infectious diseases // *Nature*. 1985. Nov. 28 — Dec 4. Vol. 318, No. 6044. P. 323–329. doi: 10.1038/318323a0.
15. Robison D., Lhermie G. Living With COVID-19: A Systemic and Multi-Criteria Approach to Enact Evidence-Based Health Policy // *Front Public Health*. 2020. Vol. 8. P. 294. doi: 10.3389/fpubh.2020.00294.
16. 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., Милличкина 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 // *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020. № 3. С. 124–131. doi: 10.21055/0370-1069-2020-3... [Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Melnikova A.A., Bashketova N.S., Friedman R.K., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Chhingeria I.G., Grechaninova T.A., Agapov K.A., Arsenyeva 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., Vetrov V.V., Millichkina A.M., Dedkov V.G., Totolyan A.A. Population immunity to SARS-COV-2 virus among St. Petersburg population during the active phase of COVID-19 epidemic // *Problems of Especially Dangerous Infections*. 2020. No. 3. P. 124–131 (In Russ.)]. doi 10.21055/0370-1069-2020-3...).
17. Newcombe R.G. Two-Sided Confidence Intervals for the Single Proportion: Comparison of Seven Methods // *Statistics in Medicine*. 1998. Vol. 17. P. 857–887. doi: 10.1002/(sici)1097-0258(19980430)17:8<857::aid-sim777>3.0.co;2-e.
18. Fernandes M., Wan C., Tacutu R., Barardo D., Rajput A., Wang J., Thoppil H., Thornton D., Yang C., Freitas A., de Magalhães J. P. Systematic analysis of the gerontome reveals links between aging and age-related diseases // *Hum. Mol. Genet*. 2016. Vol. 25, No. 21. P. 4804–4818. doi: 10.1093/hmg/ddw307.
19. Смирнов В.С., Зарубаев В.В., Петленко С.В. *Биология возбудителей и контроль гриппа и ОРВИ*. СПб.: Гиппократ, 2020. [Smirnov V.S., Zarubaev V.V., Petlenko S.V. *Biology of pathogens and control of influenza and ARVI*. St. Petersburg: Publishing house Hippocrates, 2020. (In Russ.)].

20. Nishiura H., Kobayashi T., Miyama T., Suzuki A., Jung S.-m., Hayashi K., Kinoshita R., Yang Y., Yuan B., Akhmetzhanov A.R., Linton N.M. Estimation of the asymptomatic ratio of novel coronavirus infections (COVID-19) // *Int. J. Inf. Dis.* 2020. Vol. 94. P. 154–155. doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.020.
21. Meng Q.-S., Liu J., Wei L., Fan H.-M., Zhou X.-H., Liang X.-T. Senescent mesenchymal stem/stromal cells and restoring their cellular functions // *World J. Stem Cells.* 2020. Sep 26; Vol. 12, No. 9. P. 966–985. doi: 10.4252/wjsc.v12.i9.966.
22. Kholodenko I.V., Kurbatov L.K., Kholodenko R.V., Manukyan G.V., Yarygin K.N. Mesenchymal Stem Cells in the Adult Human Liver: Hype or Hope? // *Cells.* 2019. Oct; Vol. 8, No. 10. P. 1127. doi: 10.3390/cells8101127.
23. Vellas C., Delobel P., De Souto Barreto P., Izopet J. COVID-19, Virology and Geroscience: A Perspective // *J. Nutr. Health Aging.* 2020. Vol. 24, P. 685–691. https://doi.org/10.1007/s12603-020-1416-2.
24. Zhang Y., Xu J., Jia R., Yi, C. Gu W., Liu P., Dong X., Zhou H., Shang B., Cheng S., Sun X., Ye J., Li X., Zhang J., Ling Z., Ma L., Wu B., Zeng M., Zhou W., Sun B. Protective humoral immunity in SARS-CoV-2 infected pediatric patients // *Cell Mol. Immunol.* 2020. Vol. 17, No. 7. P. 768–770. doi: 10.1038/s41423-020-0438-3.
25. Lee S., Meyler P., Mozel M., Tauh T., Merchant R. Asymptomatic carriage and transmission of SARS-CoV-2: What do we know? // *Can. J. Anaesth.* 2020. P. 1–7. doi: 10.1007/s12630-020-01729-x.
26. Rothe C., Schunk M., Sothmann P., Bretzel G., Froeschl G., Wallrauch C., Zimmer T., Thiel V., Janke C., Guggemos W., Seilmaier M., Drosten C., Vollmar P., Zwirgmaier K., Zange S., Wölfel R., Hoelscher M. Transmission of 2019-nCoV Infection from an Asymptomatic Contact in Germany Case Reports // *N. Engl. J. Med.* 2020. Vol. 382, No. 10, P. 970–971. doi: 10.1056/NEJMc2001468.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 10.11.2020 г.

Авторство:

Вклад в концепцию и план исследования — А.Ю.Попова, Е.Б.Ежлова, А.А.Мельникова, А.А.Толоян. Вклад в сбор данных — Л.А.Лукичева, Л.И.Никитина, Н.С.Кольцов, М.В.Ермакова, А.К.Кубашев, В.В.Кузнецова, Т.В.Денисова, Н.В.Гурина, И.В.Зиборов, И.В.Грязова, Н.А.Панькова, П.И.Коношкин, Н.И.Михеева. Вклад в анализ данных и выводы — Л.В.Лялина, В.С.Смирнов, А.А.Шарова, А.А.Толоян. Вклад в подготовку рукописи — В.С.Смирнов, Л.В.Лялина, А.А.Толоян.

Сведения об авторах:

Попова Анна Юрьевна — доктор медицинских наук, профессор, Руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 127994, г. Москва, Вадковский переулок, дом 18, строение 5 и 7; тел.: +7 (499) 973-26-90; e-mail: depart@gse.ru; ORCID 0000-0003-2567-9037;

Ежлова Елена Борисовна — кандидат медицинских наук, заместитель руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 127994, г. Москва, Вадковский переулок, дом 18, строение 5 и 7; тел.: +7 (499) 973-26-90; e-mail: ezhlova_eb@gse.ru;

Мельникова Альбина Андреевна — кандидат медицинских наук, заместитель начальника Управления эпидемиологического надзора Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 127994, г. Москва, Вадковский переулок, дом 18, строение 5 и 7; тел.: +7 (499) 973-26-90; e-mail: melnikova_aa@gse.ru http://orcid.org/0000-0002-5651-1331;

Лукичева Лена Александровна — руководитель Управления Роспотребнадзора по Мурманской области, 183038, г. Мурманск, ул. Коммуны, д. 7, тел.: +7 (815) 247-40-70; email: lukichevalena@icloud.com; ORCID 0000-0002-5515-6753;

Никитина Наталья Игоревна — заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области», 183038, г. Мурманск, ул. Коммуны, дом 11; тел.: +7 (921) 516-00-12; email: nikitina_ni@fguzmo.ru; ORCID 0000-0002-0504-8906;

Лялина Людмила Владимировна — профессор, доктор медицинских наук, заведующая лабораторией эпидемиологии инфекционных и неинфекционных заболеваний, ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 14: ORCID 0000-0001-9921-3505; SCOPUS 55948585400; Researcher ID P-1642-2014. тел.: +7 (921) 584-63-85; email lyalina@pasteur.org.ru;

Смирнов Вячеслав Сергеевич — профессор, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной иммунологии, ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 14: ORCID 0000-0002-2723-1496; SCOPUS 7403517323; Researcher ID T-9205-2017. тел.: +7 (911) 948-59-22; e-mail vssmi@mail.ru;

Кольцов Никита Сергеевич — начальник отдела эпидемиологического надзора Управления Роспотребнадзора по Мурманской области, 183038, г. Мурманск, ул. Коммуны, д. 7, 8 (815) 247-34-25, kolcov_us@muranpotrebnadzor.ru, ORCID 0000-0001-8031-4074;

Ермакова Марина Васильевна — заместитель руководителя Управления Роспотребнадзора по Мурманской области, 183038, г. Мурманск, ул. Коммуны, д. 7, 8 (815) 247-40-50, ermakova_mv@muranpotrebnadzor.ru, ORCID 0000-0002-2640-3655;

Кубашев Артур Коблабаевич — заведующий эпидемиологическим отделом ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области», 183038, г. Мурманск, ул. Коммуны, д.11, тел: 8 (8152) 47-37-98; 8 (951) 296-57-55; Email: epid5@fguzmo.ru; ORCID 0000-0003-1067-6058;

Кузнецова Виктория Владимировна — заведующий отделом лабораторного контроля ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области»; 183038, г. Мурманск, ул. Коммуны, д. 11; тел.: 8 (8152) 47-40-34, +7 (921) 152-13-29; email: kuznetsova@fguzmo.ru ORCID 0000-0002-4455-8423;

Денисова Татьяна Владимировна — заведующий лабораторией особо опасных инфекций, биолог ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области»; 183038, г. Мурманск ул. Коммуны, д.7, тел.: 8 (8152) 47-33-04, email: looi@fguzmo.ru, ORCID 0000-0002-6260-362X;

Гурина Назик Вахтанговна — биолог лаборатории особо опасных инфекций ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области», 183038, Мурманск, ул. Коммуны д. 7, тел: 8 (8152) 47-33-04, e-mail: looi@iguzmo.ru, ORCID 0000-0002-2931-500X;

Зиборов Иван Викторович — заместитель главного врача, врач по общей гигиене филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области в городах Кировске, Апатиты и Ковдорском районе»; 184250, Мурманская область, г. Кировск, пр. Ленина д. 36, тел: 8 (815)314-61-57, ziborov.ivan@mail.ru, ORCID 0000-0001-51396170;

Грязова Ирина Ивановна — заведующий бактериологической лабораторией, врач-бактериолог отдела лабораторного контроля филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области в городах Кирове, Апатиты и Ковдорском районе», 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Нечаева, д. 2а, тел.: 8 (815) 552-28-92, e-mail: gira06@inbox.ru, ORCID 0000-0001-9331-8656;

Панькова Надежда Александровна — биолог бактериологической лаборатории отдела лабораторного контроля филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области в городах Кировске, Апатиты и Ковдорском районе», 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Нечаева, д. 2а, тел.: 8 (815) 552-28-92, e-mail: nadezhda251257@mail.ru, ORCID 0000-0002-3640-0693;

Копошкин Павел Иванович — руководитель филиала, главный врач, филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области, в г. Мончегорске, г. Оленегорске и Ловозерском районе», 184511 Мурманская область, г. Мончегорск, ул. Комсомольская, д. 15, +7 (952) 297-02-54, e-mail: pavel.koposhkin@mail.ru, ORCID: 0000-00027603-6777;

Михеева Наталья Игоревна — биолог бактериологической лаборатории отдела лабораторного контроля филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области, в г. Мончегорске, г. Оленегорске и Ловозерском районе», 18451, Мурманская область, г. Мончегорск, ул. Комсомольская, д. 15, тел.: +7 (911) 301-79-77, e-mail: natalya.yasko.15@mail.ru, ORCID: 0000-00023505-5787;

Шарова Алена Александровна — младший научный сотрудник отдела эпидемиологии ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 14, тел.: +7 (981) 945-13-09; e-mail Alenasharova21@gmail.com;

Толоян Арег Артемович — Академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 14, тел.: +7 (812) 233-20-92; e-mail: pasteur@pasteurorg.ru ORCID 0000-0003-4571-8799.