

DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-106-113

УДК 616.98:578.2

А.Ю. Попова^{1,2}, Е.Б. Ежлова¹, А.А. Мельникова¹, С.В. Балахонов³, М.В. Чеснокова³, В.И. Дубровина³, Л.В. Лялина⁴, В.С. Смирнов⁴, А.Г. Трухина³, А.Н. Пережогин³, А.Б. Пятидесятникова³, Д.Д. Брюхова³, Н.О. Киселева³, Н.Г. Гефан³, О.В. Гаврилова³, Т.А. Гаврилова⁵, В.И. Ломоносова⁴, А.А. Тотолян⁴

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРОПРЕВАЛЕНТНОСТИ К ВИРУСУ SARS-COV-2 НАСЕЛЕНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ВСПЫШКИ 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;

³ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт», Иркутск, Российская Федерация;

⁴ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера», Санкт-Петербург, Российская Федерация; ⁵Управление Роспотребнадзора по Иркутской области, Иркутск, Российская Федерация

Целью сероэпидемиологического исследования явилось определение уровня и структуры популяционно-го иммунитета к SARS-CoV-2 среди населения Иркутской области в период роста заболеваемости COVID-19. **Материалы и методы.** Содержание антител к SARS-CoV-2 определяли в сыворотке крови добровольцев методом иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием набора реагентов «ИФА анти-SARS-Cov-2 IgG» (Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии, Оболенск). **Результаты и обсуждение.** Исследование показало, что популяционный иммунитет среди населения Иркутской области в период обследования составил 5,8 %. Максимальный уровень серопозитивных лиц выявлен среди детей 14–17 лет – 13,8 %, и у дошкольников (1–6 лет) – 11,8 %. Установлено, что при наличии контактов с больными COVID-19 риск инфицирования возрастает в 3,1 раза. После заболевания COVID-19 антитела вырабатываются в 56,5 % случаев. Доля бессимптомных форм среди серопозитивных жителей Иркутской области достигала 81,2 %. Следовательно, в выбранный для исследования период эпидемического подъема заболеваемости COVID-19 среди населения Иркутской области сформировался невысокий уровень серопревалентности. Значительная доля бессимптомных форм инфекции характеризует высокую интенсивность скрыто развивающегося эпидемического процесса. Полученные результаты могут использоваться при организации профилактических мероприятий, включая вакцинацию, и для прогнозирования заболеваемости.

Ключевые слова: гуморальный иммунитет, специфические антитела, COVID-19, SARS-CoV-2.

Корреспондирующий автор: Балахонов Сергей Владимирович, e-mail: adm@chumin.irkutsk.ru.

Для цитирования: Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Балахонов С.В., Чеснокова М.В., Дубровина В.И., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Трухина А.Г., Пережогин А.Н., Пятидесятникова А.Б., Брюхова Д.Д., Киселева Н.О., Гефан Н.Г., Гаврилова О.В., Гаврилова Т.А., Ломоносова В.И., Тотолян А.А. Опыт исследования серопревалентности к вирусу SARS-CoV-2 населения Иркутской области в период вспышки COVID-19. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020; 3:106–113. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-3-106-113

Поступила 10.09.20. Принята к публ. 16.09.20.

A.Yu. Popova^{1,2}, E.B. Ezhlova¹, A.A. Mel'nikova¹, S.V. Balakhonov³, M.V. Chesnokova³, V.I. Dubrovina³, L.V. Lyalina⁴, V.S. Smirnov⁴, A.G. Trukhina³, A.N. Perezhogin³, A.B. Pyatidesyatnikova³, D.D. Bryukhova³, N.O. Kiseleva³, N.G. Gefan³, O.V. Gavrilova³, T.A. Gavrilova⁵, V.I. Lomonosova⁴, A.A. Totolyan⁴

Experience in Studying Seroprevalence to SARS-CoV-2 Virus in the Population of the Irkutsk Region during COVID-19 Outbreak

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

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

³Irkutsk Research Anti-Plague Institute, Irkutsk, Russian Federation;

⁴Saint-Petersburg Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Saint-Petersburg, Russian Federation;

⁵Rospotrebnadzor Administration in the Irkutsk Region, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Objective of the seroepidemiological study was to determine the level and structure of herd immunity to SARS-CoV-2 among the population of the Irkutsk Region during the period of an increase in the incidence of COVID-19. **Materials and methods.** The content of antibodies to SARS-CoV-2 was determined by ELISA applying a reagent panel “ELISA anti-SARS-Cov-2 IgG” produced by the State Scientific Center of Applied Microbiology and Biotechnology (Obolensk). **Results and discussion.** The investigation has revealed that the herd immunity of the total population of Irkutsk Region amounted to 5.8 %. The greatest share of seropositive persons was among the children aged 14–17 (13.8 %) and 1–6 (11.8 %). It has been established that the risk of infection increases by 3.1 times in case of contact with COVID-19 patients. After exposure to COVID-19, antibodies were produced in 56.5 % of the cases. The share of asymptomatic forms among seropositive residents of the Irkutsk Region reached 81.2 %. Consequently, during the chosen period of increased COVID-19 incidence among the population of Irkutsk Region low level of seroprevalence was formed. A significant proportion of asymptomatic forms of infection characterize high intensity of the latently developing epidemic process. The results obtained can be used when organizing preventive measures, including vaccination, and for forecasting morbidity rates.

Key words: humoral immunity, COVID-19, specific antibodies, IgM, IgG, SARS-CoV-2.

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

Corresponding author: Sergey V. Balakhonov, e-mail: adm@chumin.irkutsk.ru.

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

Received 10.09.20. Accepted 16.09.20.

Popova A.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4315-5307>
Balakhonov S.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4201-5828>
Chesnokova M.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5489-9363>
Dubrovina V.I., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8561-6207>
Lyalina L.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9921-3505>
Smirnov V.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2723-1467>
Trukhina A.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8801-2713>
Perezhogin A.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5678-468X>
Pyatidesyatnikova A.B., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6381-4517>
Bryukhova D.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5589-9522>
Kiseleva N.O., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6678-2998>
Gefan N.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9425-2273>
Gavrilova O.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8349-2431>
Totolyan A.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4571-8799>

В Российской Федерации (РФ) первые завозные случаи COVID-19 зарегистрированы 31.01.2020 г. в Чите и Тюмени, при этом до 24.03.2020 г. регистрировалась только спорадическая заболеваемость в разных регионах РФ и лишь с конца марта рост приобрел практически экспоненциальный характер. Максимальное число зараженных пришлось на 16.05.2020 г. и составило за сутки 11656 человек. В дальнейшем (на 15.08.2020 г.) наблюдалось постепенное снижение до 5061 человека [1]. Наибольшее число инфицированных выявлено в Москве, Московской области и Санкт-Петербурге – территориях с наибольшей плотностью населения, причем в Санкт-Петербурге число заражений в 7,6 раз меньше, чем в Москве [2]. Иркутская область по числу зараженных на момент проведения настоящего исследования находилась на седьмом месте (15324 человека).

Первый случай заражения SARS-CoV-2 в Иркутской области выявлен 21.03.2020 г. (12-я календарная неделя – к.н.) у 62-летней женщины, вернувшейся из Объединенных Арабских Эмиратов. До 20.04.2020 г. заболеваемость в регионе варьировала в пределах от 0,3 до 1,1 на 100 тыс. населения, с 27.04.2020 г. (18 к.н.) отмечено непрерывное нарастание количества заражений, продолжавшееся до 27 к.н. (29.06–05.07.2020 г.), когда показатель заболеваемости достиг максимального значения в 70,8 на 100 тыс. населения, после чего отмечалось его постепенное снижение (рис. 1).

Как следует из представленного графика, период проведения серозидемиологического обследования населения пришелся на пик заболеваемости в области (рис. 1). Это обстоятельство неизбежно вызывает вопрос о возможном влиянии роста числа зараженных на уровень серопревалентности населения Иркутской области.

Известно, что напряженность коллективного иммунитета оказывает существенное влияние на уровень инфекционной заболеваемости [3]. Общеизвестно, что инфекционный процесс спонтанно угасает, когда число лиц, содержащих в крови специфические антитела (АТ) к возбудителю, достигает 60–70 % от популяции [4]. Существует несколько направлений достижения подобного уровня

серопревалентности. Наиболее простым путем приобретения коллективного иммунитета является спонтанная заболеваемость 60–70 % восприимчивых лиц в популяции в условиях отсутствия контроля за инфекцией. Так развивалось большинство эпидемий в средние века. Как правило, достижение требуемого эпидемического порога сопровождалось неприемлемым ущербом в виде высокой смертности среди заболевших. Пример такого развития событий – хорошо известная пандемия гриппа в начале XX в. Другой путь – вакцинация. Общеизвестно, что это наиболее эффективный и безопасный путь борьбы с инфекцией. Применительно к COVID-19 в этом направлении достигнуты определенные успехи, свидетельствующие о высокой вероятности получения эффективных вакцин в ближайшее время [5]. В России уже зарегистрирован препарат для специфической профилактики новой коронавирусной инфекции, обладающий, по данным клинических испытаний, хорошими показателями безопасности и эффективности [6]. Но, как считают D. Robison и G. Lhermie [7], челове-

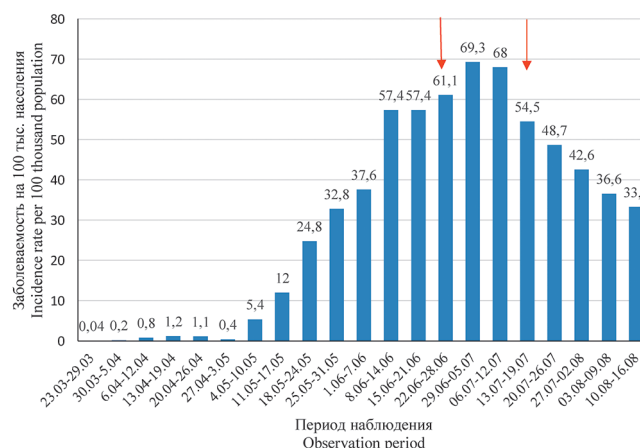


Рис. 1. Заболеваемость COVID-19 в Иркутской области в 2020 г.

Примечание: красными стрелками отмечены начало и окончание исследований серопревалентности к SARS-CoV-2 среди населения Иркутской области (с 28.06. по 19.07.2020 г.).

Fig. 1. The incidence of COVID-19 in the Irkutsk Region in 2020

Note: Red arrows mark the onset and the end of the studies of seroprevalence to SARS-CoV-2 among the population of the Irkutsk Region (June 28 – July 19, 2020).

ству пока придется научиться жить с коронавирусом, разумно сочетая спонтанный рост серопревалентности с возможными терапевтическими средствами [7, 8] и оптимальным набором мер противоэпидемической защиты, реализация которых не должна сопровождаться неприемлемым ущербом для экономики или мировой финансовой системы. Важным этапом в этом направлении может стать мониторинг популяционного иммунитета к SARS-CoV-2.

Целью проведенного сероэпидемиологического исследования стало определение уровня и структуры популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 среди населения Иркутской области на фоне роста заболеваемости COVID-19.

Материалы и методы

Работа проводилась в рамках широкомасштабного проекта Роспотребнадзора по оценке популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 у населения РФ с учетом протокола исследования, рекомендованного ВОЗ [9]. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Санкт-Петербургского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии им. Пастера. Перед началом исследования все волонтеры или их юридические представители ознакомились с целью и методикой исследования и подписали информированное согласие на участие в нем.

Отбор добровольцев для исследования проводили методом анкетирования и рандомизации путем случайной выборки. Критерием исключения являлась 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 % [10].

Расчет объема возрастной группы:

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

В исследовании по оценке серопревалентности к SARS-CoV-2 приняли участие 2674 добровольца, распределенных на 7 возрастных групп (табл. 1).

В связи с возрастными особенностями созревания иммунной системы, группа «дети 1–17 лет» разделена на 3 подгруппы: 1–6 лет, 7–13 лет и 14–17 лет. По численности все возрастные группы волонтеров являлись сопоставимыми и составляли 373–390 человек (табл. 1). По гендерному признаку группа включала 796 мужчин и 1804 женщины, то есть соотношение составило 1:2,3.

Доля лиц, переболевших COVID-19, с диагнозом, установленным в медицинских организациях, среди обследованных добровольцев не превышала 1,8 % (49 человек), а доля волонтеров, имевших при-

Таблица 1 / Table 1

Распределение волонтеров по возрасту

Distribution of volunteers by age

Возрастная группа Age group		Число обследованных The number of people examined
1–17		387
из них: among them:	1–6	102
	7–13	191
	14–17	94
18–29		385
30–39		373
40–49		374
50–59		386
60–69		390
70 и старше 70 years old and above		379
Итого: Total:		2674

знаки острого респираторного заболевания (ОРЗ) в день обследования, составила 0,4 % (10 человек).

По территориям в населенных пунктах с репрезентативной выборкой (30 и более участников) наибольшее число волонтеров пришлось на Иркутск (1429), наименьшее – на Шелеховский район Иркутской области (30).

Пробы крови волонтеров отбирали в пробирки с активатором свертывания и гелем, центрифугировали при 1500 об./мин (400 g) в течение 20 мин и отделяли сыворотку от сгустка. Полученную сыворотку переносили в пластиковые пробирки и хранили до исследования при температуре 4 °С. Содержание антител к SARS-CoV-2 определяли методом ИФА с использованием набора реагентов «ИФА анти-SARS-CoV-2 IgG» (Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии, Оболенск). Результаты учитывали качественным методом и считали положительными при превышении уровня cut-off, расчет которого осуществляется в соответствии с инструкцией к тест-системе.

Статистическую обработку проводили с использованием методов вариационной статистики с помощью статистического пакета Excel и программного продукта WinPepi (версия 11.65). Связь между уровнями заболеваемости и серопревалентности рассчитывали по методу Пирсона. Для оценки достоверности различий сравниваемых показателей использовали уровень вероятности $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Возрастное и географическое распределение серопревалентности среди населения Иркутской области. Серопревалентность среди жителей Иркутской области (табл. 2) в целом составила $(5,8 \pm 0,45) \%$ (154/2674), что существенно ниже, чем в ряде других регионов РФ [11]. По воз-

Таблица 2 / Table 2

Серопревалентность к вирусу SARS-CoV-2 в обследованных возрастных группах населения Иркутской области

Seroprevalence to SARS-CoV-2 virus in the surveyed age groups of the Irkutsk Region

Возрастная группа Age group		Результаты тестирования на SARS-CoV-2 IgG Test results for SARS-CoV-2 IgG		Серопревалентность, % (M ± m) Seroprevalence, % (M ± m)
		серопозитивные, чел. seropositive, pers.	серонегативные, чел. seronegative, pers.	
1–17		31	356	8,0±1,4*
в том числе including	1–6	12	90	11,8±3,2*
	7–13	6	185	3,1±1,2
	14–17	13	81	13,8±3,5*
18–29		26	359	6,8±1,3
30–39		15	358	4,0±1,0
40–49		16	358	4,3±1,1
50–59		17	369	4,4±1,0
60–69		14	376	3,6±0,9
70 и старше 70 years old and above		35	344	9,2±1,5*
Итого: Total:		154	2520	5,8±0,4

Примечание: * – достоверные различия по сравнению со средним значением по всей когорте волонтеров ($p < 0,05$).

Note: * – significant differences as compared to the median value for the entire cohort of volunteers ($p < 0,05$).

растным группам показатель варьировал в пределах от (3,6±1,25) % у лиц в возрасте 60–69 лет до (8,0±3,5) % у детей 1–17 лет. Особенностью детской группы стала заметная неоднородность показателя серопозитивности. Так, среди детей в возрасте 14–17 лет частота выявления специфических IgG к нуклеокапсиду (N-антигену) вируса оказалась наивысшей и составила (13,8±3,5) %, тогда как в возрастной группе 7–13 лет минимальной – (3,1±1,25) %. Среди детей дошкольного возраста (1–6 лет) этот показатель оказался на уровне (11,8±3,2) %, что меньше, чем в старшей возрастной группе, но достоверно выше, чем в среднем по региону. Серопревалентность не имела гендерных различий и составляла (6,3±0,9) % у мужчин и (5,5±0,5) % у женщин.

По муниципальным образованиям Иркутской области (табл. 3) серопревалентность находилась в диапазоне от (1,1±1,1) % в Боханском районе до (12,5±4,1) % в Иркутском районе. Низкий уровень серопозитивности установлен также в Усть-Илимском (2,8±1,6 %) районе, а высокий – в Шелеховском (10,0±5,5 %) и Усольском (9,0±2,5 %) районах. Оценить достоверность статистических данных в четырех населенных пунктах (г. Бодайбо, г. Тулун, г. Черемхово, п. Усть-Ордынск) можно лишь ориентировочно, поскольку количество обследованных лиц на этих территориях составило менее 30 человек.

Для обоснования связи заболеваемости и серопревалентности проведен корреляционный анализ уровня заболеваемости в ряде муниципальных образований Иркутской области и серопревалентности. Анализ данных подтвердил наличие корреляции между сравниваемыми показателями с коэффициентом 0,644. При сравнении с пороговым значением

получены данные, свидетельствующие о линейной связи, достоверной при $p < 0,05$. Полученная зависимость описывается уравнением линейной регрессии: $y = 0,0183x + 3,4978$ (рис. 2).

Уровень серопозитивности у лиц, переболевших или имевших контакт с больными COVID-19. В период эпидемической вспышки человек может иметь множество контактов с патогенным вирусом. К ним относятся, в частности, контакт с вирусонositelem, у которого возбудитель уже начал реплицироваться, но манифестация заболевания еще не на-

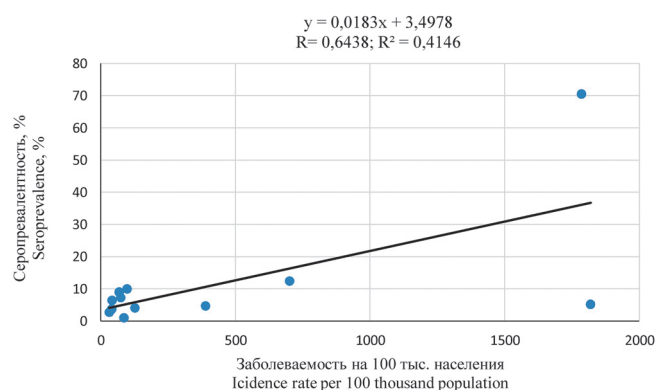


Рис. 2. Корреляционная зависимость между уровнем заболеваемости и серопревалентностью

Примечание: коэффициент корреляции (r_c) равен 0,644. Пороговый коэффициент корреляции r_{st} при $k = n - 2$ и $p < 0,05$, составляет 0,602. $r_c > r_{st}$. Установлена прямая корреляционная связь между сравниваемыми показателями, описываемая уравнением линейной регрессии: $y = 0,0183x + 3,4978$.

Fig. 2. Correlation interdependence between the incidence rate and seroprevalence

Note: The correlation coefficient (r_c) is 0.644. The threshold correlation coefficient r_{st} for $k = n - 2$ and $p < 0.05$ is 0.602. $r_c > r_{st}$. A direct correlation between the compared indicators, described by the linear regression equation: $y = 0.0183x + 3.4978$ has been established.

Таблица 3 / Table 3

Уровень серопревалентности среди жителей разных муниципальных образований Иркутской области

Seroprevalence level among residents of different municipalities of the Irkutsk Region

Населенный пункт Locality	Число обследованных The number of people examined	Результаты тестирования на SARS-CoV-2 IgG Test results for SARS-CoV-2 IgG		Серопревалентность, % (M±m) Seroprevalence, % (M±m)	Заболеваемость на 100 тыс. населения** Morbidity rate per 100 thousand of the population**
		серопозитивные, чел. seropositive, pers.	серонегативные, чел. seronegative, pers.		
Ангарский район, г. Ангарск Angarsk District, Angarsk	357	26	331	7,3±1,4	73,62
Братский район, г. Братск Bratsk District, Bratsk	191	8	183	4,2±1,5	126,63
Бодайбинский район Bodaibinsky District	17*	12	5	70,6±11,0	1783,6
Боханский район Bokhansky District	93	1	92	1,1±1,1	84,50
г. Иркутск Irkutsk	1429	68	1361	4,8±0,6	388,22
Иркутский район Irkutsk District	64	8	56	12,5±4,1	699,81
Саянский район, г. Саянск Sayansk District, Sayansk	77	5	72	6,5±2,8	41,37
Тайшетский район, г. Тайшет Taishet District, Taishet	80	3	77	3,8±2,1	40,07
Тулунский район Tulunsky District	8*	0	8	0	22,71
Усольский район, г. Усолье-Сибирское Usolsky District, Usolye-Sibirskoe	133	12	121	9,0±2,5	67,32
Усть-Илимский район Ust-Ilimsky District	106	3	103	2,8±1,6	31,03
Усть-Кутский район Ust-Kutsky District	75	4	71	5,3±2,6	1818,07
п. Усть-Ордынский Ust-Ordynsky settlement	1*	0	1	0	236,8
Черемховский район Cheremkhovsky District	13*	1	12	7,7±7,4	54,28
Шелеховский район Shelekhovsky District	30	3	27	10,0±5,5	97,02

Примечание: * – оценить достоверность доли серопозитивных лиц среди населения районов не представляется возможным, поскольку количество обследованных добровольцев было менее 30; ** – результаты по заболеваемости представлены Управлением Роспотребнадзора по Иркутской области.

Note: * – it is not possible to assess the significance of the proportion of seropositive persons among the population of surveyed Districts, since the number of examined volunteers was less than 30; ** – the data on the incidence rates are presented by the Rospotrebnadzor Administration in the Irkutsk Region.

чалась, и контакт с больным COVID-19 – ситуация, с которой особенно часто встречаются медицинские работники. Эпидемиологическую опасность представляют лица с abortивным или бессимптомным течением заболевания и, возможно, реконвалесценты COVID-19 [12]. Считается, что вирус у реконвалесцентов может выделяться в течение продолжительного времени, заражая окружающих. При этом такое заражение совсем не обязательно должно закончиться появлением клинической симптоматики, а отражением скрытой инфекции может быть серопревалентность [13].

Среди лиц, имевших бытовой и/или производственный контакт с переболевшим COVID-19, серопревалентность составила (14,7±2,1) %, а при от-

сутствии таковых была в 3,1 раза ниже (4,7±0,4) % ($p<0,05$).

В группе реконвалесцентов после перенесенного COVID-19 (49 человек) доля серопозитивных лиц достигла (56,5±7,73) %, а при отсутствии данных о перенесенной инфекции – (11,9±0,6) % ($p<0,05$).

Из всей когорты волонтеров 10 человек имели на момент обследования признаки ОРЗ. Доля сероположительных лиц в этой группе составила (80,0±12,6) %, а среди лиц без признаков ОРЗ – (5,5±0,4) %, что достоверно не отличалось от среднепопуляционного показателя по региону. Объяснений этому феномену пока еще не получено, можно только с некоторой долей вероятности предположить, что увеличение удельного веса серопозитивных

больных ОРЗ могло иметь неспецифическое происхождение, обусловленное гетеротипическим иммунитетом, вызванным другими β -коронавирусами человека, имеющими общие детерминанты с антигенами SARS-CoV-2 [14].

Оценка доли бессимптомных форм. Бессимптомное течение является характерным признаком COVID-19 и, как считается, может служить важным фактором трансмиссии вируса [15]. В этом смысле определение доли бессимптомных форм среди населения представляет существенное значение в плане распространения инфекции в непораженной популяции [16, 17] и может в значительной мере скорректировать спектр и направление противоэпидемических мероприятий.

Для расчета доли бессимптомных форм среди серопозитивных волонтеров вычисляли долю лиц, у которых отсутствует хотя бы один признак: диагноз COVID-19, положительный результат в ПЦР, либо проявления ОРЗ. Среди жителей Иркутской области этот показатель в целом составлял $(81,2 \pm 3,2) \%$, достигая максимального уровня у лиц в возрасте старше 70 лет (табл. 4). Более низкие показатели зафиксированы среди лиц трех возрастных групп: 18–29, 30–39 и 40–49 лет. Однако в связи с тем, что в большинстве обследованных возрастных групп число наблюдений оказалось ниже 30, все полученные сведения могут рассматриваться только как ориентировочные. На это обстоятельство указывают и достаточно высокие уровни статистических ошибок средних величин.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о низком уровне популяционного иммунитета ($5,8 \%$) среди жителей Иркутской области на фоне заболеваемости $273,05$ на 100 тыс. населения и высокой доле серопозитивных лиц с бессимптомным течением заболевания ($81,2 \%$). В связи с этим можно сделать предположение о невысокой напряженности инфекционного процесса. Однако для такого вывода требуются более масштабные динамические исследования.

Факт высокой серопревалентности в детских

возрастных группах 14–17 ($13,8 \%$) и 1–6 лет ($11,8 \%$), установленный и в других регионах [11], привлекает особое внимание. К сожалению, в настоящее время трудно дать ему удовлетворительное объяснение, можно лишь предположить возможную связь высокой серопревалентности у детей с формированием перекрестного иммунитета к другим непатогенным коронавирусам [18]. Вероятно, что перекрестным иммунитетом можно объяснить и частоту бессимптомного течения COVID-19 как среди детей, так и взрослых. Однако эта гипотеза требует основательных доказательств. Среди других возрастных групп каких-либо особенностей не выявлено, если не считать достоверного повышения уровня серопревалентности среди волонтеров в возрасте старше 70 лет ($9,2 \%$).

При обследовании контактных лиц и реконвалесцентов наблюдали ожидаемый рост серопревалентности ($14,7$ и $56,5 \%$ соответственно). Различия достоверны по сравнению с показателем серопревалентности среди всех обследованных волонтеров при $p < 0,05$. Отмечена высокая доля серопозитивных лиц с симптомами ОРЗ ($80,0 \%$), но придавать этому существенное значение вряд ли оправданно, т.к. общее число добровольцев с симптомами ОРЗ не превысило 10 человек.

Количество выявленных серопозитивных лиц с бессимптомным течением ($81,2 \%$) сопоставимо с показателями других регионов [19]. Однако среди обследованных добровольцев в группе «40–49 лет» их доля оказалась на уровне $62,5 \%$, а группе «30–39 лет» не превышала $53,3 \%$, что согласуется в целом с низкой серопревалентностью в этих возрастных группах.

Резюмируя представленные данные, следует отметить невысокий уровень серопревалентности среди населения Иркутской области, сопровождавшийся умеренной заболеваемостью. В связи с этим возникает вопрос о наличии и характере связи между наблюдающимся снижением еженедельной заболеваемости, начиная с 28 к.н. (06.07–12.07.2020 г.) и невысоким уровнем гуморального иммунитета.

Таблица 4 / Table 4

Доля лиц с бессимптомным течением инфекции из общего числа серопозитивных жителей разных возрастных групп Иркутской области
The share of persons with asymptomatic infection out of the total number of seropositive residents of different age groups of the Irkutsk Region

Возрастная группа Age group	Число серопозитивных Number of seropositive persons	Число лиц с бессимптомным течением The number of asymptomatic people	Доля лиц с бессимптомным течением, % ($M \pm m$) The proportion of people with asymptomatic form, % ($M \pm m$)
1–17	31	30	$96,8 \pm 3,1$
18–29	26	18	$69,2 \pm 9$
30–39	15	8	$53,3 \pm 13$
40–49	16	10	$62,5 \pm 12,1$
50–59	17	12	$70,6 \pm 11$
60–69	14	12	$85,7 \pm 9,4$
70 и старше 70 years old and above	35	35	100
Итого: Total:	154	125	$81,2 \pm 3,2$

Таким образом, популяционный иммунитет к вирусу SARS-CoV-2 среди населения Иркутской области составил 5,8 %. Максимальный уровень серопревалентности выявлен среди детей в возрастной группе «14–17 лет» (13,8 %). Между серопревалентностью и заболеваемостью установлена достоверная корреляция, описываемая уравнением линейной регрессии: $y = 0,0183x + 3,4978$. При наличии у обследуемых контактов с больными COVID-19 вероятность выявления серопозитивных лиц увеличилась в 3,1 раза. После перенесенного заболевания COVID-19 антитела выявлялись в 56,5 % случаев. Доля бессимптомных форм инфекции среди серопозитивных жителей Иркутской области достигала 81,2 %.

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

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотруднику ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт» Роспотребнадзора А.Е. Ефимову за оказанную техническую поддержку при организации и проведении исследования.

Список литературы

1. Карта коронавируса COVID-19 онлайн. [Электронный ресурс]. URL: <https://coronavirus-monitor.info/> (дата обращения 15.08.2020).
2. Оперативные данные. [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--80aesfpebagmfbcl0a.xn--p1ai/> (дата обращения 15.08.2020).
3. Lourenço J., Paton R., Ghafari M., Kraemer M., Thompson C., Simmonds P., Klennerman P., Gupta S. Fundamental principles of epidemic spread highlight the immediate need for large-scale serological surveys to assess the stage of the SARS-CoV-2 epidemic. 2020; medRxiv 2020.03.24.20042291. DOI: 10.1101/2020.03.24.20042291.
4. Gomes M.G.M., Corder R.M., King J.G., Langwig K.E., Souto-Maior C., Carneiro J., Gonçalves G., Penha-Gonçalves C., Ferreira M.U., Aguas R. Individual variation in susceptibility or exposure to SARS-CoV-2 lowers the herd immunity threshold. Version 3. medRxiv. 2020.04.27.20081893. DOI: 10.1101/2020.04.27.20081893.
5. Wu S.C. Progress and concept for COVID-19 vaccine development. *Biotechnol. J.* 2020; 15(6):1–3. DOI: 10.1002/biot.202000147.
6. Logunov D.Y., Dolzhikova I.V., Zubkova O.V., Tukhvatullin A.I., Shcheblyakov D.V., Dzharullaeva A.S., Grousova D.M., Erokhova A.S., Kovyrshina A.V., Botikov A.G., Izhaeva F.M., Popova O., Ozharovskaya T.A., Esmagambetov I.B., Favorskaya I.A., Zrelkin D.I., Voronina D.V., Shcherbinin D.N., Semikhin A.S., Simakova Y.V., Tokarskaya E.A., Lubenets N.L., Egorova D.A., Shmarov M.M., Nikitenko N.A., Morozova L.F., Smolyarchuk E.A., Kryukov E.V., Babira V.F., Borisevich S.V., Naroditsky B.S., Gintsburg A.L. Safety and immunogenicity of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine in two formulations: two open, non-randomised phase 1/2 studies from Russia. *Lancet.* 2020; September 4. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31866-3.
7. Robison 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.
8. Смирнов В.С., Тоголян А.А. Некоторые возможности иммунотерапии при коронавирусной инфекции. *Инфекция и иммунитет.* 2020; 10(3):446–58. DOI: 10.15789/2220-7619-SPO-1470.
9. WHO. Population-based age-stratified seroepidemiological investigation protocol for COVID-19 infection. WHO/2019-nCoV/Seroepidemiology/2020.2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-Seroepidemiology-2020.2> (дата обращения 15.08.2020).
10. Newcombe R.G. Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods. *Stat. Med.* 1998; 17(8):857–72. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258(19980430)17:8<857::aid-sim777>3.0.co;2-e.

11. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Мельникова А.А., Историк О.А., Мосевич О.С., Лялина Л.В., Смирнов В.С., Черный М.А., Балабашева Н.С., Логинова И.С., Владимиров О.С., Самогладова И.С., Васев Н.А., Румянцев С.В., Чупалова Е.Ю., Селиванова Г.В., Муравьева М.В., Тимофеева Л.В., Ханкишиева Э.Н., Тыльчевская В.Д., Никитенко Н.Д., Костеницкая Т.И., Виркунен Н.В., Климкина И.М., Кузьмина Т.М., Дегтяренко Н.В., Базунова А.И., Филиппова Л.А., Пальчикова Н.А., Кукушкин А.В., Арсентьева Н.А., Бацунов О.К., Богумильчик Е.А., Воскресенская Е.А., Дробышевская В.Г., Зуева Е.В., Кокорина Г.И., Курова Н.Н., Любимова Н.Е., Ферман Р.С., Хамдулаева Г.Н., Хамитова И.В., Хорькова Е.В., Миличкина А.М., Дедков В.Г., Тоголян А.А. 2020. Опыт оценки популяционного иммунитета к SARS-CoV-2 среди населения Ленинградской области в период эпидемии COVID-19. COVID19-PREPRINTS.MICROBE.RU. 28.07.2020. [Электронный ресурс]. DOI: 10.21055/preprints-3111753.
12. Walsh K.A., Jordan K., Clyne B., Rohde D., Drummond L., Byrne P., Ahern S., Carty P.G., O'Brien K.K., O'Murchu E., O'Neill M., Smith S.M., Ryan M., Harrington P. SARS-CoV-2 detection, viral load and infectivity over the course of an infection. *J. Infect.* 2020; 81(3):357–71. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.06.067.
13. Okba N.M.A., Müller M.A., Li W., Wang C., GeurtsvanKessel C.H., Corman V.M., Lamers M.M., Sikkema R.S., de Bruin E., Chandler F.D., Yazdanpanah Y., Quentin Le Hingrat, Descamps D., Houhou-Fidouh N., Reusken C.B.E.M., Bosch B.-J., Drosten C., Koopmans M.P.G., Haagmans B.L. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2-Specific Antibody Responses in Coronavirus Disease Patients. *Emerg Infect Dis.* 2020; 26(7):1478–88. DOI: 10.3201/eid2607.200841.
14. Ng K.W., Faulkner N., Cornish G.H., Rosa A., Harvey R., Hussain S., Ulferts R., Earl C., Wrobel A., Benton D., Roustan 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., Stocking 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. Preprint. DOI: 10.1101/2020.05.14.095414.
15. Chang D., Mo G., Yuan X., Tao Y., Peng X., Wang F.-S., Xie L., Sharma L., Dela Cruz C.S., Qin E. Time kinetics of viral clearance and resolution of symptoms in novel coronavirus infection. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2020; 201(9):1150–2. DOI: 10.1164/rccm.202003-0524LE.
16. Yaqinuddin A. Cross-immunity between respiratory coronaviruses may limit COVID-19 fatalities. *Med. Hypotheses.* 2020; 144:110049. DOI: 10.1016/j.mehy.2020.110049.
17. Yu X., Yang R. COVID-19 Transmission through asymptomatic carriers is a challenge to containment. *Influenza Other Respir. Viruses.* 2020; 14(4):474–5. DOI: 10.1111/irv.12743.
18. Devulapalli C.S. COVID-19 is milder in children possibly due to cross-immunity. *Acta Paediatr.* 2020; 00:1. DOI: 10.1111/apa.15407.
19. 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 П.Н., Любимова Н.Е., Маркова А.Н., Хамитова И.В., Ветров В.В., Миличкина А.М., Дедков В.Г., Тоголян А.А. 2020. Популяционный иммунитет к вирусу SARS-CoV-2 среди населения Санкт-Петербурга в активную фазу эпидемии COVID-19. COVID19-PREPRINTS.MICROBE.RU. 28.07.2020. [Электронный ресурс]. DOI: 10.21055/preprints-3111752.

References

1. Online map of coronavirus COVID-19 distribution. (Cited 15 Aug 2020). [Internet]. Available from: <https://coronavirus-monitor.info/>.
2. Operational data. (Cited 15 Aug 2020) [Internet]. Available from: <https://xn--80aesfpebagmfbcl0a.xn--p1ai/>.
3. Lourenço J., Paton R., Ghafari M., Kraemer M., Thompson C., Simmonds P., Klennerman P., Gupta S. Fundamental principles of epidemic spread highlight the immediate need for large-scale serological surveys to assess the stage of the SARS-CoV-2 epidemic. 2020; medRxiv 2020.03.24.20042291. DOI: 10.1101/2020.03.24.20042291.
4. Gomes M.G.M., Corder R.M., King J.G., Langwig K.E., Souto-Maior C., Carneiro J., Gonçalves G., Penha-Gonçalves C., Ferreira M.U., Aguas R. Individual variation in susceptibility or exposure to SARS-CoV-2 lowers the herd immunity threshold. Version 3. medRxiv. 2020.04.27.20081893. DOI: 10.1101/2020.04.27.20081893.
5. Wu S.C. Progress and concept for COVID-19 vaccine development. *Biotechnol. J.* 2020; 15(6):1–3. DOI: 10.1002/bi-

ot.202000147.

6. Logunov D.Y., Dolzhikova I.V., Zubkova O.V., Tikhvatullin A.I., Shcheblyakov D.V., Dzharullaeva A.S., Grousova D.M., Erokhova A.S., Kovyrshina A.V., Botikov A.G., Izhaeva F.M., Popova O., Ozharovskaya T.A., Esmagambetov I.B., Favorskaya I.A., Zrelkin D.I., Voronina D.V., Shcherbinin D.N., Semikhin A.S., Simakova Y.V., Tokarskaya E.A., Lubenets N.L., Egorova D.A., Shmarov M.M., Nikitenko N.A., Morozova L.F., Smolyarchuk E.A., Kryukov E.V., Babira V.F., Borisevich S.V., Naroditsky B.S., Gintsburg A.L. Safety and immunogenicity of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine in two formulations: two open, non-randomised phase 1/2 studies from Russia. *Lancet*. 2020; September 4. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31866-3.

7. Robison 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.

8. Smirnov V.S., Totolian A.A. [Some opportunities for immunotherapy in coronavirus infection]. *Infektsiya i immunitet [Russian Journal of Infection and Immunity]*. 2020; 10(3):446–58. (In Russ.) DOI: 10.15789/2220-7619-SPO-1470.

9. WHO. Population-based age-stratified seroepidemiological investigation protocol for COVID-19 infection. WHO/2019-nCoV/Seroepidemiology/2020.2. (Cited 15 Aug 2020). [Internet]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-Seroepidemiology-2020.2>.

10. Newcombe R.G. Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods. *Stat. Med.* 1998; 17(8):857–72. DOI: 10.1002/(sici)1097-0258(19980430)17:8<857::aid-sim777>3.0.co;2-e.

11. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Melnikova A.A., Historian O.A., Mosevich O.S., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Cherny M.A., Balabashyva N.S., Loginova I.S., Vladimirova O.S., Samoglyadova I.S., Vasev N.A., Rumyantseva S.V., Chupalova E.Yu., Selivanova G.V., Muravyova 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., Kukushkin A.V., Arsenyeva 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., Totolyan A.A. 2020. Experience in assessing herd immunity to sars-cov-2 among the population of the Leningrad Region during the COVID-19 epidemic. 28 July 2020. COVID19-PREPRINTS.MICROBE.RU. [Internet]. DOI: 10.21055/preprints-3111753.

12. Walsh K.A., Jordan K., Clyne B., Rohde D., Drummond L., Byrne P., Ahern S., Carty P.G., O'Brien K.K., O'Murchu E., O'Neill M., Smith S.M., Ryan M., Harrington P. SARS-CoV-2 detection, viral load and infectivity over the course of an infection. *J. Infect.* 2020; 81(3):357–71. DOI: 10.1016/j.jinf.2020.06.067.

13. Okba N.M.A., Müller M.A., Li W., Wang C., GeurtsvanKessel C.H., Corman V.M., Lamers M.M., Sikkema R.S., de Bruin E., Chandler F.D., Yazdanpanah Y., Quentin Le Hingrat, Descamps D., Houhou-Fidouh N., Reusken C.B.E.M., Bosch B.-J., Drosten C., Koopmans M.P.G., Haagmans B.L. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2-Specific Antibody Responses in Coronavirus Disease Patients. *Emerg Infect Dis*. 2020; 26(7):1478–88. DOI: 10.3201/eid2607.200841.

14. 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., Gamblin 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. Preprint. DOI: 10.1101/2020.05.14.095414.

15. Chang D., Mo G., Yuan X., Tao Y., Peng X., Wang F.-S., Xie L., Sharma L., Dela Cruz C.S., Qin E. Time kinetics of viral clearance and resolution of symptoms in novel coronavirus infection. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2020; 201(9):1150–2. DOI: 10.1164/rccm.202003-0524LE.

16. Yaqinuddin A. Cross-immunity between respiratory coronaviruses may limit COVID-19 fatalities. *Med. Hypotheses*. 2020; 144:110049. DOI: 10.1016/j.mehy.2020.110049.

17. Yu X., Yang R. COVID-19 Transmission through asymptomatic carriers is a challenge to containment. *Influenza Other Respir. Viruses*. 2020; 14(4):474–5. DOI: 10.1111/irv.12743.

18. Devulapalli C.S. COVID-19 is milder in children possibly due to cross-immunity. *Acta Paediatr*. 2020; 00:1. DOI: 10.1111/apa.15407.

19. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Melnikova A.A., Bashketova N.S., Fridman R.K., Lyalina L.V., Smirnov V.S., Chkhinzharia 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., Milichkina A.M., Dedkov V.G., Totolyan A.A. 2020. Population immunity to the SARS-CoV-2 virus among the population of St. Petersburg in the active phase of COVID-19 epidemic. COVID19-PREPRINTS.MICROBE.RU. 28 July 2020. [Internet]. DOI: 10.21055/preprints-3111752.

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.

Balakhonov S.V., Chesnokova M.V., Dubrovina V.I., Trukhina A.G., Perezhogin A.N., Pyatidesyatnikova A.B., Bryukhova D.D., Kiseleva N.O., Gefan N.G., Gavrilova O.V. Irkutsk Research Anti-Plague Institute of Siberia and Far East. 78, Trilissera St., Irkutsk, 664047, Russian Federation. E-mail: adm@chumin.irkutsk.ru.

Lyalina L.V., Smirnov V.S., Lomonosova V.I., Totolyan A.A. Saint-Petersburg Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology. 14, Mira St., Saint-Petersburg, 197101, Russian Federation. E-mail: pasteur@pasteurorg.ru.

Gavrilova T.A. Rospotrebnadzor Administration in the Irkutsk Region. 8, Karla Marksa St., 664003, Irkutsk, Russian Federation. E-mail: epid@38.rospotrebnadzor.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.

Балахонов С.В., Чеснокова М.В., Дубровина В.И., Трухина А.Г., Пережогин А.Н., Пятидесятникова А.Б., Брюхова Д.Д., Киселева Н.О., Геван Н.Г., Гаврилова О.В. Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока. Российская Федерация, 664047, Иркутск, ул. Трилиссера, 78. E-mail: adm@chumin.irkutsk.ru.

Лялина Л.В., Смирнов В.С., Ломоносова В.И., 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.

Гаврилова Т.А. Управление Роспотребнадзора по Иркутской области. Российская Федерация, 664003, Иркутск, ул. Карла Маркса, 8. E-mail: epid@38.rospotrebnadzor.ru.