

ПОПУЛЯЦИОННЫЙ ИММУНИТЕТ К ВОЗБУДИТЕЛЮ ДИФТЕРИИ У НАСЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Попова А.Ю.¹, Смирнов В.С.², Егорова С.А.², Буц Л.В.², Миличкина А.М.², Иванов В.А.²,
Данилова Е.М.², Жимбаева О.Б.², Дробышевская В.Г.², Коцарь О.В.², Курганова О.П.³,
Пеньковская Н.А.⁴, Бабура Е.А.⁵, Поталицина Н.Е.⁶, Балахонов С.В.⁷, Садыкова Н.А.⁸,
Зайцева Н.Н.⁹, Бурдинская Е.Н.¹⁰, Натыкан Ю.А.¹⁰, Листопад С.А.⁴, Миронова Л.В.⁷,
Дубровина В.И.⁷, Полянина А.В.⁹, Кашникова А.Д.⁹, Дерябина О.И.¹¹, Сенина М.Д.⁸,
Лиханова Н.А.⁶, Усовик Н.Г.⁶, Беркович Н.А.¹², Молчанова Ж.Р.⁵, Кудряшова Е.А.¹³,
Сварваль А.В.², Сузаева Л.В.², Глазкова Е.С.², Курова Н.Н.², Тотолян Арег А.²

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

² ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

³ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Амурской
области, г. Благовещенск, Россия

⁴ Межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия
человека по Республике Крым и городу федерального значения Севастополю, г. Симферополь, Республика Крым, Россия

⁵ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
по Калининградской области, г. Калининград, Россия

⁶ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Иркутской
области, г. Иркутск, Россия

⁷ ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский противочумный институт Сибири
и Дальнего Востока» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека,
г. Иркутск, Россия

⁸ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
по Нижегородской области, г. Нижний Новгород, Россия

⁹ ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика
И.Н. Блохиной» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний
Новгород, Россия

¹⁰ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области», г. Благовещенск, Россия

¹¹ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Нижегородской области», г. Нижний Новгород, Россия

¹² ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе»,
г. Симферополь, Республика Крым, Россия

¹³ Министерство здравоохранения Калининградской области, г. Калининград, Россия

Резюме. Дифтерия – серьезная инфекция, нередко протекающая с выраженным токсическим компонентом, который может сопровождаться тяжелыми осложнениями со стороны сердечно-со-

Адрес для переписки:

Смирнов Вячеслав Сергеевич
ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский
институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека
197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, 14.
Тел.: 8 (911) 948-59-22.
E-mail: vssmi@mail.ru

Address for correspondence:

Vyacheslav S. Smirnov
Saint Petersburg Pasteur Institute
14 Mira St
St. Petersburg
197101 Russian Federation
Phone: +7 (911) 948-59-22.
E-mail: vssmi@mail.ru

Образец цитирования:

А.Ю. Попова, В.С. Смирнов, С.А. Егорова, Л.В. Буц,
А.М. Миличкина, В.А. Иванов, Е.М. Данилова, О.Б. Жимбаева,
В.Г. Дробышевская, О.В. Коцарь, О.П. Курганова,
Н.А. Пеньковская, Е.А. Бабура, Н.Е. Поталицина,
С.В. Балахонов, Н.А. Садыкова, Н.Н. Зайцева,
Е.Н. Бурдинская, Ю.А. Натыкан, С.А. Листопад,
Л.В. Миронова, В.И. Дубровина, А.В. Полянина,
А.Д. Кашникова, О.И. Дерябина, М.Д. Сенина, Н.А. Лиханова,
Н.Г. Усовик, Н.А. Беркович, Ж.Р. Молчанова, Е.А. Кудряшова,
А.В. Сварваль, Л.В. Сузаева, Е.С. Глазкова, Н.Н. Курова,
Арег А. Тотолян «Популяционный иммунитет к возбудителю
дифтерии у населения некоторых регионов Российской
Федерации» // Медицинская иммунология, 2026. Т. 28, № 2.
С. 423-444. doi: 10.15789/1563-0625-HIT-3403

© Попова А.Ю. и соавт., 2026

Эта статья распространяется по лицензии
Creative Commons Attribution 4.0

For citation:

A. Yu. Popova, V. S. Smirnov, S. A. Egorova, L. V. Buts,
A. M. Milichkina, V. A. Ivanov, E. M. Danilova, O. B. Zhimbaeva,
V. G. Drobyshevskaya, O. V. Kotsar, O. P. Kurganova,
N. A. Penkovskaya, E. A. Babura, N. E. Potalitsyna, S. V. Balakhonov,
N. A. Sadykova, N. N. Zaitseva, E. N. Burdinskaya, Yu. A. Natykan,
S. A. Listopad, L. V. Mironova, V. I. Dubrovina, A. V. Polyamina,
A. D. Kashnikova, O. I. Deryabina, M. D. Senina, N. A. Likhanova,
N. G. Usovik, N. A. Berkovich, Zh. R. Molchanova, E. A. Kudryashova,
A. V. Svarval, L. V. Suzhaeva, E. S. Glazkova, N. N. Kurova,
Areg A. Totolian "Herd immunity to diphtheria in the population
of several russian regions", Medical Immunology (Russia)/
Meditsinskaya Immunologiya, 2026, Vol. 28, no. 2, pp. 423-444.
doi: 10.15789/1563-0625-HIT-3403

© Popova A. Yu. et al., 2026

The article can be used under the Creative
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.15789/1563-0625-HIT-3403

судистой и нервной систем. Основным методом профилактики инфекции, в первую очередь детского населения, является иммунизация дифтерийным анатоксином, в ответ на введение которого формируется эффективный и продолжительный анитоксический иммунитет. Цель исследования — оценка популяционного иммунитета к возбудителю дифтерии среди населения Амурской, Иркутской, Нижегородской, Калининградской областей и Республики Крым. В когортном поперечном рандомизированном исследовании участвовало 18207 человек, равномерно стратифицированных по возрасту (1-5, 6-11, 12-17, 18-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, и 70+ лет), в том числе: 3576 в Амурской, 3657 — в Иркутской, 3580 — в Нижегородской, 3613 — в Калининградской областях и 3781 в Республике Крым. Все исследования проводили в строгом соответствии с требованиями Хельсинкской декларации. У обследуемых волонтеров определяли антитела класса IgG к токсину *C. diphtheriae* иммуноферментным методом с использованием тест-системы российского производства. Анализ результатов и их статистическая обработка проводились с использованием веб-приложения. Среднекогортные региональные уровни серопревалентности составили: Амурская область — 82,3% (95% ДИ: 81,0-83,5); Иркутская — 87,6% (95% ДИ: 87,6-88,9); Нижегородская — 86,5% (85,3-87,6); Калининградская — 74,2% (95% ДИ: 72,8-75,6), Республика Крым — 74,8% (95% ДИ: 73,4-76,1). В Калининградской области и Республике Крым среди лиц 60 лет и старше, а также в Амурской и Нижегородской областях среди лиц 70 лет и старше доля серопозитивных не достигает 60%. Большинство волонтеров содержали сывороточные IgG к дифтерийному токсину в концентрациях 0,1-1,0 МЕ/мл вне зависимости от возраста, региона, вида вакцины. Уровень популяционного иммунитета, регламентированный действующими в Российской Федерации документами — 95% у детей и 90% у взрослых, — практически не достигнут ни на одной территории, ни в одной возрастной группе (исключение составили дети 1-5 лет в Иркутской и Нижегородской областях). Во всех регионах наименее защищенной группой являлись лица старше 60 лет, среди которых доля серонегативных добровольцев достигала 30-45%.

Ключевые слова: дифтерия, анитоксический иммунитет, популяционный иммунитет, антитела, Амурская область, Иркутская область, Нижегородская область, Калининградская область, Республика Крым

HERD IMMUNITY TO DIPHTHERIA IN THE POPULATION OF SEVERAL RUSSIAN REGIONS

Popova A.Yu.^a, Smirnov V.S.^b, Egorova S.A.^b, Buts L.V.^b, Milichkina A.M.^b, Ivanov V.A.^b, Danilova E.M.^b, Zhimbaeva O.B.^b, Drobyshevskaya V.G.^b, Kotsar O.V.^b, Kurganova O.P.^c, Penkovskaya N.A.^d, Babura E.A.^e, Potalitsyna N.E.^f, Balakhonov S.V.^g, Sadykova N.A.^h, Zaitseva N.N.ⁱ, Burdinskaya E.N.^j, Natykan Yu.A.^j, Listopad S.A.^d, Mironova L.V.^g, Dubrovina V.I.^g, Polyanina A.V.ⁱ, Kashnikova A.D.ⁱ, Deryabina O.I.^k, Senina M.D.^h, Likhanova N.A.^l, Usovik N.G.^l, Berkovich N.A.^l, Molchanova Zh.R.^c, Kudryashova E.A.^m, Svarval A.V.^b, Suzhaeva L.V.^b, Glazkova E.S.^b, Kurova N.N.^b, Totolian Areg A.^b

^a Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russian Federation

^b Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

^c Amur Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Blagoveshchensk, Russian Federation

^d Interregional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing for the Republic of Crimea and the Federal City of Sevastopol, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation

^e Kaliningrad Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Kaliningrad, Russian Federation

^f Irkutsk Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Irkutsk, Russian Federation

^g Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East Awarded with Order of the Red Banner, Irkutsk, Russian Federation

^h Nizhny Novgorod Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Nizhny Novgorod, Russian Federation

ⁱ Nizhny Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after Academician I.N. Blokhina, Nizhny Novgorod, Russian Federation

^j Center for Hygiene and Epidemiology in the Amur Region, Blagoveshchensk, Russian Federation

^k Center for Hygiene and Epidemiology in the Nizhny Novgorod Region, Nizhny Novgorod, Russian Federation

^l Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Crimea and the Federal City of Sevastopol, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation

^m Ministry of Health of the Kaliningrad Region, Kaliningrad, Russian Federation

Abstract. Diphtheria is a serious infection, often characterized by a pronounced toxic component, which can be accompanied by severe complications of the cardiovascular and nervous systems. The primary method

of infection prevention is immunization (primarily in children) with diphtheria toxoid, which induces effective and long-lasting antitoxic immunity. Objective of the study: evaluation of collective immunity to the causative agent of diphtheria among the population of several regions (Amur, Irkutsk, Nizhny Novgorod, Kaliningrad) and the Republic of Crimea. The cross-sectional cohort randomized study involved 18,207 people uniformly stratified by age (1-5, 6-11, 12-17, 18-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69, 70+ years), including: 3,576 in Amur; 3,657 in Irkutsk; 3,580 in Nizhny Novgorod; 3,613 in Kaliningrad regions; and 3,781 in the Republic of Crimea. All studies were conducted in strict accordance with the requirements of the Declaration of Helsinki. Immunoglobulin G Abs to the *C. diphtheriae* toxin were determined in the examined volunteers by enzyme immunoassay using a Russian-made test system. Data analysis and statistical processing were carried out using a web application. The average cohort regional seroprevalence levels were: Amur Region – 82.3% (95% CI: 81.0-83.5); Irkutsk – 87.6% (95% CI: 87.6-88.9); Nizhny Novgorod – 86.5% (85.3-87.6); Kaliningrad – 74.2% (95% CI: 72.8-75.6); and the Republic of Crimea – 74.8% (95% CI: 73.4-76.1). In some cases, seropositivity did not reach 60%, namely: among individuals aged ≥ 60 in the Kaliningrad Region and the Republic of Crimea; and among individuals aged ≥ 70 in the Amur and Nizhny Novgorod Regions. Most volunteers had serum IgG Abs to diphtheria toxin at concentrations of 0.1-1.0 IU/mL, regardless of age, region, or vaccine type. The level of collective immunity mandated by current Russian documents (95% in children, 90% in adults) was practically not achieved in any region or age group (except children aged 1-5 years in the Irkutsk and Nizhny Novgorod Regions). In all regions, the least protected group were individuals aged 60 and older, among whom the seronegative value reached 30-45%.

Keywords: diphtheria, antitoxic immunity, population immunity, antibodies, Amur Region, Irkutsk Region, Nizhny Novgorod Region, Kaliningrad Region, Republic of Crimea

Исследование выполнено в рамках отраслевой научно-исследовательской работы (Рег. № ЕГИ-СУ НИОКТР 125070207835-8) ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера и профинансировано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Российской Федерации.

Введение

Согласно определению Большой медицинской энциклопедии, «дифтерия представляет собой острое заболевание с воздушно-капельным путем передачи, характеризующееся воспалительными процессами преимущественно в верхних и средних дыхательных путях, которое нередко сопровождается тяжелыми клиническими проявлениями и выраженной интоксикацией» [8]. Хотя приведенная цитата опубликована в 1977 г., она не потеряла своего значения до настоящего времени.

В допрививочный период единственным способом формирования антитоксического популяционного иммунитета населения был контакт с циркулирующими токсигенными штаммами (больной человек или носитель штамма в ротоглотке или на коже). Природный постинфекционный популяционный иммунитет характеризовался оптимальным защитным уровнем антитоксина в крови всех возрастных групп населения (от 0,01 до 0,1 МЕ/мл). Снижение оптимального уровня антитоксических Abs в

отдельных возрастных группах приводило к эпидемическому неблагополучию [18].

Несмотря на открытие Э. Берингом в 1891 г. противодифтерийной сыворотки, настоящая борьба с дифтерией началась в 1923 г., когда Г. Рамон предложил первую дифтерийную вакцину, основанную на дифтерийном токсоеде. Вакцинация анатоксином предотвращает развитие инфекции, но среди привитых даже при высоком уровне антитоксических Abs может сохраняться длительная колонизация ротоглотки и бессимптомное носительство токсигенных штаммов, особенно при наличии воспалительной патологии ротоглотки [18, 19, 36]. Основным фактором, позволяющим сохранить эпидемиологическое благополучие по дифтерии, предотвратить возникновение спорадических случаев заболевания и вспышек, а также снизить уровень носительства, является высокий уровень популяционного иммунитета к возбудителю дифтерии, который достигается в результате вакцинации [20, 31, 41]. В Европе начало вакцинации, в первую очередь детей, приходилось на 1929-1930 гг., в других странах вакцинация начата в 1940 г., в России массовая вакцинация началась в 1959 г. [2, 39].

В настоящее время дифтерия остается значительной проблемой здравоохранения в странах с низким охватом плановой вакцинацией, как это произошло в Нигерии, Венесуэле, Индонезии [21, 22, 27, 43]. Гуманитарный кризис в развивающихся странах привел к росту заболеваемости в Европе и других ранее благополучных

странах, где растет число случаев дифтерии среди лиц, ищущих убежища, и мигрантов, которые не имеют достаточной защищенности от дифтерии из-за отсутствия вакцинации [26, 29, 36].

До введения массовой вакцинации заболеваемость достигала в России показателя 150-170 на 100 тыс. населения в год, а летальность — 70-80%. В СССР массовая иммунизация детей вакциной («АКДС», «АДС»), включающей дифтерийный анатоксин, началась в 1956 г. и привела к снижению заболеваемости в десятки раз. До середины 70-х гг. спорадические случаи дифтерии регистрировались в сельской местности, где нарушались графики и полнота охвата прививками. Массовая вакцинация детей изменила возрастную структуру популяционного противодифтерийного иммунитета, наиболее восприимчивой группой населения стали взрослые, которые имели невысокий по сравнению с детьми и подростками защитный уровень анитоксического иммунитета [18]. Рост заболеваемости дифтерией среди взрослого населения страны начал регистрироваться в конце 80-х — начале 90-х гг. В дальнейшем период распада СССР и формирования новых независимых государств в 90-е гг. XX в. сопровождался миграцией населения с низким уровнем иммунной прослойки в центральные области страны, что в условиях ухудшения системы эпидемиологического надзора привело к еще большему росту заболеваемости дифтерией [6, 14, 18, 28]. Эпидемия дифтерии (1994-1998 гг.) охватила в основном взрослое население страны, в 1994 г. заболеваемость достигла самых высоких показателей (около 40 тыс. заболевших и свыше тысячи летальных исходов). Добиться прекращения эпидемического процесса в Российской Федерации позволила массовая иммунизация всего населения. Прививками было охвачено 92,5-96% детей, привито 81,5 млн взрослых [5, 6, 18]. С 2003 г. заболеваемость дифтерией и носительство токсигенных коринебактерий находится на стабильно низком уровне, показатель заболеваемости колебался от 0,001 до 0,003 на 100 тыс. населения, носительства токсигенных коринебактерий — от 0,001 до 0,008, вспышки заболевания не возникали. В 2023 и 2024 гг. случаев заболевания и бактерионосительства токсигенных штаммов не зарегистрировано [5, 9].

Основной задачей профилактики дифтерии является поддержание уровня охвата вакцинацией не менее 95% населения страны, а также своевременность проведения вакцинации и первой ревакцинации против дифтерии, формирующих грунт-иммунитет. В 2024 г. своевременно первый вакцинальный комплекс, состоящий из трех

прививок, в возрасте 12 месяцев получили 96,8% детей, что выше регламентированного показателя охвата своевременной вакцинацией — не менее 95%. Охват своевременной ревакцинацией против дифтерии детей в возрасте 24 месяцев в целом по стране составил 96,4% [9]. Вакцинация проводится согласно национальному календарю профилактических прививок [13] с использованием поливалентных вакцин, таких как коклюшно-дифтерийно-столбнячная («АКДС», «Адасель», «Инфанрикс»), дифтерийно-столбнячная («АДС», «АДС-М»), вакцина против полиомиелита, дифтерии, коклюша, столбняка («Тетраксим») и полиомиелита, дифтерии, коклюша, столбняка и гемофильной инфекции («Пентаксим»). Важнейшим свойством применяемых вакцин (при соблюдении графика вакцинации и ревакцинаций) является обеспечение стойкого анитоксического иммунитета, не защищающего от носительства, но предотвращающего возникновение заболевания. Нарушение графика вакцинации может привести к возникновению заболевания дифтерией, пусть даже в более доброкачественной и легкой форме [31, 39].

В РФ ежегодно проводится серологический мониторинг состояния анитоксического иммунитета к дифтерии в индикаторных группах: дети 3-4 и 16-17 лет (привитые против дифтерии), взрослые 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60 лет и старше (вне зависимости от вакцинации) [10]. В то же время малая численность групп, ограниченность выборки конкретными медицинскими учреждениями и обязательным условием вакцинированности (детские группы) не позволяют экстраполировать полученные результаты на все население страны.

Целью нашего исследования была оценка состояния популяционного иммунитета к токсину возбудителя дифтерии у населения пяти субъектов РФ — Амурской, Иркутской, Нижегородской, Калининградской областей и Республики Крым. Как и на других территориях РФ, в перечисленных субъектах заболевания дифтерией не регистрировались в течение последних 15-20 лет.

Материалы и методы

Характеристика обследованной выборки волонтеров

Исследование по оценке популяционного иммунитета к токсину возбудителя дифтерии проводили в рамках сероэпидемиологических исследований по оценке популяционного иммунитета к вакциноуправляемым и другим актуальным инфекциям согласно поручению руководителя Федеральной службы по надзору в сфере защиты

прав потребителей и благополучия человека от 03.02.2025 № 02/1760-2025-25 в Амурской, Иркутской, Нижегородской, Калининградской областях и в Республике Крым (далее обозначен как Крым). План исследования одобрен локальным этическим комитетом ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера (№ 694 протокола 86, дата утверждения 17.08.2023).

Случайный отбор добровольцев (волонтеров) проводили методом онлайн-анкетирования всех желающих с использованием веб-приложения «Аналитическая база данных популяционных иммунологических исследований социально-значимых инфекций (ImMon-PS)» (свидетельство о гос. регистрации базы данных № 2022622274 от 19.09.2022), которое обеспечивало репрезентативность на стадии регистрации волонтеров путем рандомизации и регулирования объема выборки в возрастных группах. В исследование не включали лиц с активной формой инфекционных заболеваний [11, 35]. Перед началом исследования все участники или их юридические представители были ознакомлены с целью, методикой исследования и подписали информированное согласие.

В период с апреля по май 2025 г. в каждом из пяти регионов сформированы когорты волонтеров численностью от 3580 до 3781 человек, общая численность волонтеров составила 18427 человек. Волонтеры были стратифицированы на 9 возраст-

ных групп: 1-5, 6-11, 12-17, 18-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 и 70 лет и старше. В процентном соотношении региональные выборки составили: Амурская область – 19,6% (95% ДИ: 19,1-20,2); Иркутская – 20,2% (96% ДИ: 19,6-20,8); Нижегородская – 19,7% (95% ДИ: 19,1-20,2); Калининградская – 19,8% (95% ДИ: 19,3-20,4), Республика Крым – 20,7% (95% ДИ: 20,1-21,3). При статистической обработке приведенных показателей значимых статистических различий не выявлено. Аналогичный вывод можно сделать и при оценке распределения волонтеров по возрастным интервалам (табл. 1).

В когортах были выделены семь основных групп по сферам деятельности (табл. 2).

Наиболее активно в проведенном исследовании участвовали школьники, пенсионеры и работники здравоохранения – наиболее организованная часть населения. Наименее представлены студенты и работники образования. Около 30% волонтеров вследствие малого представительства были объединены в одну группу, которую назвали как «Прочие».

Методы исследования

Все волонтеры заполняли анкету, в которой указывали необходимую персональную информацию, сведения о наличии хронических заболеваний, перенесенных вакциноуправляемых инфекциях (включая дифтерию), вакцинациях и ревакцинациях от дифтерии с указанием дат и

ТАБЛИЦА 1. ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ОБСЛЕДОВАННЫХ ВОЛОНТЕРОВ

TABLE 1. AGE STRUCTURE OF THE VOLUNTEERS SURVEYED

Возрастная группа, лет Age group, years	Всего Total		Области / Regions								Республика Крым Republic of Crimea	
			Амурская Amur		Иркутская Irkutsk		Нижегородская Nizhny Novgorod		Калининградская Kaliningrad			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1-5	1823	10,0	385	10,8	322	8,8	366	10,2	354	9,8	396	10,5
6-11	2185	12,0	416	11,6	434	11,9	471	13,2	396	11,0	468	12,4
12-17	2138	11,7	390	10,9	408	11,2	450	12,6	376	10,4	514	13,6
18-29	1976	10,9	385	10,8	390	10,7	418	11,7	401	11,1	382	10,1
30-39	2035	11,2	396	11,1	412	11,3	408	11,4	400	11,1	419	11,1
40-49	2137	11,7	436	12,2	435	11,9	408	11,4	436	12,1	422	11,2
50-59	2028	11,1	420	11,7	430	11,8	382	10,7	386	10,7	410	10,8
60-69	2023	11,1	382	10,7	424	11,6	385	10,8	444	12,3	388	10,3
70+	1862	10,2	366	10,2	402	11,0	292	8,2	420	11,6	382	10,1
Итого / Total	18207	100,0	3576	100,0	3657	100,0	3580	100,0	3613	100,0	3781	100,0

Примечание. n – численность волонтеров, человек; % – доля волонтеров.

Note. n is the number of volunteers; percentage is the proportion of volunteers.

ТАБЛИЦА 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЛОНТЕРОВ ПО ОСНОВНЫМ СФЕРАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

TABLE 2. DISTRIBUTION OF VOLUNTEERS BY MAIN AREAS OF ACTIVITY

Сфера деятельности Area of activity	Всего Total		Области / Regions									
			Амурская Amur		Иркутская Irkutsk		Нижегородская Nizhny Novgorod		Калининградская Kaliningrad		Республика Крым Republic of Crimea	
	п	%	п	%	п	%	п	%	п	%	п	%
Медицина Medicine	3006	16,5	406	11,4	770	21,1	691	19,3	498	13,8	641	17,0
Образование Education	1150	6,3	200	5,6	246	6,7	180	5,0	195	5,4	329	8,7
Дошкольник Preschooler	2056	11,3	419	11,7	328	9,0	453	12,7	399	11,0	457	12,1
Школьник Schoolboy	3092	17,0	606	16,9	575	15,7	634	17,7	601	16,6	676	17,9
Студент Student	468	2,6	118	3,3	80	2,2	89	2,5	79	2,2	102	2,7
Пенсионер Retiree	3019	16,6	661	18,5	643	17,6	510	14,2	599	16,6	606	16,0
Прочие Others	5416	29,7	1166	32,6	1015	27,8	1023	28,6	1242	34,4	970	25,7
Итого / Total	18207	100,0	3576	100,0	3657	100,0	3580	100,0	3613	100,0	3781	100,0

Примечание. См. примечание к таблице 1.

Note. As for Table 1.

названия вакцины. По возможности информацию подтверждали медицинской документацией (прививочный сертификат, медицинская карта, справка о вакцинации и др.).

Материалом для исследования служили пробы венозной крови, отобранные в вакуумные пробирки с К₃ЭДТА. После центрифугирования плазму отделяли от клеточных элементов и хранили до исследования при +4 °С. Наличие и уровень IgG (МЕ/мл) к дифтерийному токсину определяли методом ИФА с использованием набора реагентов для иммуоферментного количественного анализа Abs человека класса IgG к дифтерийному анатоксину «Анти-ДАТ PS» (ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера). Согласно рекомендациям ВОЗ, при использовании метода ИФА для оценки уровня Abs к дифтерийному токсину за точку отсчета принимали концентрацию 0,1 МЕ/мл [42]. Расценивали уровень 0,1-1,0 МЕ/мл как базовый защитный уровень, 1,0-1,5 МЕ/мл – высокий защитный уровень > 1,5 МЕ/мл – высокий защитный уровень, обеспечивающий длительную защиту.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием методов вариационной статистики с помощью статисти-

ческого пакета Excel 2011, при необходимости использовали другие пакеты медицинской статистики [7]. Статистическую обработку долей проводили по методу А. Wald и J. Wolfowitz [38], в модификации А. Agresti и В.А. Coull [23]. Расчет статистической значимости различий долей проводили с помощью z-теста [3]. Для оценки достоверности различий сравниваемых показателей использовали уровень вероятности не ниже $p = 0,05$, если не указано иначе.

Результаты

На пяти обследованных территориях РФ средневозрастной показатель серопревалентности к дифтерийному токсину был минимальным в Калининградской области и Республике Крым – 74,2% (95% ДИ: 72,8-75,6) и 74,8% (95% ДИ: 73,4-76,1), максимальным в Иркутской и Нижегородской областях – 87,6% (95% ДИ: 86,5-88,6) и 86,5% (95% ДИ: 85,3-87,6), в Амурской области составил 82,3% (95% ДИ: 81,0-83,5).

При оценке серопревалентности волонтеров в разных возрастных группах территориальные особенности сохранялись (рис. 1). В целом максимальная серопревалентность отмечена у детей 1-5 лет (86,4-95,1%), в группе 6-11 лет этот по-

казатель незначительно снижался и оставался стабильным до 59 лет (77,3-92%). Неожиданным в наших исследованиях было статистически значимое снижение серопозитивности волонтеров в возрасте 60 лет и старше относительно средних значений по когорте в целом ($p < 0,05$). В Республике Крым и Калининградской области серонегативными оказались около половины волонтеров 60 лет и старше, в Амурской и Нижегородской области – 35-40%, в Иркутской области – около 30%. Аналогичное возрастное снижение специфического иммунитета к дифтерии у лиц старше 60 лет выявлено нами при исследовании жителей Херсонской области [12].

При оценке серопозитивности волонтеров различных сфер деятельности минимальные показатели на всех территориях ожидаемо отмечены в группе пенсионеров (52,8-75,1%; $p < 0,05$), которые по определению в массе своей относятся к лицам пожилого и старческого возраста (рис. 2). Максимальная доля серопозитивных лиц приходилась на детские группы (дошкольники и школьники) и студентов. Серопревалентность медицинских работников и работников образования (лиц, наиболее контактирующих с детьми) не отличалась от других групп (кроме пенсионеров).

В ходе исследования сравнили уровни Abs к дифтерийному токсину (рис. 3). Во всех регионах отмечена относительно одинаковая ситуация в распределении волонтеров с различными уровнями Abs: около половины волонтеров на каждой территории имели уровни Abs 0,1-1,0 МЕ/мл, которые расцениваются как базовый защитный уровень: от 49,9% (95% ДИ: 48,3-51,6) в Нижегородской области до 57,4% (95% ДИ: 55,7-59,0) в Амурской области. Самая высокая доля волонтеров с высокими уровнями Abs (1,01-1,5 МЕ/мл и $> 1,5$ МЕ/мл), которые обеспечивают стойкую и длительную невосприимчивость к дифтерии, отмечена в Нижегородской и Иркутской областях – 36,6% и 33,1% волонтеров соответственно, в других регионах доля таких волонтеров не превышала 25%.

Анализ распределения уровней Abs в возрастных группах подтвердил суммарные результаты: лица со средними уровнями Abs (0,1-1,0 МЕ/мл) преобладали во всех возрастных группах, кроме детей 1-5 лет, у которых также высока доля лиц с высокими уровнями (рис. 4). Доля лиц с высокими и очень высокими уровнями Abs была максимальна у детей 1-5 лет (45,1%; 95% ДИ: 42,8-47,4), у взрослых с 18 до 59 лет доля «высокоуровневых» волонтеров была примерно одинакова и состав-

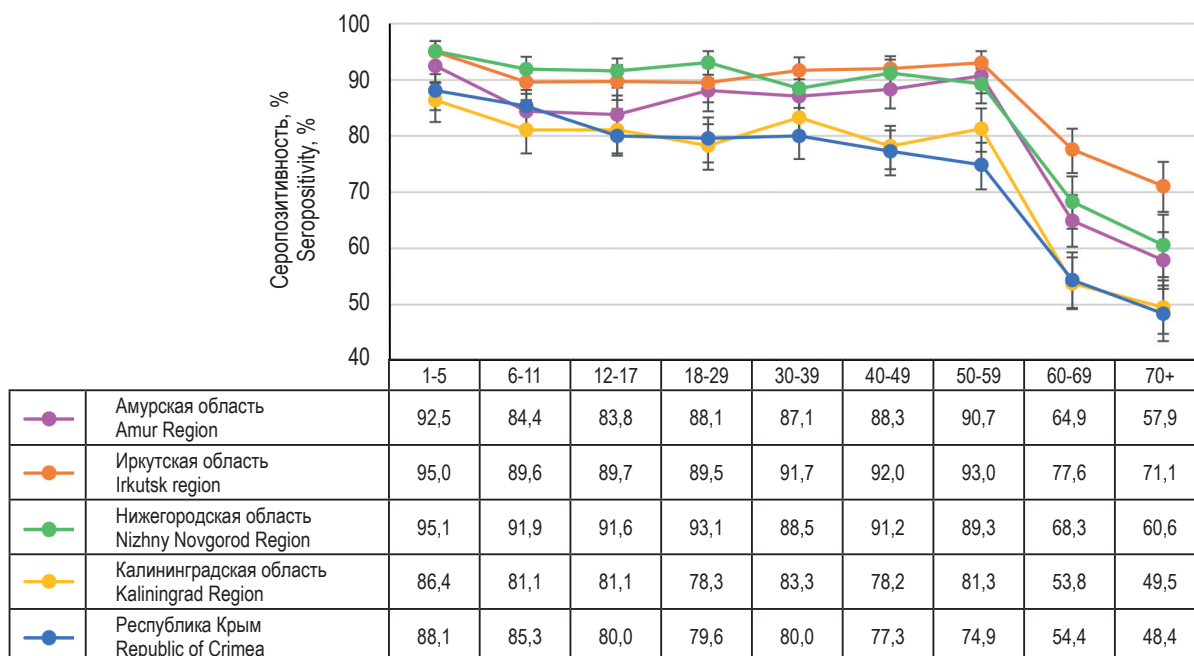


Рисунок 1. Серопревалентность к дифтерийному токсину волонтеров разных возрастных групп обследованных территорий

Примечание. По оси абсцисс – возрастные интервалы; вертикальные черные линии – доверительные интервалы.

Figure 1. Diphtheria toxin seroprevalence among volunteers of different age groups in the surveyed areas

Note. Age intervals are on the abscissa; the vertical black lines are confidence intervals.

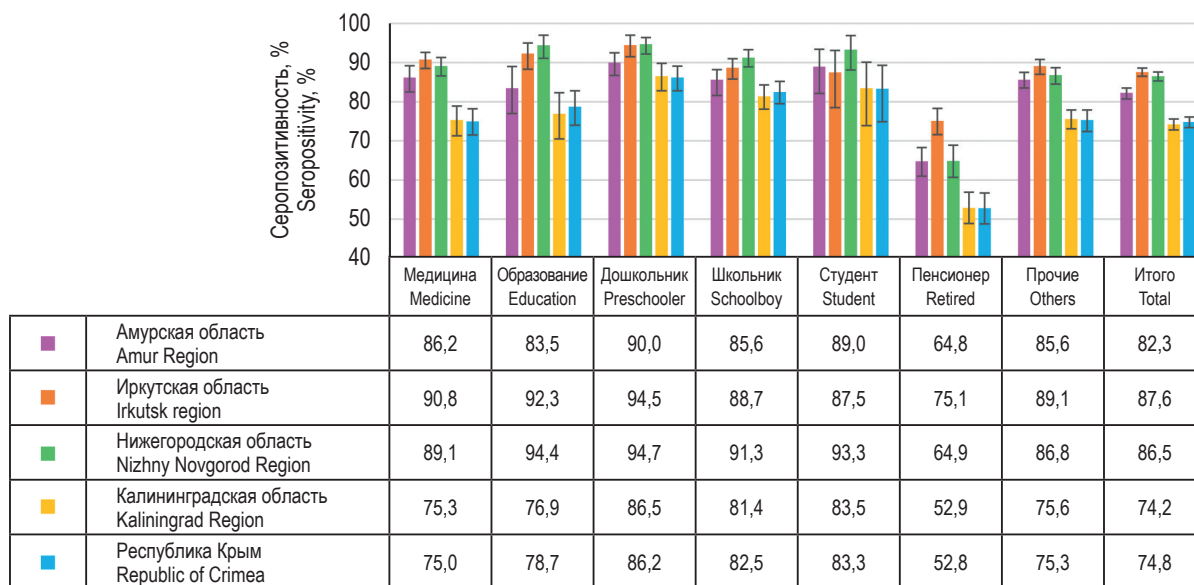


Рисунок 2. Серопревалентность к дифтерийному токсину волонтеров разных сфер деятельности

Примечание. Вертикальные черные линии – доверительные интервалы.

Figure 2. Diphtheria toxin seroprevalence in volunteers from different fields of activity

Note. Vertical black lines are confidence intervals.

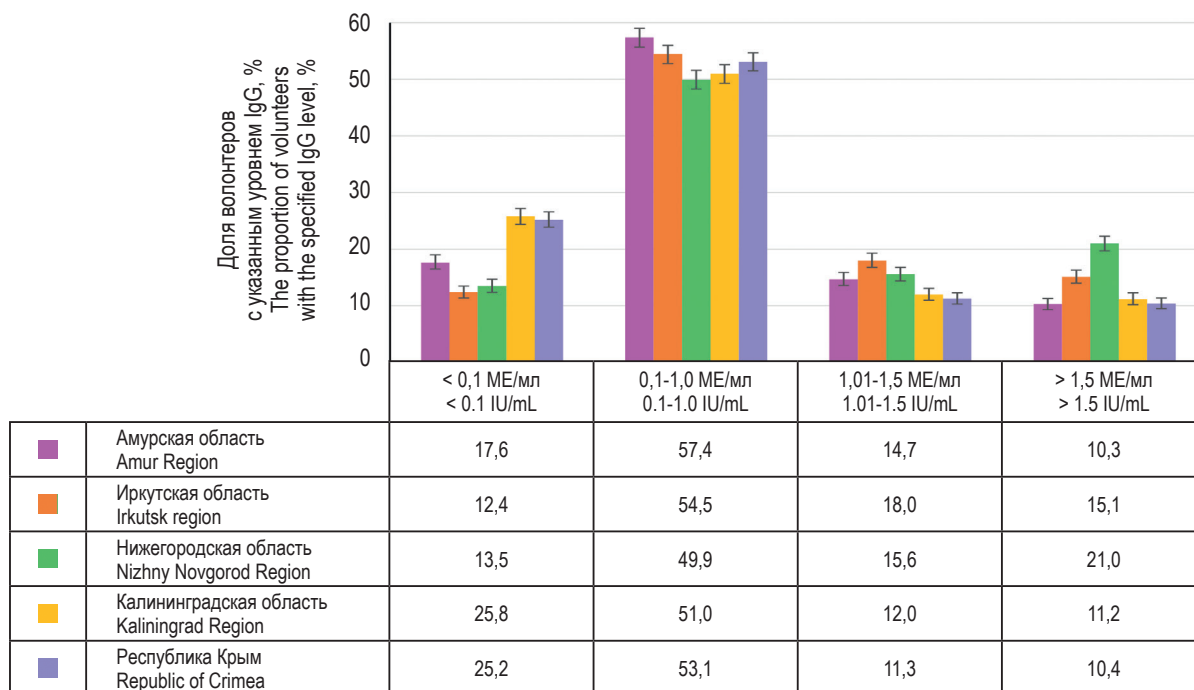


Рисунок 3. Уровни Abs к дифтерийному токсину у волонтеров

Примечание. См. примечание к рисунку 2.

Figure 3. Anti-diphtheria-toxin Ab levels in volunteers

Note. As for Figure 2.

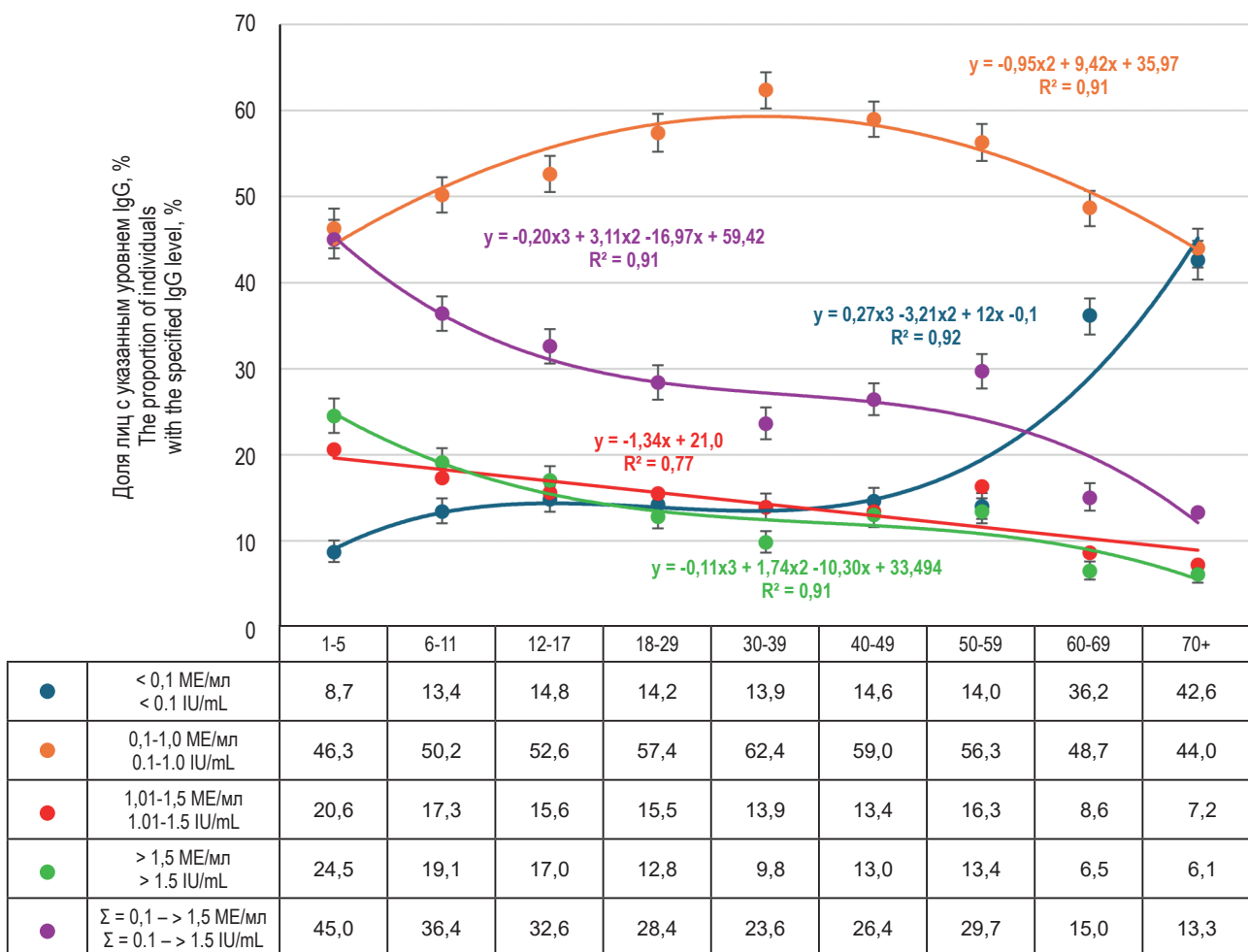


Рисунок 4. Уровни IgG к дифтерийному токсину у волонтеров разных возрастных групп (объединенные данные по пяти территориям)

Примечание. Линии трендов, уравнения регрессии, коэффициенты детерминации (R^2) окрашены в цвета соответствующих уровней; вертикальные черные линии – 95% доверительные интервалы; по оси абсцисс приведены возрастные интервалы, лет.

Figure 4. IgG levels (anti-diphtheria-toxin Abs) in volunteers of different age groups (pooled data for five regions)

Note. Trend lines, regression equations, and determination coefficients (R^2) are colored according to the corresponding levels; vertical black lines represent 95% confidence intervals; the abscissa shows age intervals (in years).

ляла около 30%, а у лиц 60 лет и старше была минимальна (13-15%). Тем не менее статистически значимая прямая высокая корреляционная связь (коэффициент корреляции Спирмена $\rho = 0,750$; $p < 0,05$) выявлена только в отношении серонегативных лиц (< 0,1 МЕ/мл). Описанные результаты полностью согласуются с данными, полученными нами в ходе аналогичного исследования в Херсонской области в 2024 г. [12].

В ходе исследования изучили различные аспекты вакцинации населения против дифтерии – охват вакцинацией, структуру использованных вакцин, серопревалентность волонтеров в зависимости от вида вакцин. Информацию о факте вакцинации получали из анкет волонте-

ров – уверенно о вакцинации смогли сказать 15743 волонтера (вне зависимости от подтверждения медицинской документацией), об использованных вакцинах – из медицинской документации, которую смогли предоставить 4730 человек.

На всех территориях охват вакцинацией в возрастных группах от 1 до 59 лет превышал 90% и практически достигал регламентированного уровня в 95% (за некоторым исключением в Республике Крым и Амурской области). У лиц 60 лет и старше практически на всех территориях (кроме Иркутской области) отмечено снижение охвата вакцинацией ниже 95% (рис. 5). В то же время приходится отметить тот факт, что предоставленная информация позволяет сделать вывод

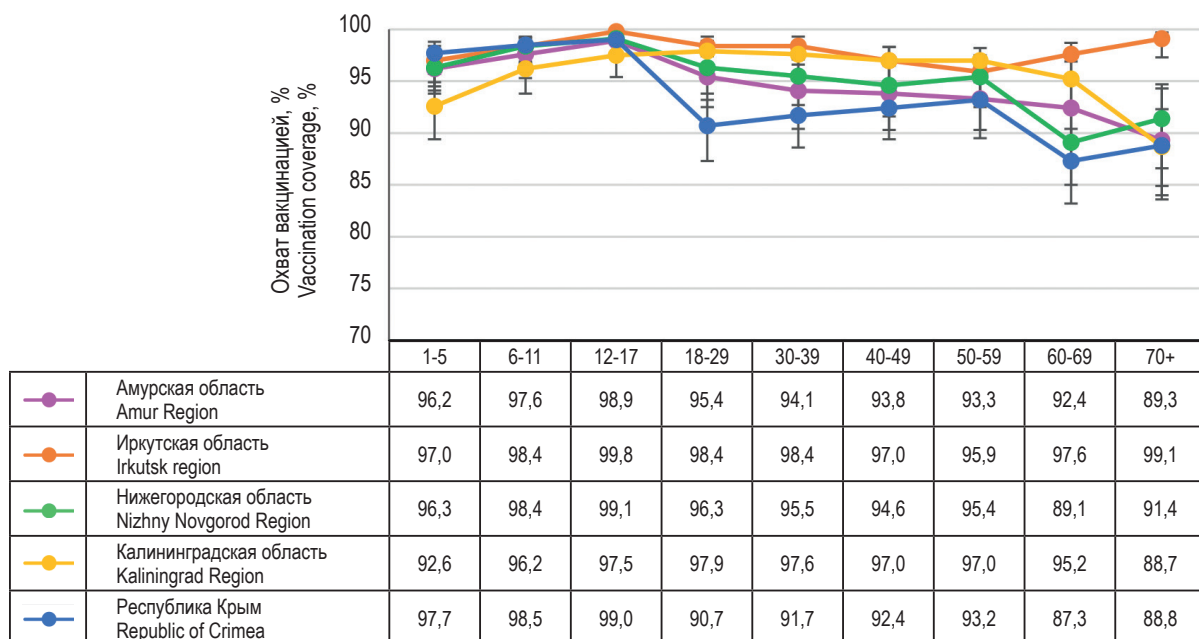


Рисунок 5. Охват вакцинацией волонтеров различных возрастных групп

Примечание. См. примечание к рисунку 1.

Figure 5. Vaccination coverage of volunteers in different age groups

Note. As for Figure 1.

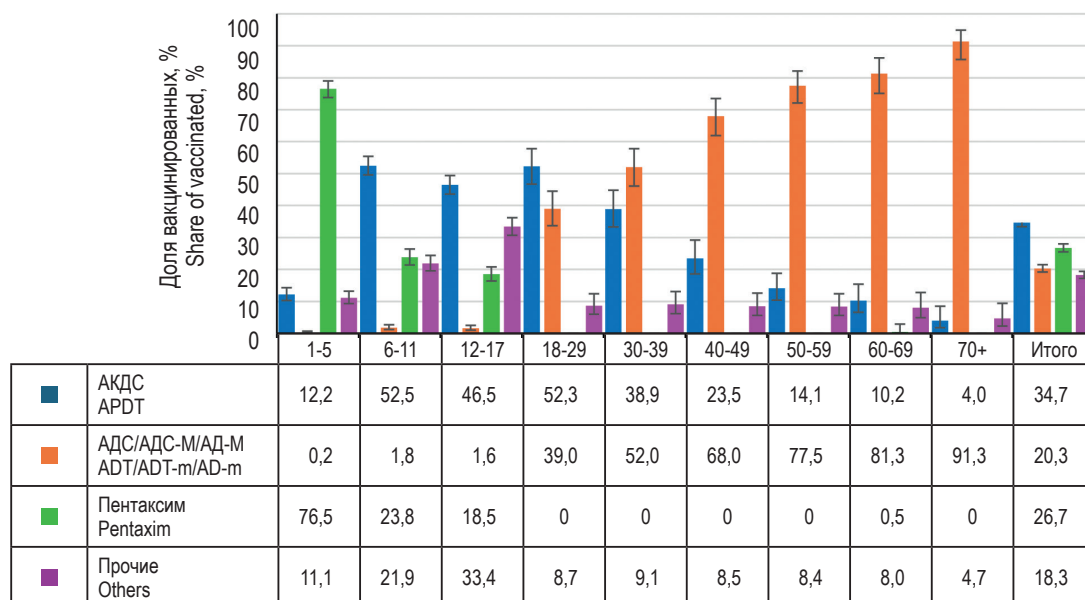


Рисунок 6. Основные вакцины, использованные для профилактики дифтерии у населения обследованных областей

Примечание. Вертикальные черные линии – 95% доверительные интервалы. Легенда: наименования примененных вакцин (левая колонка).

Figure 6. Main vaccines used to prevent diphtheria in the population of the surveyed regions

Note. Vertical black lines represent 95% confidence intervals. Legend: names of the vaccines used (left column).

о реальном охвате своевременной ревакцинацией только в отношении детей. Информация, предоставленная взрослыми, включала как информацию о вакцинации/ревакцинации в детстве, так и последующие ревакцинации. Поэтому в отношении взрослых можно говорить только о том, что «вакцинированные» волонтеры были полностью вакцинированы хотя бы раз в течение жизни, без учета своевременности ревакцинации в возрастной группе.

Предоставили подтверждающую медицинскую документацию с указанием названия вакцины только 4730 человек (25,9% от общей когорты волонтеров). Прежде всего, сертификаты о прививках предоставляли родители детей (70,1% человек от 1 до 17 лет), для взрослых представленность медицинской информации была значительно ниже и снижалась от 6,6% у 18-29 лет до 3,1% у лиц 70 лет и старше. Учитывая, что вакцинация/ревакцинации против дифтерии проводится многократно в течение жизни волонтера, при этом в истории вакцинации одного волонтера могут использоваться различные вакцины, при анализе учитывали последнюю использованную вакцину.

В обследованных регионах вакцинопрофилактика дифтерии осуществляется множеством поливалентных вакцин, среди которых «АКДС», «АДС», «АДС-М», «АД-М», «Инфанрикс», «Инфанрикс-Гекса», «Пентаксим», «Бубокок», «Тетраксим» и «Эупента». Анализ данных медицин-

ской документации показал, что для вакцинации более 80% декретированных лиц во всех регионах использовали три вакцины («АКДС», «Пентаксим» и «АДС/АДС-М/АД-М»), доля остальных вакцин варьировала от 0,02 до 4,0%. Доли малоиспользуемых вакцин сложились с долей случаев, когда в сертификате был указан срок вакцинации, но не название вакцины, обозначив эту группу как «Прочие» (рис. 6).

Если оценивать суммарные данные без учета возраста, то наиболее часто применялись три-вакцина «АКДС» (адсорбированная коклюшно-дифтерийно-столбнячная) – 34,7% (95% ДИ: 33,4-36,1) и пентавакцина «Пентаксим» (комбинированная вакцина против дифтерии, столбняка, коклюша, полиомиелита и гемофильной инфекции типа b) – 26,7% (95% ДИ: 25,5-28,0). На третьем месте – различные варианты адсорбированной дифтерийной вакцины, из которой исключен коклюшный компонент («АДС-М», «АДС») и столбнячный компонент («АД-М») – 20,3% (95% ДИ: 19,2-21,5). Прочие вакцины составили 18,3% (95% ДИ: 17,2-19,4).

В то же время, частота использования тех или иных вакцин значительно отличалась в возрастных группах. Так, «Пентаксимом» прививали исключительно детей, причем преимущественно 1-5 лет, у 76,4% (95% ДИ: 73,7-79) которых в сертификатах указана эта вакцина для вакцинации и первой ревакцинации; лишь 12,2% (95% ДИ: 10,3-14,4) детей этого возраста привиты вакци-

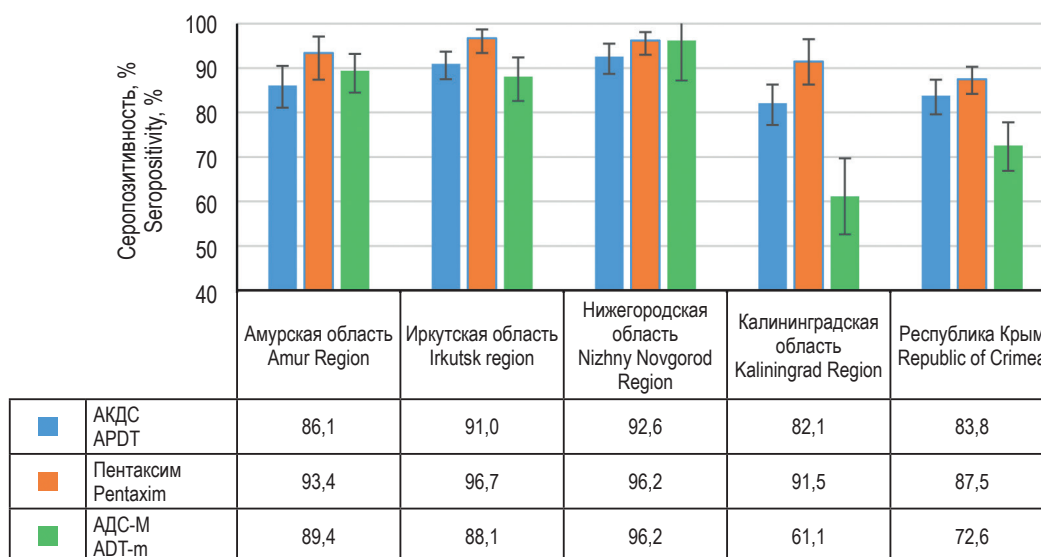


Рисунок 7. Сравнительная серопозитивность волонтеров при вакцинации тремя вакцинами против дифтерии
Примечание. См. примечание к рисунку 2.

Figure 7. Comparative seropositivity of volunteers vaccinated with three diphtheria vaccines
Note. As for Figure 2.

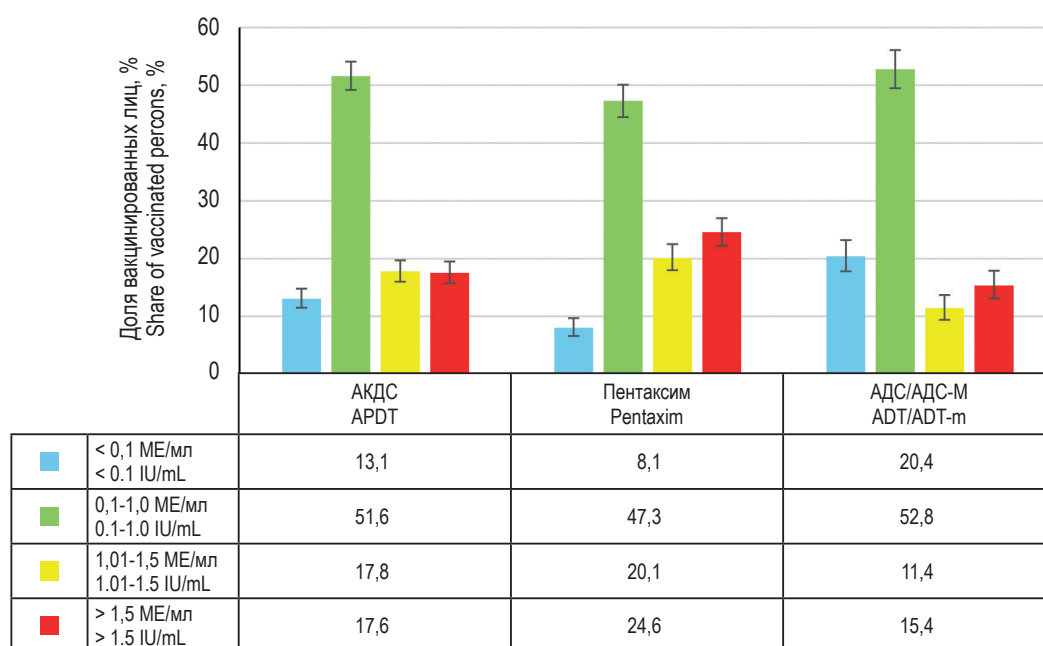


Рисунок 8. Уровни IgG к дифтерийному токсину у волонтеров, вакцинированных различными вакцинами
Примечание. См. примечание к рисунку 2.

Figure 8. IgG levels (anti-diphtheria-toxin Abs) in volunteers vaccinated with various vaccines
Note. As for Figure 2.

ной «АКДС». Среди детей более старшего возраста около 50% привиты вакциной «АКДС», а доля Пентаксима значительно ниже (18-23,8%). В сертификатах взрослых молодого возраста с 18 до 39 лет примерно равнозначно указаны «АКДС» и варианты этой вакцины без коклюшного и столбнячного компонента. В сертификатах взрослых 40 лет и старше преимущественно указаны варианты адсорбированной дифтерийной вакцины «АДС-М», «АДС» или «АД-М». Описанные возрастные особенности при использовании вакцин отмечены во всех обследованных регионах.

Сравнили серопревалентность вакцинированных волонтеров к дифтерийному токсину в зависимости от использованной вакцины (рис. 7). В Амурской, Иркутской и Нижегородской областях статистически значимых различий в серопозитивности волонтеров для различных вакцин не выявлено (86,1-96,7%); в Калининградской области и Республике Крым доля серопозитивных лиц после применения вакцины «АДС-М» (61,1% и 72,6%) оказалась статистически значимо ниже, чем после «АКДС» (82,1% и 83,8%) и «Пентаксима» (91,5% и 87,5%).

Вне зависимости от вида использованной вакцины среди вакцинированных волонтеров преобладали лица с уровнями Abs 0,1-1,0 МЕ/мл (47,3-55,8%) (различия статистически не значимы) (рис. 8). Наибольшая доля волонтеров с максимальными уровнями Abs (> 1,5 МЕ/мл), обеспечивающими стойкий длительный иммунитет к возбудителю дифтерии, отмечена после вакцинации «Пентаксимом» (24,6%; 95% ДИ: 22,2-27). Следует отметить, что эта вакцина использовалась с 2008 г. в РФ исключительно для детей, то есть срок с момента проведения вакцинации составил от 1,5 до 15 лет, что могло повлиять на выявление высокого уровня Abs в этих подгруппах.

Обсуждение

Высокий уровень популяционного иммунитета к ВУИ, в том числе и дифтерии, является важнейшим фактором защиты населения от их эпидемического распространения. Уровень популяционного иммунитета, достаточный для сохранения эпидемиологического благополучия в отношении инфекции, в том числе зависит от базового репродуктивного числа R_0 , характерного для возбудителя. По данным R. Matsuyama и

соавт., R_0 для дифтерии, полученный при обследовании населения лагеря беженцев рохинджа в Бангладеш, составил $\approx 5-7,0$ [33]. Приведенные данные являются, безусловно, ориентировочными, поскольку R_0 в полной мере отражает восприимчивость наивного населения и представляет собой константную единицу [24]. Ситуация, описанная в Бангладеш, относится скорее к эффективному репродуктивному числу (R_e), который зависит от активности вакцинопрофилактики дифтерии, плотности населения в конкретном месте, организации лечения больных и др. [31]. В этих условиях иммунорезистентность повышается, следовательно, скорость передачи инфекции снижается. С учетом данного фактора, более вероятно значение $R_e \approx 1,7-4,3$ [37]. Исходя из приведенных значений на основании широко известного уравнения: $R_e = 1 - (1/R)$ пороговый уровень популяционного иммунитета к дифтерии составляет 60–75% [33, 40]. Другие авторы оценили R_0 дифтерии как 4–5, тогда пороговый уровень популяционного иммунитета должен составлять 75–80% [27, 34]. В то же время, в соответствии с рекомендациями ВОЗ для эффективного контроля за дифтерией, не менее 90% детей и 75% взрослых должны быть иммунными к этой инфекции [25].

Как справедливо указывают А. Lamichhane и S. Radhakrishnan, факторы, снижающие популяционный иммунитет, такие как недостаточная или неполная вакцинация, иммунодефицитные состояния, низкий уровень медицинского обеспечения и социально-экономический статус, способствуют распространению дифтерии [31].

В Российской Федерации мониторинг состояния иммунитета населения к дифтерии регламентируется СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» [15]. Серомониторинг проводится в индикаторных группах населения, достаточным считается уровень иммунитета (доля серопозитивных лиц) в обследованных детских группах — 95%, у взрослых — 90% [10, 20].

Сравнение результатов исследований иммунитета к дифтерийному токсину осложняется существованием различных методов оценки и критериев интерпретации. В реакции нейтрализации в культуре клеток Vero («золотой стандарт») ВОЗ установила оптимальный защитный диапазон концентрации антитоксических IgG как 0,01–0,1 МЕ/мл, поскольку при таком уровне Abs формируется «базовая клиническая» защита от заболевания, которая подтверждается отрицательной реакцией Шика (при 0,01 МЕ/мл). Уровень 0,1–1 МЕ/мл расценивается как полная

защита от заболевания, 1,0 МЕ/мл и выше — стойкая длительная защита от дифтерии [18, 42].

В большинстве исследований, проводимых в РФ, включая официальный серомониторинг в индикаторных группах, используется реакция прямой гемагглютинации (РПГА), при которой результат оценивается в титрах сыворотки, что не позволяет точно определить количество антитоксических Abs [1, 5, 16, 17].

В случае использования для оценки уровня антитоксических Abs метода ИФА ВОЗ рекомендует принимать за точку отсчета концентрацию 0,1 МЕ/мл и считать иммунными лиц, у которых IgG находятся на уровне 0,1 МЕ/мл и выше [42]. В нашем исследовании мы использовали метод ИФА и руководствовались этим критерием: волонтеров, у которых уровень Abs был ниже 0,1 МЕ/мл, расценивали как серонегативных, не имеющих защиты от дифтерии.

Как показало наше исследование, проведенное в пяти регионах РФ (Амурская, Иркутская, Нижегородская и Калининградская области, Республика Крым), серопревалентность волонтеров к возбудителю дифтерии (наличие IgG к дифтерийному токсину) составила 74,2–87,6% (средний показатель для объединенной когорты — 80,9%; 95% ДИ: 80,3–81,5). В целом наименее благополучной была ситуация в Калининградской области и Республике Крым. На всех территориях отмечена идентичная возрастная тенденция серопревалентности: наиболее «защищенными» являлись дети 1–5 лет, среди которых доля серопозитивных составила 86,4–95,1%, серопревалентность подростков и взрослых оставалась на стабильном уровне до 59 лет (77,3–92%); у лиц пожилого возраста (60 лет и старше) доля серопозитивных лиц значительно снижалась до 30–50%. Минимальная доля серопозитивных лиц выявлена среди пенсионеров, максимальная — у дошкольников и школьников, что соответствовало возрастному распределению серопозитивных лиц. В декретированных профессиональных группах (медицинские работники и работники образования) серопревалентность не отличалась от средней по региону.

Количественная характеристика серопревалентности к дифтерийному токсину оказалась идентичной на всех территориях: около половины волонтеров имели базовый защитный уровень антитоксических Abs 0,1–1,0 МЕ/мл. Доля «высокоуровневых» волонтеров (> 1,0 МЕ/мл; стойкая и длительная невосприимчивость к дифтерии) была значительной среди детей, особенно 1–5 лет (30–45%), минимальна среди лиц 60 лет и старше (13–15%). Высокие уровни Abs у детей объясня-

ются небольшим сроком, прошедшим с момента вакцинации/ревакцинации (вакцинация в первый год жизни, ревакцинация в 6-7 и 14 лет).

Ранее описана динамика иммунного ответа на вакцинацию: после первой ревакцинации у детей уровни антитоксических Abs достигают концентраций в 6-10 МЕ/мл и сохраняются при последующих ревакцинациях в 6-7 лет и 14 лет [18]. Со временем у всех вакцинированных и ревакцинированных сверхвысокие концентрации Abs снижаются до базового защитного уровня в 0,01-0,1 МЕ/мл (реакция нейтрализации в клетках Vero). Возможной причиной этого явления может быть естественное снижение уровня циркулирующих антитоксических Abs в крови, обусловленное возрастным угнетением иммунореактивности и/или постепенным ослаблением специфического иммунитета вследствие большого промежутка времени, прошедшего после последней ревакцинации, особенно в условиях низкой приверженности ревакцинации у взрослого населения. Снижение уровня антитоксических Abs с возрастом отмечают многие авторы [1, 4, 5, 30, 31, 32, 34]. В развитых странах, где дифтерия хорошо контролируется, практически отсутствует возможность естественной бустеризации для взрослых, вакцинированных в детском возрасте. ВОЗ рекомендует лицам, проживающим в районах с низкой заболеваемостью, получать бустерные дозы комбинированного дифтерийно-столбнячного анатоксина, хотя интервалы и число бустерных доз остаются неясными, поскольку данные о продолжительности иммунитета во взрослом возрасте недостаточны [41].

Полученные нами данные по серопревалентности и количественной характеристике иммунитета к дифтерийному токсину совпадают не только с результатами аналогичных исследований, проведенных нами в другом регионе РФ [12], но и коррелируют с результатами многолетнего серомониторинга иммунитета к дифтерии в субъектах РФ, который также показал, что состояние противодифтерийного иммунитета оставалось более высоким у лиц молодого возраста, а группами с недостаточной степенью иммунологической защиты от дифтерии, т. е. группами риска по заболеваемости и тяжести течения болезни являются лица 50 лет и старше [1, 5, 16].

При оценке охвата вакцинацией волонтеров различных возрастных групп мы столкнулись с объективными трудностями. Национальный календарь прививок предусматривает трехэтапную вакцинацию в течение первого года жизни, первую ревакцинацию в 18 мес., вторую – в 6-7 лет и третью – в 14 лет. Несмотря на то, что нацио-

нальным календарем предусмотрена ревакцинация против дифтерии взрослых каждые 10 лет, за повторной иммунизацией обращается лишь часть взрослого населения. Анализ полученных нами данных позволяет говорить с уверенностью о высоком охвате (92,6-99,8%) своевременной вакцинацией против дифтерии детского населения, что соответствует регламентируемому уровню (95%) на всех территориях (исключая детей 1-5 лет в Калининградской области) [20]. Информация о вакцинации взрослых могла включать как информацию о вакцинации/ревакцинации в детстве, так и последующие ревакцинации, и не позволяет оценить охват своевременной ревакцинацией в возрастной группе. Поэтому с уверенностью можно говорить только о том, что практически на всех территориях среди взрослых получили вакцину против дифтерии от 93% до 98,4% волонтеров (хотя бы одна законченная вакцинация в течение жизни).

Детальная оценка вакцинации против дифтерии значительно осложняется тем фактом, что для вакцинации и ревакцинации в различных возрастных группах используют многокомпонентные вакцины в зависимости от их доступности на территории в момент вакцинации. Один и тот же волонтер в детстве мог получить одну многокомпонентную вакцину, включающую дифтерийный компонент («АКДС», «Пентаксим», «Бубококк»), а в более старшем возрасте – другую (например, «АДС-М»). Поэтому анализ таких параметров, как структура используемых вакцин, а также серопревалентность волонтеров и уровни Abs, в зависимости от вида вакцины требует большой осторожности и рассмотрения индивидуального вакцинального статуса каждого волонтера с учетом числа ревакцинаций, их срока, вида вакцин.

Частота использования тех или иных вакцин значительно отличалась в возрастных группах. На всех территориях детей 1-5 лет преимущественно прививали многокомпонентной вакциной «Пентаксим» (76,4%), «АКДС» использовали у 12,2% детей этого возраста. Дети более старшего возраста привиты вакциной «АКДС» (около 50%), доля «Пентаксима» значительно ниже (18-23,8%). Взрослые 18-39 лет привиты равнозначно «АКДС» (вероятно, как вакцина для вакцинации и первой ревакцинации в 18 мес.) и вариантами этой вакцины без коклюшного и столбнячного компонента («АДС-М», «АДС» или «АД-М»), которые вероятнее всего были использованы для повторных ревакцинаций. Лица старше 40 лет вакцинированы «АДС-М», «АДС» или «АД-М», скорее всего в рамках повторных ревакцинаций.

Серопревалентность вакцинированных волонтеров к дифтерийному токсину не имела статистически значимых различий, за исключением Калининградской области и Республики Крым, где доля серопозитивных лиц после применения вакцины «АДС-М» (61,1 и 72,6%) оказалась статистически значимо ниже, чем после «АКДС» (82,1 и 83,8%) и «Пентаксима» (91,5 и 87,5%). Для изучения причин таких различий необходимо дополнительное исследование с верификацией данных о вакцинации.

Вне зависимости от вида использованной вакцины, среди вакцинированных волонтеров практически не отмечены статистически значимые различия в уровнях Abs к токсину дифтерии. Тот факт, что после вакцинации «Пентаксимом» доля лиц с максимальными уровнями Abs ($> 1,5$ МЕ/мл) статистически значимо выше, чем при других вакцинах, может быть обусловлен тем, что эта вакцина используется в РФ с 2008 г. исключительно для детей, то есть срок с момента проведения вакцинации составил от 1,5 до 15 лет, что могло повлиять на сохранение высокого уровня Abs у детей и подростков.

Ограничения исследования

В ходе исследования отмечены несколько факторов, которые могли повлиять на репрезентативность выборки или выводы. Высокая представленность пенсионеров и медицинских работников может быть связана с большей озабоченностью своим здоровьем, наличием свободного времени (пенсионеры) и желанием получить информацию о необходимости вакцинации (медицинские работники). Информация о факте вакцинации, использованная при оценке охвата вакцинацией, взята из анкет волонтеров и не всегда подтверждена медицинской документацией.

Выводы

1. В целом расчетный уровень популяционного иммунитета, необходимый для предотвращения эпидемического распространения возбудителя дифтерии (R_0), достигнут на всех территориях среди населения младше 60 лет. В Калининградской области и Республике Крым среди лиц 60 лет и старше, а также в Амурской и Нижегородской областях среди лиц 70 лет и старше этот показатель не достигает 60%. В то же время уровень популяционного иммунитета, регламентированный действующими в РФ документами (95% у детей, 90% у взрослых), практически не достигнут ни на одной территории, ни в одной возрастной группе (исключение

составили дети 1-5 лет в Иркутской и Нижегородской областях).

2. Уровень Abs у половины волонтеров составил 0,1-1,0 МЕ/мл, то есть обеспечивает базовую защиту от дифтерии. Высокие уровни Abs ($> 1,0$ МЕ/мл), обеспечивающие стойкий и длительный иммунитет, характерны для детей, особенно 1-5 лет (30-45%), что может быть обусловлено небольшим сроком, прошедшим с момента вакцинации/ревакцинации. У взрослых волонтеров уровни Abs ниже, вероятно, вследствие отсутствия бустеризации. Для поддержания необходимого уровня популяционного иммунитета и его напряженности необходим мониторинг антитоксического иммунитета среди взрослого населения и ревакцинация возрастных групп риска (лица старше 60 лет).

3. Трудности, возникающие при анализе различных аспектов вакцинации, свидетельствуют о необходимости создания единого национального регистра вакцинированных лиц. Предоставили подтверждающую медицинскую документацию с указанием названия вакцины не более 25% от общей когорты волонтеров, включая прежде всего детские сертификаты о прививках (около 70% детей); для взрослых представленность медицинской информации была значительно ниже – от 7% у 18-29 лет до 3% у лиц 70 лет и старше.

Этическая декларация

Исследование проведено в соответствии с руководящими принципами Хельсинкской декларации, одобрено локальным Этическим комитетом Санкт-Петербургского института Пастера (№ 694 протокола 86, дата утверждения 17.08.2023). Все участники исследования подписали информированное согласие.

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам управлений Роспотребнадзора и Центров гигиены и эпидемиологии в Нижегородской, Амурской, Калининградской, Иркутской областях, Межрегионального управления Роспотребнадзора по Республике Крым и городу федерального значения Севастополю, а также сотрудникам Санкт-Петербургского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Иркутского научно-исследовательского противочумного института, Нижегородского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной за организацию сбора образцов и проведение лабораторных исследований.

Список литературы / References

1. Басов А.А., Максимова Н.М., Высочанская С.О., Цвиркун О.В., Яцковский К.А., Адугюзелов С.Э. Оценка состояния противодифтерийного иммунитета в разных возрастных группах населения Российской Федерации по данным серомониторинга 2015–2021 годов // Эпидемиология и вакцинопрофилактика, 2023. Т. 22, № 5. С. 63-73. [Basov A.A., Maksimova N.M., Vysochanskaya S.O., Tsvirkun O.V., Yatskovsky K.A., Aduguzelov S.E. Assessment of the State of Antidiphtheria Immunity in Different Age Groups of the Population of the Russian Federation Based on Seromonitoring Data for 2015–2021. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*, 2023, Vol. 22, no. 5, pp. 63-73. (In Russ.)]
2. Из истории календаря профилактических прививок в СССР/России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cgon.rosпотребнадзор.ru/naseleniyu/vaktsinatsiya/natsionalnyy-kalendar-profilakticheskikh-privivok/iz-istorii-kalendar-ya-profilakticheskikh-privivok-v-sssr-rossii/> (дата обращения: 03.12.2025). [From the history of the calendar of preventive vaccinations in the USSR/Russia. [Electronic resource]. Available at: <https://cgon.rosпотребнадзор.ru/naseleniyu/vaktsinatsiya/natsionalnyy-kalendar-profilakticheskikh-privivok/iz-istorii-kalendar-ya-profilakticheskikh-privivok-v-sssr-rossii/> (date of access: December 3, 2025)].
3. Калькуляторы Radar [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://radar-research.ru/instruments/calculators> (дата обращения: 29.04.2024). [Radar Calculators [Electronic resource]. Available at: <https://radar-research.ru/instruments/calculators> (date of access: April 29, 2024)].
4. Ковалев Е.В., Харсеева Г.Г., Ненадская С.А., Рябова А.М., Алутина Э.Л., Воротникова И.С., Мирошниченко Г.А., Швагер М.М., Занина М.Я. Противодифтерийный антитоксический иммунитет у населения г. Ростова-на-Дону и Ростовской области // Эпидемиология и вакцинопрофилактика, 2019. Т. 18, № 2. С. 68-73. [Kovalev E.V., Kharseeva G.G., Nenadskaya S.A., Ryabova A.M., Alutina E.L., Vorotnykova I.S., Myroshnichenko G.A., Shvager M.M., Zanina M.Ya. Anti-diphtheria antitoxic immunity in the population of rostov-on-don and the rostov region. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*, 2019, Vol. 18, no. 2, pp. 68-73. (In Russ.)]
5. Максимова Н.М., Якимова Т.Н., Маркина С.С., Яцковский К.А., Адугюзелов С.Э. Дифтерия в России в 21 веке // Эпидемиология и вакцинопрофилактика, 2017. Т. 16, № 5. С. 4-15. [Maksimova N.M., Yakimova T.N., Markina S.S., Yatskovsky K.A., Aduguzelov S.E. Diphtheria in Russia in the 21st century. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*, 2017, Vol. 16, no. 5, pp. 4-15. (In Russ.)]
6. Максимова Н.М., Котова Е.А., Жилина Н.Я. Заболеваемость дифтерией в России в 1993-1995 гг. // Эпидемиология и инфекционные болезни, 1997. № 4. С. 8-10. [Markina S.S., Maksimova N.M., Kotova E.A., Zhilina N.Ya. Diphtheria incidence in Russia in 1993-1995. *Epidemiologiya i infektsionnyye bolezni = Epidemiology and Infectious Diseases*, 1997, no. 4, pp. 8-10. (In Russ.)]
7. Медицинская статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://medstatistic.ru/> (дата обращения: 01.06.2025). [Medical statistics [Electronic resource]. Available at: <https://medstatistic.ru/> (date of access: June 1, 2025)].
8. Носов С.Д., Костюкова Н.Н. Дифтерия // Большая медицинская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1977. Т. 7. С. 1193-1220. [Nosov S.D., Kostyukova N.N. Diphtheria. In: Great Medical Encyclopedia]. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya, 1977. Vol. 7, pp. 1193-1220.
9. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2024 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2025. 424 с. Режим доступа: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=30171 (дата обращения: 25.01.2026). [On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2024: State report [Electronic resource]. Moscow: Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 2025. 424 p. Available at: www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=30171 (date of access: January 25, 2026)].
10. Организация и проведение серологического мониторинга состояния коллективного иммунитета к инфекциям, управляемым средствами специфической профилактики (дифтерия, столбняк, коклюш, корь, краснуха, эпидемический паротит, полиомиелит, гепатит В): Методические указания [Электронный ресурс]. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 19 с. Режим доступа: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4852 (дата обращения: 25.01.2026). [Organization and implementation of serological monitoring of the state of collective immunity to infections controlled by specific prophylaxis (diphtheria, tetanus, whooping cough, measles, rubella, mumps, poliomyelitis, hepatitis B): Methodological guidelines [Electronic resource]. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2011. 19 p. Available at: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4852 (date of access: January 25, 2026)].
11. Попова А.Ю., Тотолян А.А. Методология оценки популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 в условиях пандемии COVID-19 // Инфекция и иммунитет, 2021. Т. 11, № 4. С. 609-616. [Popova A.Yu., Totolyan A.A. Methodology for assessing population immunity to the SARS-CoV-2 virus in the context of the

COVID-19 pandemic. *Infektsiya i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*, 2021, Vol. 11, no. 4, pp. 609-616. (In Russ.)] doi: 10.15789/2220-7619-MFA-1770.

12. Попова А.Ю., Смирнов В.С., Егорова С.А., Миличкина А.М., Туров В.М., Дрозд И.В. Васильева З.В., Жимбаева О.Б., Губанова А.В., Буц Л.В., Глазкова Е.С., Зоткин Н.Н., Арбузова Т.В., Демидюк О.И., Иванов В.А., Дымченко Г.Б., Тотолян А.А. Популяционный иммунитет к кори, краснухе, паротиту и дифтерии у населения некоторых районов Херсонской области // *Инфекция и иммунитет*, 2025. Т. 15, № 6. С. 1159-1178. [Popova A.Yu., Smirnov V.S., Egorova S.A., Milichkina A.M., Turov V.M., Drozd I.V., Vasilyeva Z.V., Zhimbaeva O.B., Gubanova A.V., Buts L.V., Glazkova E.S., Zotkin N.N., Arbuzova T.V., Demidyuk O.I., Ivanov V.A., Dymchenko G.B., Totolyan A.A. Population immunity to measles, rubella, mumps and diphtheria in the population of some districts of the Kherson region. *Infektsiya i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*, 2025, Vol. 15, no. 6, pp. 1159-1178. (In Russ.)] doi: 10.15789/2220-7619-MRM-18042.

13. Приказ Минздрава России от 06.12.2021 № 1122н (ред. от 12.12.2023) «Об утверждении национального календаря профилактических прививок, календаря профилактических прививок по эпидемическим показателям и порядка проведения профилактических прививок» (Зарегистрирован 20.12.2021 № 66435). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112200070> (дата обращения: 25.01.2026). [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated December 6, 2021 No. 1122n (as amended on December 12, 2023) "On approval of the National Immunization Schedule, the Immunization Schedule for epidemic indications, and the Procedure for administering preventive vaccinations" (Registered on December 20, 2021 No. 66435). [Electronic resource]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112200070> (date of access: January 25, 2026)].

14. Рябенко Ю.Н., Рябенко Э.Б. Дифтерия и ее профилактика // *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*, 2025. Т. 27, № 1. С. 23-26. [Ryabenko Yu.N., Ryabenko E.B. Diphtheria and its prevention. *Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya = Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*, 2025, Vol. 27, no. 1, pp. 23-26. (In Russ.)]

15. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 4 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» (Зарегистрирован 15.02.2021 № 62500). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102180019> (дата обращения: 27.12.2025). [Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated January 28, 2021 No. 4 "On approval of Sanitary Rules and Regulations SanPiN 3.3686-21 "Sanitary and Epidemiological Requirements for the Prevention of Infectious Diseases" (Registered February 15, 2021 No. 62500). [Electronic resource]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102180019> (date of access: December 27, 2025)].

16. Семененко Т.А., Русакова Е.В., Щербачев А.Г., Гайдаренко А.Д., Готвянская Т.П., Евсева Л.Ф., Сипачева Н.Б., Гусева Е.В., Никитина Г.Ю., Шапошников А.А. Состояние популяционного иммунитета в отношении управляемых инфекций (по материалам банка сывороток крови) // *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы*, 2021, № 6. С. 10-15. [Semenenko T.A., Rusakova E.V., Shcherbakov A.G., Gaidarenko A.D., Gotvyanskaya T.P., Evseeva L.F., Sipacheva N.B., Guseva E.V., Nikitina G.Yu., Shaposhnikov A.A. State of population immunity against vaccine-preventable infections (based on blood serum bank data). *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni. Aktualnye voprosy = Epidemiology and Infectious Diseases. Current Issues*, 2021, no. 6, pp. 10-15. (In Russ.)]

17. Серологические методы диагностики и мониторинга дифтерийной инфекции: Методические рекомендации [Электронный ресурс]. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. 16 с. Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293755/4293755688.pdf> (дата обращения: 15.01.2026). [Serological methods for diagnosis and monitoring of diphtheria infection: Methodological recommendations [Electronic resource]. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор, 2016. 16 p. Available at: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293755/4293755688.pdf> (date of access: January 15, 2026)].

18. Шмелева Е.А., Попова Т.Н., Сафронова А.В. Особенности формирования естественного и поствакцинального противодифтерийного антитоксического иммунитета // *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*, 2021. Т. 20, № 1. С. 100-113. [Shmeleva E.A., Popova T.N., Safronova A.V. Features of the formation of natural and post-vaccination anti-diphtheria antitoxic immunity. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*, 2021, Vol. 20, no. 1, pp. 100-113. (In Russ.)]

19. Шмелева Е.А., Мелехова А.В., Сафронова А.В. Популяционные и эпидемиологические аспекты носительства токсигенных (Cd tox+) и нетоксигенных (Cd tox-) коринебактерий дифтерии (C.diphtheriae) // *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*, 2023, Т. 22, № 3. С.: 85-92. [Shmeleva E.A., Melekhova A.V., Saphronova A.V. Population and Epidemiological Aspects of Carriage of Toxigenic (Cd tox+) and Non-toxigenic (Cd tox-) Diphtheria corynebacteria. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention*, 2023, Vol. 22, no. 3, pp. 85-92. (In Russ.)]

20. Эпидемиологический надзор за дифтерией: Методические указания [Электронный ресурс]. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 27 с. Режим доступа: <https://www.>

rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4862 (дата обращения: 27.01.2026). [Epidemiological surveillance of diphtheria: Methodological guidelines [Electronic resource]. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2012. 27 p. Available at: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4862 (date of access: January 27, 2026)].

21. Abdulrasheed N., Lawal L., Mogaji A.B., Abdulkareem A.O., Shuaib A.K., Adeoti S.G., Amosu O.P., Muhammad-Olodo A.O., Lawal A.O., Jaji T.A., Abdul-Rahman T. Recurrent diphtheria outbreaks in Nigeria: A review of the underlying factors and remedies. *Immun. Inflamm. Dis.*, 2023, vol. 11, no 11, e1096. doi: 10.1002/iid3.1096.

22. Adegboye O.A., Alele F.O., Pak A., Castellanos M.E., Abdullahi M.A.S., Okeke M.I., Emeto T.I., McBryde E.S. A resurgence and re-emergence of diphtheria in Nigeria, 2023. *Ther. Adv. Infect. Dis.*, 2023, Vol. 10, 20499361231161936. doi: 10.1177/20499361231161936.

23. Agresti A., Coull B.A. Approximate is better than “exact” for interval estimation of binomial proportions. *Am. Stat.*, 1998, vol. 52, no. 2, pp. 119-126.

24. Balasubramanian C. Understanding the Basic Reproduction Number (R0): The Key to Tracking Disease Spread. 2024. Available at: <https://www.gideononline.com/blogs/understanding-the-basic-reproduction-number-r0-the-key-to-tracking-disease-spread>.

25. Begg N. Manual for the management and control of Diphtheria in the European Region. The Expanded Programme on Immunization in the European Region of WHO. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 1994. Available at: <https://iris.who.int/handle/10665/108107>.

26. Cherri Z., Lau K., Nellums L.B., Himmels J., Deal A., McGuire E., Mounier-Jack S., Norredam M., Crawshaw A., Carter J., Seedat F., Clemente N.S., Bouaddi O., Friedland J.S., Edelstein M., Hargreaves S.. The immune status of migrant populations in Europe and implications for vaccine-preventable disease control: a systematic review and meta-analysis. *J. Travel Med.*, 2024, Vol. 31, no. 6, taae033. doi: 10.1093/jtm/taae033.

27. Djaafara B.A., Adrian V., Eriawati E., Elyazar I.R.F., Hamers R.L., Baird J.K., Thwaites G.E., Clapham H.E. Modeling the transmission dynamics and control strategies during the 2017 diphtheria outbreak in Jakarta, Indonesia. *Infect. Dis. Model.* 2025, Vol. 11, no. 1 pp. 1-15.

28. Dittmann S. Epidemic diphtheria in the Newly Independent States of the former USSR – situation and lessons learned. *Biologicals*, 1997, Vol. 25, no. 2, pp. 179-186.

29. European Centre for Disease Prevention and Control. Increase of reported diphtheria cases among migrants in Europe due to *Corynebacterium diphtheriae*, 2022. Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/increase-reported-diphtheria-cases-among-migrants-europe-due-corynebacterium>.

30. Karyanti M.R., Nelwan E.J., Assyidiqie I.Z., Satari H.I., Hadinegoro S.R. Diphtheria Epidemiology in Indonesia during 2010-2017. *Acta Med. Indones*, 2019, Vol. 51, no. 3, pp. 205-213.

31. Lamichhane A., Radhakrishnan S. Diphtheria. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560911/>.

32. Liang J.L., Tiwari T., Moro P., Messonnier N.E., Reingold A., Sawyer M., Clark T.A. Prevention of Pertussis, Tetanus, and Diphtheria with Vaccines in the United States: Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP). *MMWR Recomm. Rep.*, 2018, Vol. 67, no. 2, pp. 1-44.

33. Matsuyama R., Akhmetzhanov A.R., Endo A., Lee H., Yamaguchi T., Tsuzuki S., Nishiura H. Uncertainty and sensitivity analysis of the basic reproduction number of diphtheria: a case study of a Rohingya refugee camp in Bangladesh, November–December 2017. *PeerJ*, 2018, Vol. 6, e4583. doi: 10.7717/peerj.4583.

34. Plans-Rubió P. Evaluation of the establishment of herd immunity in the population by means of serological surveys and vaccination coverage. *Hum. Vaccin. Immunother.*, 2012, Vol. 8, no. 2, pp. 184-188.

35. Popova A.Yu., Egorova S.A., Smirnov V.S., Ezhlova E.B., Milichkina A.M., Melnikova A.A., Bashketova N.S., Istorik O.A., Buts L.V., Ramsay E.S., Drozd I.V., Zhimbaeva O.B., Drobyshevskaya V.G., Danilova E.M., Ivanov V.A., Totolian A.A. Herd immunity to vaccine preventable infections in Saint Petersburg and the Leningrad region: serological status of measles, mumps, and rubella. *Russian Journal of Infection and Immunity*, 2024, Vol. 14, no. 6, pp. 1187-1208. doi: 10.15789/2220-7619-HIT-17797.

36. Staehelin C., Chernet A., Sydow V., Piso R.J., Suter-Riniker F., Funez S., Nickel B., Paris D.H., Labhardt N.D. Seroprotection rates of vaccine-preventable diseases among newly arrived Eritrean asylum seekers in Switzerland: a cross-sectional study. *J. Travel Med.*, 2019, Vol. 26, no. 6, taz035. doi: 10.1093/jtm/taz035.

37. Truelove S.A., Keegan L.T., Moss W.J., Chaisson L.H., Macher E., Azman A.S., Lessler J. Clinical and epidemiological aspects of diphtheria: a systematic review and pooled analysis. *Clin. Infect. Dis.*, 2020, Vol. 71, iss. 1, pp. 89-97.

38. Wald A., Wolfowitz J. Confidence limits for continuous distribution functions. *Ann. Math. Statist.*, 1939, Vol. 10, no. 2. pp. 105-118.

39. Weinberger B. Adult vaccination against tetanus and diphtheria: the European perspective. *Clin. Exp. Immunol.*, 2017, Vol. 187, no. 1, pp. 93-99.

40. White L.F., Pagano M. A likelihood-based method for real-time estimation of the serial interval and reproductive number of an epidemic. *Stat. Med.*, 2008, Vol. 27, no. 16, pp. 2999-3016.
41. World Health Organization. Diphtheria vaccine: WHO position paper. *Wkly Epidemiol Rec.*, 2017, Vol. 92, pp. 31. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/diphtheria-vaccines-who-position-paper-august-2017>.
42. World Health Organization. Recommendations to assure the quality, safety and efficacy of diphtheria vaccines (adsorbed), Annex 4, TRS No 980. Available at: <https://www.who.int/publications/m/item/annex4-trs-980-diphtheria>.
43. Zwizwai R. Infectious disease surveillance update. *Lancet Infect. Dis.*, 2017, Vol. 17, no 8, 809. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30415-2.

Авторы:

Попова А.Ю. — д.м.н., профессор, руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Россия

Смирнов В.С. — д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Егорова С.А. — д.м.н., заместитель директора по инновациям ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Буц Л.В. — врач-эпидемиолог ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Миличкина А.М. — к.м.н., главный врач медицинского центра ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Иванов В.А. — системный аналитик ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Данилова Е.М. — к.м.н., заведующая диспансерно-поликлиническим отделением медицинского центра ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Жимбаева О.Б. — заведующая лабораторией молекулярно-генетической диагностики медицинского центра ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Authors:

Popova A. Yu., PhD, MD (Medicine), Professor, Head, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russian Federation

Smirnov V.S., PhD, MD (Medicine), Professor, Leading Researcher, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Egorova S.A., PhD, MD (Medicine), Deputy Director for Innovation, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Buts L.V., Epidemiologist, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Milichkina A.M., PhD (Medicine), Chief Physician, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Ivanov V.A., Systems Analyst, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Danilova E.M., PhD (Medicine), Head, Outpatient Department, Medical Center, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Zhimbaeva O.B., Head, Molecular Genetic Diagnostics Laboratory, Medical Center, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Дробышевская В.Г. — заведующая центральной клинико-диагностической лабораторией медицинского центра ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Коцарь О.В. — руководитель группы ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Курганова О.П. — к.м.н., руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Амурской области, г. Благовещенск, Россия

Пеньковская Н.А. — руководитель Межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Крым и городу федерального значения Севастополю, г. Симферополь, Республика Крым, Россия

Бабура Е.А. — руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Калининградской области, г. Калининград, Россия

Поталицина Н.Е. — заместитель руководителя Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Иркутской области, г. Иркутск, Россия

Балахонov С.В. — д.м.н., профессор, директор ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Иркутск, Россия

Садькова Н.А. — заместитель руководителя Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Нижегородской области, г. Нижний Новгород, Россия

Зайцева Н.Н. — д.м.н., директор ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

Бурдинская Е.Н. — главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области», г. Благовещенск, Россия

Натыкан Ю.А. — заведующая отделом обеспечения эпидемиологического надзора ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области», г. Благовещенск, Россия

Листопад С.А. — начальник отдела эпидемиологического надзора Межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Крым и городу федерального значения Севастополю, г. Симферополь, Республика Крым, Россия

Миронова Л.В. — д.м.н., заместитель директора ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Иркутск, Россия

Drobyshevskaya V.G., Head, Central Clinical Diagnostic Laboratory, Medical Center, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Kotsar O.V., Team Leader, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Kurganova O.P., PhD (Medicine), Head, Amur Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Blagoveshchensk, Russian Federation

Penkovskaya N.A., Head, Interregional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing for the Republic of Crimea and the Federal City of Sevastopol, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation

Babura E.A., Head, Kaliningrad Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Kaliningrad, Russian Federation

Potalitsyna N.E., Deputy Head, Irkutsk Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Irkutsk, Russian Federation

Balakhonov S.V., PhD, MD (Medicine), Professor, Director, Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East Awarded with Order of the Red Banner, Irkutsk, Russian Federation

Sadykova N.A., Deputy Head, Nizhny Novgorod Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Zaitseva N.N., PhD, MD (Medicine), Director, Nizhny Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after Academician I.N. Blokhina, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Burdinskaya E.N., Chief Physician, Center for Hygiene and Epidemiology in the Amur Region, Blagoveshchensk, Russian Federation

Natykan Yu.A., Head, Epidemiological Surveillance Department, Center for Hygiene and Epidemiology in the Amur Region, Blagoveshchensk, Russian Federation

Listopad S.A., Head, Department of Epidemiological Surveillance, Interregional Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing for the Republic of Crimea and the Federal City of Sevastopol, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation

Mironova L.V., PhD, MD (Medicine), Deputy Director, Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East Awarded with Order of the Red Banner, Irkutsk, Russian Federation

Дубровина В.И. — д.б.н., заведующая лабораторией патофизиологии ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Иркутск, Россия

Полянина А.В. — к.м.н., заместитель директора ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

Кашикова А.Д. — к.м.н., научный сотрудник ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени академика И.Н. Блохиной» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

Дерябина О.И. — заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Нижегородской области», г. Нижний Новгород, Россия

Сенина М.Д. — ведущий специалист-эксперт Управления эпидемиологического благополучия населения, Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Нижегородской области, г. Нижний Новгород, Россия

Лиханова Н.А. — начальник отдела эпидемиологического надзора, Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Иркутской области, г. Иркутск, Россия

Усовик Н.Г. — ведущий специалист-эксперт, Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Иркутской области, г. Иркутск, Россия

Беркович Н.А. — заведующая эпидемиологическим отделом ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе», г. Симферополь, Республика Крым, Россия

Молчанова Ж.Р. — начальник отдела эпидемиологического надзора, Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Калининградской области, г. Калининград, Россия

Кудряшова Е.А. — заместитель министра, Министерство здравоохранения Калининградской области, г. Калининград, Россия

Сварваль А.В. — к.м.н., старший научный сотрудник ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Сужаева Л.В. — младший научный сотрудник ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Глазкова Е.С. — лаборант-исследователь ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Dubrovina V.I., PhD, MD (Biology), Head, Laboratory of Pathophysiology, Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East Awarded with Order of the Red Banner, Irkutsk, Russian Federation

Polyanina A.V., PhD (Medicine), Deputy Director, Nizhny Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after Academician I.N. Blokhina, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Kashnikova A.D., PhD (Medicine), Researcher, Nizhny Novgorod Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after Academician I.N. Blokhina, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Deryabina O.I., Deputy Chief Physician, Center for Hygiene and Epidemiology in the Nizhny Novgorod Region, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Senina M.D., Leading Specialist and Expert of the Department for Epidemiological Welfare of the Population, Nizhny Novgorod Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Likhanova N.A., Head, Epidemiological Surveillance Department, Irkutsk Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Irkutsk, Russian Federation

Usovik N.G., Leading Specialist and Expert, Irkutsk Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Irkutsk, Russian Federation

Berkovich N.A., Head, Epidemiology Department, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Crimea and the Federal City of Sevastopol, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation

Molchanova Zh.R., Head, Epidemiological Surveillance Department, Kaliningrad Region Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Kaliningrad, Russian Federation

Kudryashova E.A., Deputy Minister, Ministry of Health of the Kaliningrad Region, Kaliningrad, Russian Federation

Svarval A.V., PhD (Medicine), Senior Researcher, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Suzhaeva L.V., Junior Researcher, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Glazkova E.S., Research Assistant, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Курова Н.Н. — к.м.н., старший научный сотрудник ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Kurova N.N., PhD (Medicine), Senior Researcher, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Тотolian Арег А. — д.м.н., профессор, академик РАН, директор ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Totolian Areg A., PhD, MD (Medicine), Professor, Full Member, Russian Academy of Sciences, Director, Saint Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Поступила 07.02.2026

Отправлена на доработку 10.02.2026

Принята к печати 23.02.2026

Received 07.02.2026

Revision received 10.02.2026

Accepted 23.02.2026