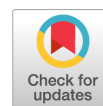


ПОПУЛЯЦИОННЫЙ ИММУНИТЕТ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ КОРИ, КРАСНУХИ, ПАРОТИТА И ДИФТЕРИИ У НАСЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ХЕРСОНСКОЙ ОБЛАСТИ



А.Ю. Попова¹, В.С. Смирнов², С.А. Егорова², А.М. Миличкина², В.М. Туров³,
И.В. Дрозд², З.В. Васильева³, О.Б. Жимбаева², А.В. Губанова², Л.В. Буц², Н.Н. Зоткин²,
Т.В. Арбузова², О.И. Демидюк⁴, В.А. Иванов², Г.Б. Дымченко⁵, А.А. Тотолян²

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

² ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия

³ Управление Роспотребнадзора по Херсонской области, г. Херсон, Россия

⁴ Министерство здравоохранения Херсонской области, г. Херсон, Россия

⁵ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Херсонской области», г. Херсон, Россия

Резюме. Введение. Специфическая профилактика вакциноуправляемых инфекций (ВУИ) — кори, краснухи, паротита и дифтерии — главная предпосылка радикального снижения их частоты в Российской Федерации. В 2024–2025 гг. случаев ВУИ в Херсонской области зарегистрировано не было, что, вероятно, обусловлено уровнем популяционного иммунитета. Вместе с тем оценить реальное число лиц, иммунных в отношении ВУИ, возможно лишь по результатам сероэпидемиологического мониторинга популяционного иммунитета. Цель исследования — изучение уровня популяционного иммунитета населения некоторых районов Херсонской области к возбудителям кори, краснухи, паротиту и дифтерии. *Материалы и методы.* В исследовании участвовали 2807 волонтеров в семи муниципальных округах области в возрасте от 1 года до 70+ лет. Когорта волонтеров, стратифицированная по возрасту (1–5, 6–11, 12–17, 18–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60–69, 70 лет и старше), была сформирована с соблюдением принципа рандомизации с использованием веб-приложения. В ходе исследования участники заполняли анкету. Определяли IgG-антитела к возбудителям кори, краснухи, паротита и дифтерийному токсину методом ИФА с использованием тест-систем российского производства. *Результаты.* Среднекогортный уровень серопревалентности волонтеров Херсонской области к вирусам кори, краснухи, паротита и дифтерийному токсину составил 83,4, 95,1, 65,7 и 83,4% соответственно. Наименее защищенными в отношении кори, краснухи и паротита были взрослые 18–29 лет (корь — менее 70% серопозитивных, краснуха — 84,5%, паротит — 44,6%), наиболее защищенными — лица 50 лет и старше (корь — 91,5–99,4% серопозитивных, краснуха — более 98%, паротит — 74,5–87,1%). В то же время лица стар-

Адрес для переписки:

Смирнов Вячеслав Сергеевич
197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, 14,
ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера.
Тел.: 8 (911) 948-59-22 (моб.).
E-mail: vssmi@mail.ru

Contacts:

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

Для цитирования:

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.,
Зоткин Н.Н., Арбузова Т.В., Демидюк О.И., Иванов В.А., Дымченко Г.Б.,
Тотолян А.А. Популяционный иммунитет к возбудителям кори, краснухи,
паротита и дифтерии у населения некоторых районов Херсонской
области // Инфекция и иммунитет. 2025. Т. 15, № 6. С. 1159–1178.
doi: 10.15789/2220-7619-MRM-18042

Citation:

Popova A.Yu., Smirnov V.S., Egorova S.A., Milichkina A.M., Turov V.M.,
Drozhd I.V., Vasilyeva Z.V., Zhimbaeva O.B., Gubanova A.V., Buts L.V.,
Zotkin N.N., Arbusova T.V., Demidyuk O.I., Ivanov V.A., Dymchenko G.B.,
Totolian A.A. Measles, rubella, mumps and diphtheria herd immunity
in the population of the some Kherson's region districts // Russian Journal
of Infection and Immunity = Infektsiya i immunitet, 2025, vol. 15, no. 6,
pp. 1159–1178. doi: 10.15789/2220-7619-MRM-18042

Работа выполнена в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на период 2025–2029 гг. «Система иммунологического мониторинга как часть эпидемиологического надзора за вакциноуправляемыми и другими инфекциями» (Пер. № ЕГИСУ НИОКТР 125070207835-8).

The study was carried out within the framework of the industry research program of Rosпотребнадзор for the period 2025–2029 "The immunological monitoring system as part of epidemiological surveillance of vaccine-preventable and other infections" (No. 125070207835-8).

ше 60 лет оказались наименее защищенными в отношении дифтерии: уровень серопревалентности составил 63,8–76,5%. В детских группах максимальная серопревалентность отмечена в группе 6–11 лет: корь — 90,8% серопозитивных, краснуха — более 96,9%, паротит — 64,6%, дифтерия — 90,4%. Большинство волонтеров имели низкий и средний уровни антител к вирусу кори и дифтерийному токсину, высокий — к вирусу краснухи. Серопозитивность «наивных» волонтеров, которые отрицали факт заболевания и вакцинации, свидетельствует о недостаточной лабораторной диагностике вакциноуправляемых инфекций в Херсонской области. *Заключение.* Уровень популяционного иммунитета населения обследованных территорий Херсонской области соответствовал критерию эпидемиологического благополучия только в отношении краснухи: доля серонегативных лиц составила менее 10%. Недостаточная серопревалентность к вирусам кори и паротита, а также к *C. diphtheriae* создает условия для распространения этих инфекций среди населения.

Ключевые слова: вакциноуправляемые инфекции, популяционный иммунитет, корь, краснуха, паротит, дифтерия, серопревалентность, антитела, Херсонская область, население, когортное исследование.

MEASLES, RUBELLA, MUMPS AND DIPHTHERIA HERD IMMUNITY IN THE POPULATION OF THE SOME KHERSON'S REGION DISTRICTS

Popova A.Yu.^a, Smirnov V.S.^b, Egorova S.A.^b, Milichkina A.M.^b, Turov V.M.^c, Drozd I.V.^b, Vasilyeva Z.V.^c, Zhimbaeva O.B.^b, Gubanova A.V.^b, Buts L.V.^b, Zotkin N.N.^b, Arbuzova T.V.^b, Demidyuk O.I.^d, Ivanov V.A.^b, Dymchenko G.B.^e, Totolian A.A.^b

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

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

^c Rospotrebnadzor Office for Kherson Oblast, Kherson, Russian Federation

^d Ministry of Health of Kherson Oblast, Kherson, Russian Federation

^e Center for Hygiene and Epidemiology in the Kherson Oblast, Kherson, Russian Federation

Abstract. *Introduction.* Specific prevention of vaccine-preventable infections (VPIs) has been the main prerequisite to radically lower their incidence in the Russian Federation. Since the Kherson Region joined the Russian Federation in 2024–2025, no VPI cases have been recorded, likely due to the level of herd immunity. The actual number of individuals immune to VPIs can only be estimated through serologically monitored herd immunity. Study objective was to assess herd immunity to measles, mumps, rubella, and diphtheria in specific Kherson Region districts. *Materials and methods.* The study involved 2.807 volunteers in seven municipal districts, aged 1 to 70+ years. A volunteer cohort, stratified by age (1–5, 6–11, 12–17, 18–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60–69, ≥ 70), was randomized using the Web application. During the study, participants completed a questionnaire, IgG antibodies to specific agents (measles, mumps, rubella, diphtheria toxin) were measured in venous blood samples using ELISA test kits (Russia). *Results.* The average cohort seroprevalence for measles, rubella, mumps, and diphtheria among volunteers in the region were 83.4%, 95.1%, 65.7%, and 83.4%, respectively. Adults aged 18–29 years were the least protected against measles, rubella, and mumps, with the seropositivity: < 70% for measles; 84.5% for rubella; and 44.6% for mumps. The most protected were people aged ≥ 50 years: 91.5–99.4% for measles; > 98% for rubella; and 74.5–87.1% for mumps. People over 60 were the least protected against diphtheria (63.8–76.5%). In children's groups, maximum seroprevalence was noted in the group aged 6–11 years: 90.8% for measles; > 96.9% for rubella; 64.6% for mumps; and 90.4% for diphtheria. Most volunteers had low to moderate anti-measles and anti-diphtheria toxin IgG levels; and high anti-rubella IgG levels. The seropositivity of “naive” volunteers (those denying infection or vaccination) indicates insufficient laboratory VPI diagnostics in the Kherson Region. *Conclusion.* The level of herd immunity in the surveyed areas (Kherson Region) met the criterion for epidemiological well-being only with regard to rubella. Specifically, the percentage of seronegative individuals was below 10%. Insufficient seroprevalence for the measles and mumps viruses, as well as the *C. diphtheriae*, reflects conditions conducive for the spread of these infections among the population.

Key words: vaccine-preventable infections, population immunity, measles, rubella, mumps, diphtheria, seroprevalence, antibodies, Kherson's region, population, cohort study.

Введение

Разнообразные инфекции сопровождают человечество на протяжении всей его истории. По мере прогресса в медицине создавалась иллюзия скорой победы над этими заболеваниями, однако периодически глобальные пандемии вновь и вновь демонстрировали ограниченность

подобного представления. Единственным подходом, позволившим в какой-то мере взять под контроль развитие некоторых инфекций и снизить наносимый ими ущерб, стало широкое применение в медицинской практике вакцин, позволивших в большинстве случаев сформировать более или менее продолжительное состояние специфической устойчивости хозяина

к патогену и таким образом прервать развитие эпидемического процесса [2]. Не случайно инфекционные заболевания, распространение которых может быть замедлено или прекращено путем вакцинации, объединили в группу «вакциноуправляемых инфекций (ВУИ). К этой группе относятся: вирусный гепатит В, туберкулез, дифтерия, коклюш, столбняк, полиомиелит, гемофильная и пневмококковая инфекция, грипп, корь, краснуха, эпидемический паротит (свинка) [1]. Эти инфекции включены в перечень, утвержденный Федеральным Законом 17.09.1998 № 157-ФЗ «Об иммунопрофилактике инфекционных болезней». Среди указанных инфекций нами были исследованы корь, краснуха, паротит и дифтерия. Выбор именно этих заболеваний обусловлен, прежде всего, сохраняющимися случаями заболеваний среди детей и взрослых, которые хотя и носят спорадический характер, могут сопровождаться серьезными постинфекционными осложнениями [15, 25, 26, 30, 38, 41].

Несмотря на значительные достижения в профилактике и лечении перечисленных заболеваний, они долгое время сохраняли свою актуальность, и только разработка и последующее внедрение в клиническую практику вакцин, например, против кори, паротита и краснухи (MMR) и вакцины АКДС/АДС-М, позволили радикально переломить эпидемическую ситуацию по упомянутым выше инфекциям, а также по коклюшу, дифтерии и столбняку [9, 24, 29, 35, 36, 37]. В настоящее время на большей части территории РФ регистрируются спорадические случаи указанных инфекций — как завозных, так и местных — среди лиц, не получивших по тем или иным причинам полного курса вакцинации [6, 10]. Исключение составляют корь и паротит, заболеваемость которыми имеет тенденцию к росту в ряде регионов РФ. Для устранения дефектов иммунизации проводится так называемая «подчищающая» вакцинация, чаще всего MMR препаратом.

В Российской Федерации в 2025 г. отмечается подъем заболеваемости краснухой: за 6 месяцев зарегистрировано 359 случаев в 35 регионах, показатель заболеваемости (0,25 на 100 тыс. населения) в 8,2 раза превысил средне-многолетний (0,06) и в 3,8 раза превысил уровень 2024 г. (94 случая, 0,06 на 100 тыс. населения). Заболеваемость краснухой в основном регистрировалась в регионах Центрального и Северо-Кавказского федеральных округов: Чеченская Республика, Дагестан, Тульская, Астраханская и Московская области, Ставропольский край. Наибольшее количество случаев зарегистрировано в Москве (90 случаев) и Республике Дагестан (68 случаев). В Тульской области зарегистрирован 1 крупный очаг с 31

заболевшим. В структуре заболевших превалирует взрослое население (67,9%), доля не привитых лиц составляет 89,4%, вакцинированных — 2,5%, ревакцинированных — 8,3%. План вакцинации за 6 мес. 2025 г. в целом по стране выполнен на 49,8%, ревакцинации — на 47,6%.

Группа ВУИ является довольно гетерогенной и включает в себя не только вирусные (MMR и др.), но и бактериальные инфекции, типичным представителем которых является дифтерия. В отличие от описанных выше вирусных ВУИ, возбудителем дифтерии является бактерия *Corynebacterium diphtheriae*, известная также как палочка Леффлера. Заболевание локализуется преимущественно в верхних дыхательных путях и при тяжелом течении нередко образует в горле плотный налет серовато-желтого цвета, который может затруднять дыхание. Наиболее важным фактором патогенности считается дифтерийный экзотоксин, обуславливающий симптомокомплекс инфекции. Дифтерия долгое время считалась тяжелым заболеванием, нередко приводившим к летальным исходам, но в 1923 г. Гастон Рамон впервые предложил метод инактивации дифтерийного токсина формалином, превратив его в анатоксин, не вызывающий заболевания, но индуцирующий мощный иммунный ответ [17]. За это открытие ученый был удостоен Нобелевской премии, а разработанный им метод в основных чертах применяется до настоящего времени.

Комбинированная вакцина, изготовленная на основе принципа инактивации токсинов, была впервые изготовлена в США в 1949 г. и содержала адсорбированные коклюшный, дифтерийный и столбнячный анатоксины (АКДС), а в конце 1950-х гг. ее начали разрабатывать в СССР, и с 1964–1965 гг. стали применять в обязательном порядке на всей территории страны. В настоящее время первичную вакцинацию, состоящую из 3-х доз, проводят в 3, 4,5 и 6 месяцев, ревакцинацию — в 18 месяцев. Дальнейшие циклы ревакцинации проводят в 6–7 и 14 лет, а затем каждые 10 лет. Принятая тактика вакцинопрофилактики позволила сократить локальные вспышки дифтерии, наблюдавшиеся в конце 50-х гг., до единичных случаев, а в целом ряде регионов, включая Херсонскую область, полностью исключить случаи манифестной дифтерийной инфекции. Иная ситуация отмечается в европейском регионе ВОЗ, где в 2022 г. зарегистрировано 575 случаев дифтерии, большая часть которых пришла на лиц в возрасте 15–29 лет (77%) и 18% — на лиц от 30 лет и старше [10]. И все это на фоне более чем 95% вакцинации населения АКДС. Отмеченные данные свидетельствуют, что риск завоза дифтерии в РФ из зарубежных стран по-прежнему существует.

В обследованных районах Херсонской области эпидемическая ситуация по перечисленным инфекциям полностью благополучна. С 2023 г. по июль 2025 г. случаев ММР и дифтерии не зарегистрировано. Кроме того, на территории области развернута «подчищающая» вакцинация против кори во всех муниципальных округах (МО), что, несомненно, усилит существующий противоинфекционный иммунитет населения.

Цель исследования состояла в оценке популяционного иммунитета к вирусам кори, паротита, краснухи и дифтерийному токсину когорты волонтеров, проживающих в доступных для исследований МО Херсонской области.

Материалы и методы

Характеристика обследованной когорты волонтеров

В октябре 2022 г. часть Херсонской области принята в состав Российской Федерации на основании Федерального конституционного закона от 4 октября 2022 г. № 8-ФКЗ «О принятии в Российскую Федерацию Херсонской области и образовании в составе Российской Федерации нового субъекта — Херсонской области».

Согласно поручению Роспотребнадзора от 08.04.2024 № 02/5979-2024-26 «О проведении исследований по оценке состояния популяционного иммунитета к вакциноуправляемым и другим актуальным инфекциям населения Херсонской области» проведено поперечное рандомизированное исследование по оценке состояния иммунитета населения семи МО: Скадовского, Каланчакского, Чаплинского, Новотроицкого, Генического, Ивановского и Нижнесерогозского. Всего на территориях перечисленных МО на момент обследо-

вания проживало 62 684 человека, наименьшее — в Ивановском (2536), наибольшее — в Скадовском (17 176 человек) округах.

Случайный отбор добровольцев проводили с помощью веб-приложения методом анкетирования. Объем репрезентативной выборки рассчитывали по формуле, основанной на предельной теореме Муавра–Лапласа [4]. Суммарно численность когорты обследованных волонтеров составила 2807 человек, стратифицированных на 9 возрастных групп: 1–5, 6–11, 12–17, 18–29, 30–39, 40–49, 50–59, 69–69 и 70+ лет (табл. 1). Не удалось достигнуть планируемой численности выборки в двух детских группах (1–5 и 6–11 лет) и лиц 70+ лет.

Наименьшая доля волонтеров пришлась на детей от 1 до 5 лет (0,8%). Доля детей в группе 6–11 лет возросла до 9,3%, а среди подростков 12–17 лет составила 13,3%. Во всех детских группах преобладали мальчики (табл. 1). Доли волонтеров взрослых возрастных групп составили от 5,8% в возрасте 70+ лет и от 8,3 до 19,8% в остальных группах, причем в этих группах преобладали женщины, доля которых составила в среднем 69,2%, тогда как мужчин — только 30,8%, иначе говоря, женщины во взрослых группах участвовали в обследовании в среднем в 2,2 раза активнее мужчин.

В исследовании приняли участие представители различных сфер деятельности (табл. 2).

Наибольшее число волонтеров относились к группам медицинских работников, детей школьного возраста, пенсионеров. Небольшие по численности профессиональные группы (до 30-ти человек) объединили по сходству условий труда (табл. 2): госслужащих — с офисными работниками и специалистами информационных технологий; промышленных рабочих — с транспортными, а дошкольников и студентов оставили отдельными группами,

Таблица 1. Возрастная и гендерная структура когорты волонтеров Херсонской области

Table 1. Age and gender structure of the cohort of volunteers in the Kherson

Возраст, лет Age, years	N, человек N, persons	Доля, % Share, %	В том числе Including	
			мужчин/men	женщин/women
1–5	22	0,8	13	9
6–11	260	9,3	134	126
12–17	374	13,3	196	178
18–29	233	8,3	105	128
30–39	365	13	130	235
40–49	468	16,7	140	328
50–59	556	19,8	141	415
60–69	366	13	137	229
70+	163	5,8	60	103
Итого/Total	2807	100	1056	1751

Примечание. 70+ — волонтеры в возрасте 70 лет и старше.

Note. 70+ — volunteers are 70 years of age and older.

несмотря на их малочисленность. Остальные профессиональные группы — военнослужащие, работники науки, бизнеса, сельского хозяйства, туризма и др. — объединили в группу прочие.

Преобладание в когорте медицинских работников и пенсионеров в известной степени можно объяснить большей социальной активностью и более ответственным отношением к своему здоровью по сравнению с лицами других профессиональных категорий.

Методы исследования

Лица, изъявившие желание принять участие в исследовании, заполняли онлайн-анкету с персональными данными, которая поступала в веб-приложение. Волонтеры, соответствовавшие критериям включения (отсутствие острого заболевания на момент исследования), приглашались для взятия крови и последующего лабораторного обследования. Все участники или их юридические представители были ознакомлены с целью, методикой исследования и подписали информированное согласие. Методика организации и блок-схема проведения исследования детально описана ранее [7]. В пункте взятия крови регистратор совместно с волонтером заполняли расширенную анкету, включающую вопросы о перенесенных заболеваниях корью, краснухой, эпидемическим паротитом, дифтерией, а также вакцинациях и ревакцинациях против перечисленных инфекций с указанием названий вакцин и дат вакцинации. Там, где это было возможно, информацию уточняли по медицинской документации.

У каждого волонтера из локтевой вены брали пробы крови в вакутейнеры с раствором этилендиаминтетрауксусной кислоты (КЗЭДТА). Вакутейнеры центрифугировали при комнатной температуре, плазму крови отделяли от клеточных элементов, переносили в микро-

пробирки и хранили до исследования при температуре +4°C.

ИФА проводили с использованием наборов реагентов производства АО «Вектор-Бест» (РФ): наличие и уровень антител к вирусу кори — «ВектоКорь-IgG»; наличие и уровень антител к вирусу краснухи — «ВектоРубелла-IgG»; наличие антител к вирусу эпидемического паротита — «ВектоПаротит-IgG» согласно инструкциям производителя. Наличие и уровень антител IgG к дифтерийному токсину оценивали с использованием набора реагентов для иммуноферментного количественного определения антител человека класса IgG к дифтерийному анатоксину «Анти-ДАТ PS» (ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера). Количественное содержание антител к вирусам кори, краснухи и дифтерии выражали в МЕ/мл.

Статистическую обработку проводили с использованием методов вариационной статистики [4] и с помощью статистического пакета Excel 2011. Статистическую обработку долей проводили по методу А. Wald и J. Wolfowitz [40] в модификации А. Agresti и В.А. Coull [13]. Расчет статистической значимости различий долей проводили с помощью z-теста [3]. Для оценки достоверности различий сравниваемых показателей использовали значения $p \leq 0,05$, если не указано иначе.

Результаты

Популяционный иммунитет к вирусу кори у населения некоторых районов Херсонской области

Средняя серопревалентность к вирусу кори в когорте волонтеров составила 83,4% (95%ДИ: 82,0–84,7) и распределилась в когорте неод-

Таблица 2. Распределение волонтеров по сферам деятельности

Table 2. Activity of volunteers

Сфера деятельности Activity	Число волонтеров Number of volunteers	Доля, % Share, %	95%ДИ 95%CI
Медицинские работники/Healthcare workers	677	24,1	22–25
Школьники/Schoolchildren	587	20,9	19–22
Пенсионеры/Pensioners	369	13,1	11,9–14,4
Безработные/Unemployed	305	10,9	9,8–12,1
Госслужащие, офис, ИТ/Government employees, office workers, IT	183	6,5	5,7–7,5
Образование/Education	149	5,3	4,5–6,2
Производство и транспорт/Industry and transportation	57	2,0	1,6–2,6
Дошкольники/Preschoolers	26	0,9	0,6–1,4
Студенты/Students	22	0,8	0,5–1,2
Прочие/Others	432	15,4	14–16,8
Итого/Total	2807	100	–

Примечание. ИТ — информационные технологии.

Note. IT — information technology.

нородно: наибольшая доля серопозитивных по антителам к вирусу кори лиц, превышающая 90%, отмечена в трех старших группах (50–70+ лет) и у детей 6–11 лет (рис. 1). В средних возрастных группах (18–39 лет) доля серопозитивных лиц не достигала 70%. Все отмеченные различия были статистически значимы ($p \leq 0,05$). В трех остальных группах (1–5, 12–17 и 40–49 соответственно) доля серопозитивных лиц не отличалась от среднего значения по когорте.

При анализе серопревалентности необходимо учитывать изменения тактики вакцинопрофилактики кори в стране. Однократная вакцинация была введена в 1968 г., то есть привитые лица 40–55 лет могли быть первично иммунизированы лишь однократно в детском возрасте. Лица моложе 40 лет в детском возрасте могли пройти полный курс вакцинации (двукратно), который был введен в 1986 г. Лица старше 55 лет могли быть привиты только во взрослом возрасте по эпидемическим показаниям. В то же время именно у взрослых, начиная с 50 лет, отмечен статистически значимый рост серопревалентности, что в отсутствие плановой вакцинации в детском возрасте может свидетельствовать о перенесенном заболевании.

При оценке серопревалентности волонтеров в зависимости от сферы деятельности статистически значимых различий в группах, за исключением пенсионеров, не выявлено (данные не представлены). Что касается пенсионеров, то среди них уровень серопозитивности достиг 97% (95%ДИ: 94,7–98,3, $p < 0,001$). Можно предположить, что выявленные статистически значимые различия связаны с тем, что большинство пенсионеров (люди старших возрастных

групп), вероятно, приобрели невосприимчивость к кори в результате перенесенной в детстве инфекции.

Проведенный анализ показал наличие сложных связей между уровнями IgG антител и возрастом волонтеров. Доля серонегативных лиц ($< 0,18$ МЕ/мл) среди детей 1–5 лет составила 22,7% (95%ДИ: 10,1–43,4). Максимум этот показатель достиг среди лиц среднего возраста (18–29 и 30–39 лет) — соответственно 35,6 и 32,3% (рис. 2). Начиная с группы 40–49 лет, доля серонегативных волонтеров снижалась до минимальной среди лиц 70+ лет (0,6%; 95%ДИ: 0,1–3,4). Аналогичная ситуация отмечена и в группе с низким уровнем IgG (0,18–0,5 МЕ/мл). Обе трендовых кривых описываются полиномом 2-й степени. Наибольшая доля лиц со средними уровнями IgG (0,51–1,0 МЕ/мл) пришлась на детей в возрасте 1–5 лет (35,6%; 95%ДИ 29,8–42,0). С возрастом доли таких лиц сокращались и достигали статистически значимых различий, начиная с группы 18–29 лет ($p < 0,5$). На этом фоне доля волонтеров с высоким содержанием IgG (1,01–2,0 МЕ/мл) практически не зависела от возраста. Наиболее интересные изменения отмечены среди лиц с максимальным содержанием IgG $> 2,0$ МЕ/мл. Среди детей 1–5 лет доля «максимально серопозитивных» составила 18,2% (95%ДИ: 7,3–38,5). В возрастных интервалах от 6 до 29 лет отмечено статистически значимое снижение долей, но уже начиная с группы 30–39 лет, отмечена тенденция к росту доли волонтеров с очень высоким уровнем IgG, перешедшая в статистически значимый рост во всех группах с 40 до 70+ лет. Отметим,

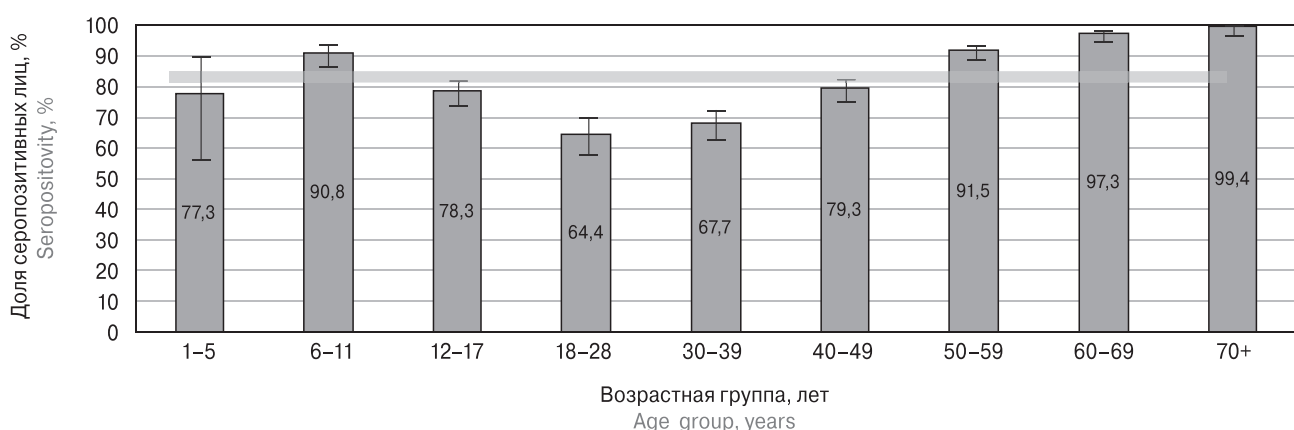


Рисунок 1. Серопревалентность к вирусу кори (наличие IgG) волонтеров Херсонской области разных возрастов

Figure 1. Measles seroprevalence (IgG levels) by ages in the Kherson region

Примечание. Вертикальные черные линии — доверительные интервалы; горизонтальная полупрозрачная полоса — 95% доверительный интервал среднекогортного значения 83,4% (95%ДИ: 82,0–84,7)

Note. Vertical black lines are confidence intervals; horizontal translucent bar is the 95% confidence interval of the cohort mean value, 83.4% (95%CI: 82.0–84.7).

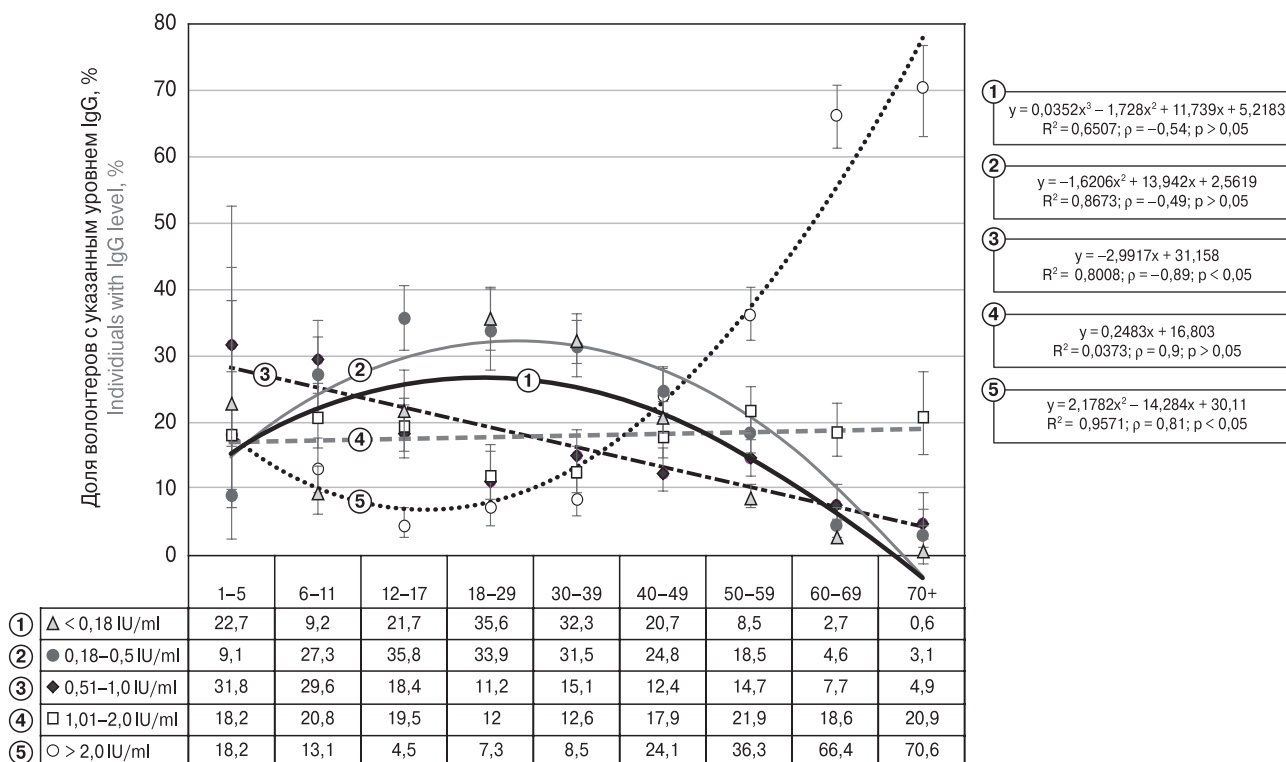


Рисунок 2. Тренды количественного распределения уровней антител (IgG) к вирусу кори у волонтеров разных возрастов

Figure 2. Trends in the distribution of anti-measles IgG levels by ages

Примечание. Уравнения регрессии, коэффициенты детерминации (R^2), значения коэффициента корреляции по Спирмену (ρ) и значение p имеют одинаковую числовую маркировку с соответствующими им линиями трендов; вертикальные черные линии — 95% доверительные интервалы. По оси абсцисс приведены возрастные интервалы. Доли серопозитивных волонтеров в легенде приведены в процентах. Количественные уровни антител выражены в МЕ/мл.
Note. Regression equations, coefficients of determination (R^2), Spearman's rank correlation coefficient (ρ) values, and p values have the same numerical markings as the corresponding trend lines; vertical black lines are 95% confidence intervals. The abscissa axis shows age intervals. The proportions of seropositive volunteers in the table below is given in percentage. Antibody levels are given in IU/ml.

что статически значимый рост доли волонтеров с очень высоким содержанием коревых IgG в старших группах наблюдался на фоне статистически значимого снижения среднего уровня антител в этих же возрастных группах. В этой связи можно полагать, что большая доля детей со средним уровнем коревых антител вызвана проводимой плановой вакцинацией, а преобладание очень высоких уровней IgG среди старших возрастных групп связано с анамнестическим ответом на перенесенную в детстве корь в манифестной форме.

Учитывая неблагоприятную социальную ситуацию в Херсонской области в последние годы, для большинства взрослых волонтеров не представлялось возможным подтвердить инфекционно-вакцинальный статус медицинской документацией. По данным анкет, заполненных со слов волонтеров, уверенно о наличии или отсутствии заболевания и/или вакцинации смогли сказать 2417 человек, которые были разделены на 4 группы: переболевшие, но не вакци-

нированные (БНВ, $n = 3$); переболевшие и вакцинированные (БВ, $n = 44$); не подтвердившие факт заболевания или вакцинации (НБНВ, $n = 45$) и не болевшие и вакцинированные (НБВ, $n = 2325$). Разумеется, приведенное деление в значительной мере условно, поскольку документация, подтверждающая статус, в абсолютном большинстве случаев отсутствовала, и при опросе приходилось ориентироваться только на устное заявление волонтеров, которые далеко не всегда могли уверенно утверждать факт перенесенного заболевания или вакцинации. Тем не менее в каждой из упомянутых групп определяли долю серопозитивных лиц (табл. 3). Отметим, в 3-х группах (БВ, БНВ, НБНВ) из 4-х оценили только общую серопревалентность в связи с малым числом наблюдений. Все три волонтера, переболевшие и невакцинированные от кори (БНВ), имели очень высокие уровни антител $> 2 \text{ ME/ml}$. В группе БВ серопревалентность составила 90,9% (95%ДИ: 78,8–96,4). Несколько неожиданной выглядит серопози-

и девочки 13 лет; дополнительной — дети от 1 до 17 лет не болевшие, не привитые или однократно привитые против краснухи; а также девушки 18–25 лет, не болевшие и не привитые ранее. Результатом применения живой аттенуированной вакцины на всех территориях Российской Федерации, в том числе и в обследованных МО, стал высокий уровень популяционного иммунитета, составивший 95,1% (95%ДИ: 94,2–95,8).

Распределение серопозитивности по возрастам показало максимальную ее долю в большинстве возрастных групп, за исключением группы 18–29 лет, в которой отмечено статистически значимое снижение показателя (84,5%; 95%ДИ: 79,4–88,6; $p < 0,05$), в остальных группах доли серопревалентности варьировали в пределах 86,4–98,0% без статистически значимых различий (рис. 3).

Не выявлено также статистически значимых различий между профессиональными группами (данные не представлены). Поскольку критерием эпидемического благополучия по краснухе считается выявление не более 10% серонегативных лиц [11], то ситуацию в Херсонской области в целом можно считать благополучной, что подтверждается, как уже отмечено выше, отсутствием в последние годы случаев краснухи на рассматриваемых территориях.

Оценивали количественные уровни серопозитивности к вирусу краснухи у волонтеров в зависимости от возраста (рис. 4).

Показано отсутствие статистически значимых различий долей серопозитивности среди серонегативных лиц (< 18 МЕ/мл) и лиц с низкими уровнями IgG-антител (10–25 МЕ/мл). Интересное распределение отмечено среди волонтеров, в крови которых содержатся IgG-антитела в средних уровнях (25,1–100,0 МЕ/мл). В отличие от двух предыдущих групп, трендовая кривая у них описывается полиномом 4 степени, однако это распределение, вероятно, во многих отношениях случайно, поскольку при корреляционном анализе не выявлено статистически значимых различий. Напротив, среди лиц с высокими (100,1–200,0 МЕ/мл) и очень высокими ($> 200,0$ МЕ/мл) уровнями отмечены оппозитные тренды с точкой пересечения в зоне возрастной группы 12–17 лет. Во втором случае тренд описывался уравнением $y = 3,00x + 18,58$ и, хотя коэффициент детерминации оказался почти в 2 раза выше, тем не менее, распределение по возрастам оставалось, скорее всего, случайным. Полученные результаты, несомненно, представляют определенный интерес в плане детальной оценки серопревалентности, однако необходимы более широкие исследования на более многочисленных выборках.

Среди детей младшего и среднего возрастов отмечалось преобладание высоких уровней серопозитивности (31,8–36,2%), однако вследствие небольших выборок в группах статистические различия незначимы. На уровне тенденции линия тренда описывалась уравнением: $y = -0,79x + 30,08$. Что касается распределения самых высоких уровней антител ($> 200,0$ МЕ/мл), то тренд оказался линейным и оппозитным, описывавшимся уравнением: $y = 3,00x + 18,58$.

Таким образом, явная корреляция между возрастом и уровнями антител к вирусу краснухи не выявлена. Среди волонтеров всех возрастных групп доли лиц со средним, высоким и очень высоким уровнями распределились равномерно, а низкие уровни антител (10–25 МЕ/мл) имели не более 4,4% волонтеров. Тем не менее у детей от 6 до 17 лет высокие уровни IgG ($> 200,0$ МЕ/мл) выявляли статистически значимо реже, чем у детей 1–5 лет или взрослых старше 29 лет ($p < 0,05$).

В зависимости от инфекционно-вакцинального статуса мы распределили 2477 человек (которые с уверенностью ответили на вопрос о заболевании и вакцинации) на 4 подгруппы: БНВ ($n = 2$), БВ ($n = 18$), НБНВ ($n = 67$), НБВ ($n = 2390$). Подгруппы БНВ и БВ, включавшие соответственно 2 и 18 человек, были исключены из анализа вследствие малого числа волонтеров (табл. 4).

Среди двух оставшихся подгрупп наибольшие вопросы вызывает подгруппа НБНВ. С точки зрения классической иммунологии эта подгруппа должна быть иммунологически «наивной», но реально доля серонегативных лиц составила всего 8 человек из 67 (11,9%). Что касается серопозитивных волонтеров (88,1%; 95%ДИ: 78,2–93,8), то причина этого феномена скорее всего обусловлена стертым течением краснухи, которое встречается у детей в 61% случаев, а среди взрослых лиц — в 30–50% случаев. В наиболее многочисленной подгруппе НБВ никаких неожиданностей не отмечено: доля серопозитивных лиц составила 95,1% (95%ДИ: 94,2–95,9). Наибольшая доля волонтеров оказалась высоко серопозитивна: высокий (100,1–200 МЕ/мл) и очень высокий (> 200 МЕ/мл) уровни выявлены у 626 человек (26,2%; 95%ДИ: 24,5–28,0) и 788 человек (33%; 95%ДИ: 31,1–34,9) соответственно.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что вакцинация против краснухи, проводимая на контролируемых территориях, позволила сформировать устойчивый популяционный иммунитет. Уровень серонегативных лиц в когорте в целом не превышает 10%, результатом чего является отсутствие случаев манифестных форм краснухи на территории Херсонской области по меньшей мере с 2022 г.

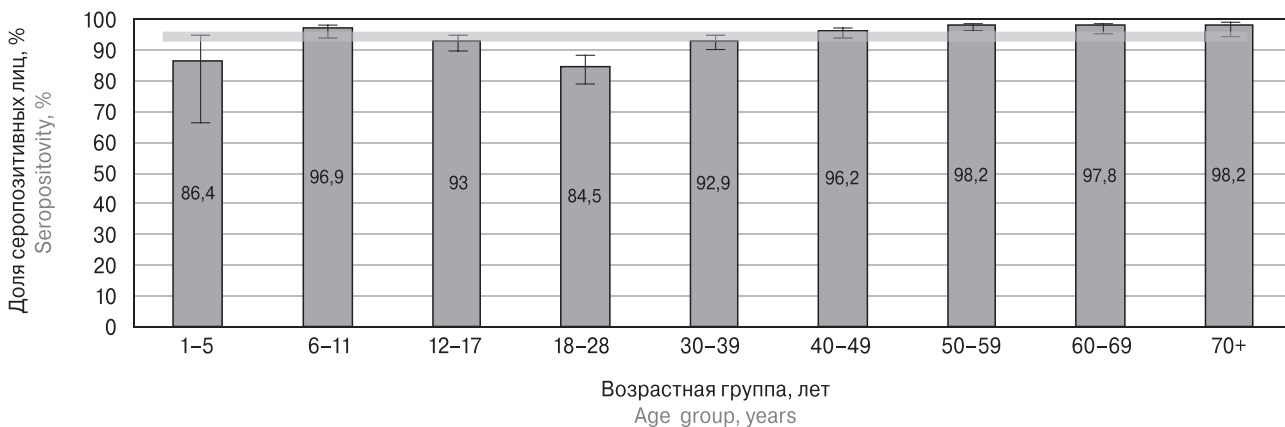


Рисунок 3. Серопревалентность к вирусу краснухи волонтеров Херсонской области разных возрастов

Figure 3. Rubella seroprevalence (IgG) by ages in the Kherson region

Примечание. Вертикальные черные линии — 95%ДИ; горизонтальная полупрозрачная полоса — 95% доверительный интервал среднегоортного значения 95,1% (95%ДИ: 94,2–95,8).

Note. Vertical black lines — 95%CI; horizontal translucent bar — 95% confidence interval of the cohort mean value 95.1% (95%CI: 94.2–95.8).

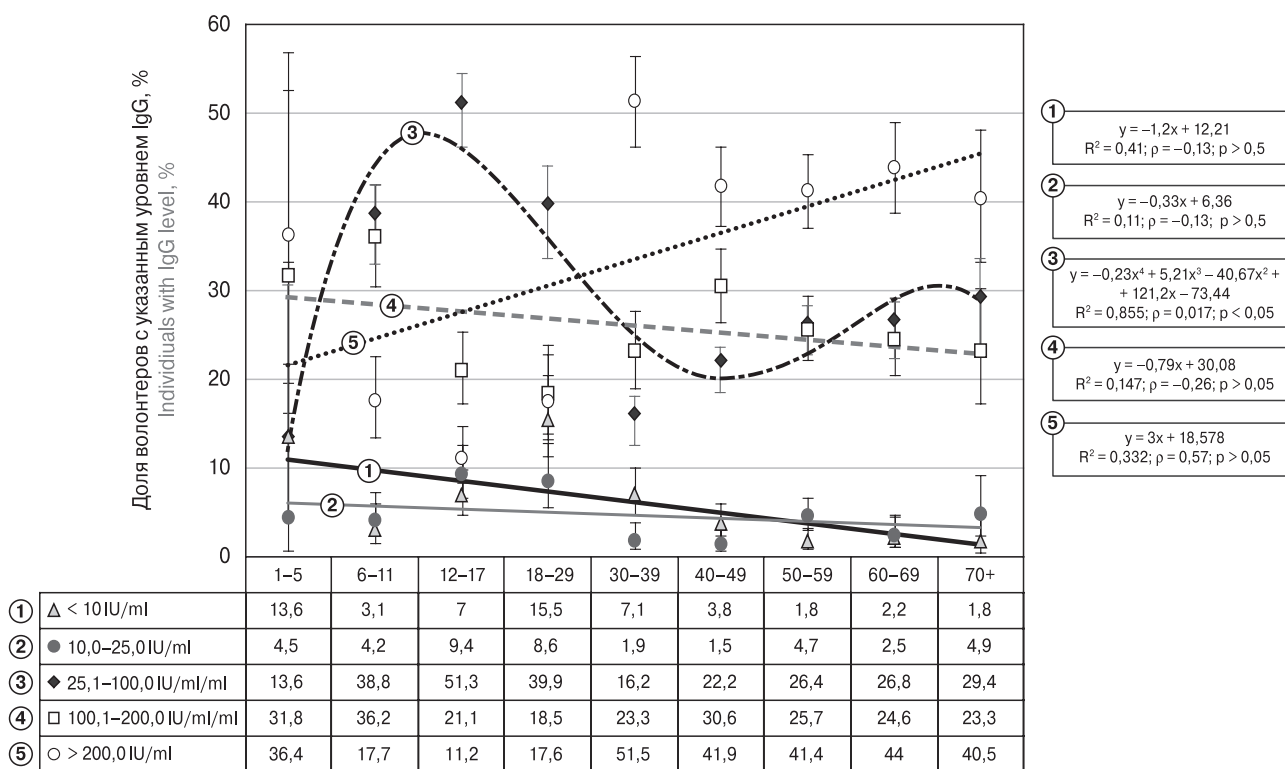


Рисунок 4. Тренды количественного распределения уровней IgG к вирусу краснухи у волонтеров Херсонской области разных возрастов

Figure 4. Trends in the anti-rubella IgG levels by ages in the Kherson region

Примечание. Уравнения регрессии, коэффициенты детерминации (R²), значения коэффициента корреляции по Спирмену (ρ) и значение ρ имеют одинаковую числовую маркировку с соответствующими им линиями трендов. Вертикальные черные линии — 95% доверительные интервалы. По оси абсцисс приведены возрастные интервалы. Доли серопозитивных волонтеров в легенде приведены в процентах.

Note. Regression equations, coefficients of determination (R²), Spearman's rank correlation coefficient (ρ) values, and p values have the same numerical markings as the corresponding trend lines; vertical gray lines are 95% confidence intervals. Vertical black lines represent 95% confidence intervals. The abscissa axis shows age intervals. The proportions of seropositive volunteers in the table below is given in percentage. Antibody levels are given in IU/ml.

Популяционный иммунитет к вирусу эпидемического паротита у населения обследованных регионов Херсонской области

Паротит относится к числу преимущественно детских инфекций. Течение этого заболевания может сопровождаться многочисленными осложнениями, такими как орхит у мальчиков, менингит, нефрит, полинейропатия и др. [14, 27, 38, 43, 44]. Перенесенная инфекция способствует формированию стойкого иммунитета. В нашей стране плановая вакцинация детского населения (в возрасте 12 мес.) началась в 1980 г., в 2001 г. была введена обязательная ревакцинация детей в 6 лет. То есть под плановую вакцинацию против паротита попали волонтеры не старше 42–43 лет.

Наше исследование показало, что в апреле 2024 г. общая серопревалентность к вирусу паротита когорты волонтеров Херсонской области составляла 65,7% (95%ДИ: 64,0–67,5) (рис. 5). Учитывая, что для обеспечения эпидемиологического благополучия по паротиту доля серонегативных лиц не должна превышать 15% [11], очевидно, что уровень популяционного иммунитета недостаточен для предотвращения распространения инфекции на обследованных территориях.

Доли серопозитивных лиц в когорте распределились неравномерно (рис. 6). В детской группе наибольшая доля серопозитивных отмечена в возрасте 6–11 лет и составила 64,6% (95%ДИ: 58,6–70,2). В двух других детских возрастных подгруппах серопревалентность варьировала в пределах 50–55%. Численность детей 1–5 лет составила всего 12 человек, что недостаточно для вывода о реальной серопревалентности в данной группе. Сниженная серопревалентность выявлена среди подростков (12–17 лет) и молодых взрослых (18–39 лет), причем это снижение статистически значимо ($p < 0,05$). Учитывая, что для вакцинации наиболее часто используется трехкомпонентная вакцина (корь, паротит, краснуха), можно было ожидать сходного «провала» серопревалентности при кори и краснухе, что и отмечено в данном исследовании (рис. 1 и 3). Наибольшая доля серопревалентных выявлена среди возрастных волонтеров (50–70+ лет), что может объясняться большей вероятностью перенесенного в детстве паротита или вакцинацией, массово проводившейся в период СССР в детских учреждениях

При оценке серопревалентности к вирусу паротита в зависимости от рода занятий статистически значимые различия выявлены для двух групп: школьники — 55,7% (95%ДИ: 51,7–59,7) и пенсионеры — 87% (95%ДИ: 83,2–90,0), что соответствовало выявленным возрастным отличиям. Серопревалентность медицинских работников (69,3%; 95%ДИ: 65,7–72,6) и работников образования (60,4%; 95%ДИ: 52,4–67,9) не имела статистически значимых различий со среднекогортным значением.

Таблица 4. Уровни IgG к вирусу краснухи у волонтеров, обследованных муниципальных образований Херсонской области, в зависимости от инфекционно-вакцинального статуса

Table 4. Anti-rubella IgG levels in volunteers examined in municipalities of the Kherson region, depending on infectious and vaccination status

Статус Status	N	Серонегативные Seronegative						Серопозитивные Seropositive											
		< 10 МЕ/мл < 10 IU/ml		10–25 МЕ/мл 10–25 IU/ml		25,1–100 МЕ/мл 25,1–100 IU/ml		100,1–200 МЕ/мл 100,1–200 IU/ml		> 200 МЕ/мл > 200 IU/ml		10 – > 200 МЕ/мл 10 – > 200 IU/ml							
		п	%	95%ДИ 95%CI	п	%	95%ДИ 95%CI	п	%	95%ДИ 95%CI	п	%	95%ДИ 95%CI	п	%	95%ДИ 95%CI			
БНВ SNV	2	0	0	–	0	0	–	1	50	9,5–90,5	1	50	9,5–90,5	0	0	–	2	100	34,2–100,0
БВ SV	18	0	0	–	1	5,6	1,0–25,8	3	16,7	5,8–39,2	6	33,3	16,3–56,3	8	44,4	24,6–66,3	18	100	82,4–100,0
НБНВ NSNV	67	8	11,9	6,2–21,8	5	7,5	3,2–16,3	13	19,4	11,7–30,4	20	29,9	20,2–41,7	21	31,3	21,5–43,2	59	88,1	78,2–93,8
НБВ NSV	2390	116	4,9	4,1–5,8	107	4,5	3,7–5,4	753	31,5	29,7–33,4	626	26,2	24,5–28,0	788	33,0	31,1–34,9	2274	95,1	94,2–95,9

Примечание. N — число волонтеров с известным статусом; п — число серопозитивных волонтеров указанного статуса в возрастной группе; % — доля волонтеров с указанным статусом в группе в указанном интервале концентрации IgG; БНВ — болевшие и не вакцинированные; БВ — болевшие и вакцинированные; НБНВ — не болевшие и не вакцинированные; НБВ — не болевшие и вакцинированные; 95%ДИ — 95% доверительные интервалы; Σ — общее число серопозитивных волонтеров. 95%ДИ — 95% доверительный интервал.
 Note. N — number of volunteers with known status; п — number of seropositive volunteers of the specified status in the age group; % — the proportion of volunteers with the specified status in the group in the specified range of IgG concentrations, IU/ml; SNV — sick and non vaccinated; SV — sick and vaccinated; NSNV — never sick and not vaccinated; NSV — never sick and vaccinated; Σ — total number of seropositive volunteers. 95%CI — 95% confidence interval.

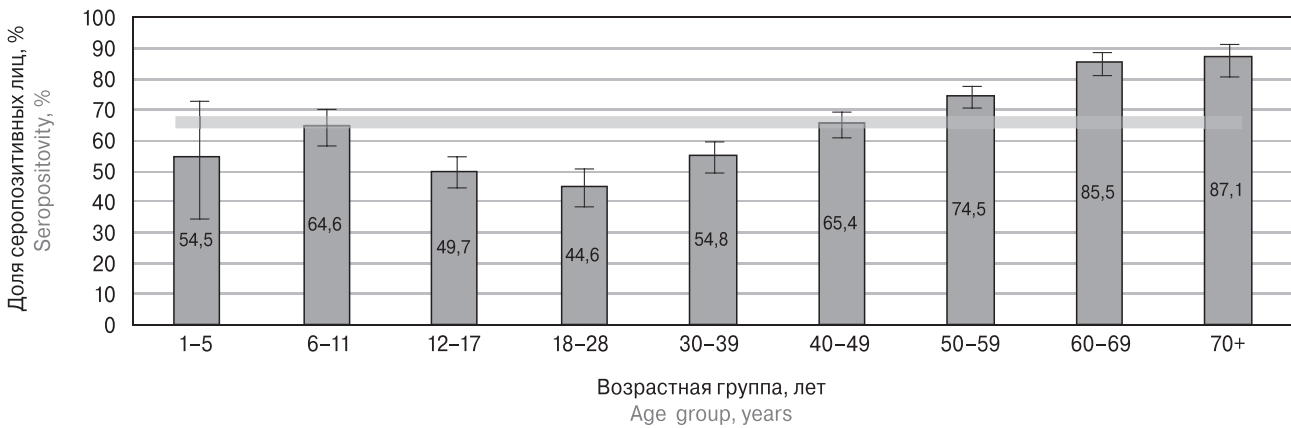


Рисунок 5. Серопревалентность к вирусу эпидемического паротита волонтеров Херсонской области разных возрастов

Figure 5. Mumps seroprevalence (igG) by ages in the Kherson region

Примечание. Вертикальные черные линии — доверительные интервалы; горизонтальная полупрозрачная полоса — 95% доверительный интервал среднегортного значения (65,7%; 95%ДИ: 64,0–67,5).

Note. Vertical black lines are 95% confidence intervals; horizontal translucent bar is the 95% confidence interval of the cohort mean value 65.7% (95%CI: 64.0–67.5).

Тех волонтеров, которые в анкете смогли дать информацию о перенесенном заболевании и вакцинации (2477 человек), разделили на четыре группы: БНВ (n = 2), БВ (n = 31), НБНВ (n = 55), НБВ (n = 2429). Подгруппу БНВ исключили из дальнейшего анализа, поскольку в ней оказалось только 2 волонтера. Наибольшая доля серопозитивных ожидаемо отмечена в группе

болевших вакцинированных волонтеров — 93,5% (95%ДИ: 79,3–98,2), различия с двумя другими группами статистически значимы (p < 0,05). В наиболее многочисленной группе не болевших вакцинированных волонтеров доля серопозитивных составила 64,2% (95%ДИ: 62,3–66,1). В группе волонтеров «наивных» в отношении паротита (не болели, не вакцинированы, НБНВ) серопревалентность, тем не менее, достигала 65,5% (95%ДИ: 52,3–76,6), то есть была ниже, чем среди переболевших (p < 0,05), но не отличалась от вакцинированных (рис.6).

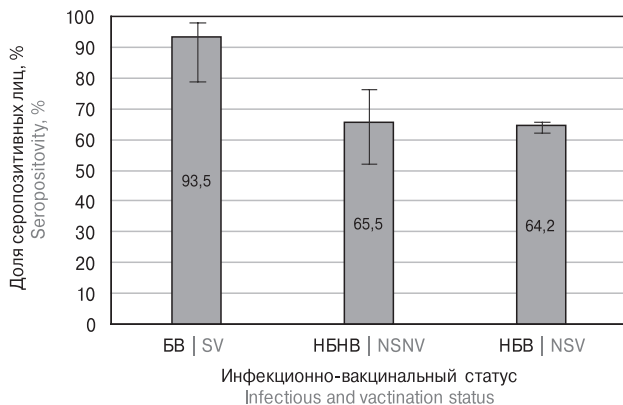


Рисунок 6. Серопревалентность к вирусу паротита волонтеров с разными инфекционно-вакцинальными статусами

Figure 6. Mumps seroprevalence in volunteers with different infectious and vaccination statuses

Примечание. По оси абсцисс: БВ — болевшие и вакцинированные; НБНВ — не болевшие и не вакцинированные; НБВ — не болевшие и вакцинированные; вертикальные черные линии — 95% доверительные интервалы.

Note. X-axis: SV — sick and vaccinated; NSNV — non-sick and non-vaccinated; NSV — non-sick and vaccinated; vertical black lines — 95% confidence intervals.

Популяционный иммунитет к токсину возбудителя дифтерии у населения обследованных регионов

Как уже отмечалось, эпидемическая ситуация по дифтерии благополучна как на территории обследованных регионов Херсонской области, так и в целом по РФ. Среднегортное значение серопозитивности по антителам к дифтерийному токсину волонтеров составило 83,4% (95%ДИ: 81,9–84,7). Максимальные доли серопозитивных (выше среднегортного значения) отмечены среди детей 6–11 лет (90,4%; 95%ДИ: 86,2–93,4) и взрослых 30–49 лет (88,7–89,3%). Уровни ниже среднегортного отмечены у лиц в возрасте 60–69 лет — 76,5% (95%ДИ: 71,9–80,6) и 70 лет старше — 63,8% (95%ДИ: 56,2–70,8). Различия статистически значимы (p < 0,05) (рис. 7).

Полученные результаты в целом соответствуют данным литературы [39]: серопревалентность во всех возрастных группах, за исключением самой старшей, варьировала в пределах доверительного интервала среднегортного значения. Авторами работы показано, что трехкратная

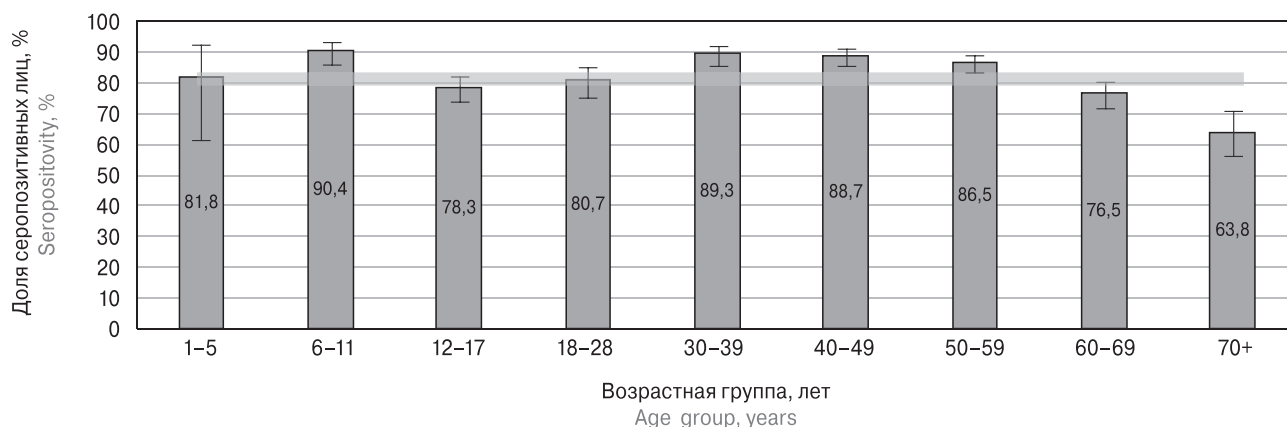


Рисунок 7. Серопревалентность к дифтерийному токсину волонтеров Херсонской области разных возрастов

Figure 7. *C. diphtheriae* toxin seroprevalence by ages in the Kherson region

Примечание. Вертикальные черные линии — доверительные интервалы; горизонтальная полупрозрачная полоса — 95% доверительный интервал среднегокортного значения 83,4% (95%ДИ: 81,9–84,7).

Note. Vertical black lines are confidence intervals; horizontal translucent bar is the 95% confidence interval of the cohort mean value of 83.4% (95%CI: 81.9–84.7).

вакцинация детей защищает их от дифтерии в 87,0% (95%ДИ: 68,0–97,0%) случаев. Однако первичный иммунитет со временем ослабевает: в нашем исследовании показано, что у лиц 70 лет и старше доля серопозитивных минимальна в когорте — 63,8% (95%ДИ: 56,2–70,8).

При группировке волонтеров по роду занятий статистически значимые различия получены для группы пенсионеров (71,8%; 95%ДИ: 67,0–76,2), что соответствовало возрастному распределению серопревалентности. Среди медицинских работников доля серопозитивных была выше среднегокортного значения — 88,2% (95%ДИ: 85,5–90,4, $p < 0,05$).

При анализе количественного распределения уровней серопозитивности среди волонтеров получены тренды возрастного распределения. Доля серонегативных лиц, у которых уровень антител был ниже минимального порога ($< 0,10$ МЕ/мл) варьировал от 9,6 до 36,2%.

У большинства волонтеров выявлены антитела в концентрации 0,1–1,0 МЕ/мл, причем распределение таких лиц в когорте оказалось практически однородным, на уровне 58,9–71,4%. Все наблюдавшиеся отклонения были статистически незначимы, а тренд описывался уравнением прямой, слабо понижавшейся в направлении группы 70+ лет. Что касается волонтеров с содержанием антител в пределах от 1,01 до 1,5 МЕ/мл и $> 1,5$ МЕ/мл соответственно, то тренды также описываются уравнениями линейной регрессии с незначительным наклоном в направлении группы 70+ и близки между собой. Угловой коэффициент для линии регрессии 1,01–1,5 IU/ml составил $-1,31$, а для прямой $> 1,5$ IU/ml — $-1,17$. Различия в коли-

чественном содержании указанных антител в крови во всех возрастных группах были статистически незначимы (рис. 8).

Среди волонтеров отсутствовали переболевшие дифтерией (со слов волонтеров), поэтому был проведен анализ серопревалентности в двух группах: среди волонтеров группы НБНВ (не болевшие не вакцинированные, 42 человека) доля серопозитивных составила 69% (95%ДИ: 54,0–80,9); среди НБВ (не болевшие вакцинированные, 2624 человека) серопозитивными были 83,6 (95%ДИ: 82,1–85,0). Различия статистически значимы.

Серопревалентность «наивных» волонтеров

В когорте волонтеров отдельную группу составляли лица со статусом НБНВ (не болевшие и не вакцинированные), которые отрицали факт заболевания и вакцинации (рис. 8). Эти волонтеры, предположительно, не должны иметь постинфекционного и поствакцинального иммунитета. Тем не менее для всех инфекций, включенных в исследование, обнаружена высокая серопревалентность волонтеров в группе НБНВ: к вирусу кори — 71,1% (95%ДИ: 56,6–82,3), к вирусу краснухи — 88,1% (95%ДИ: 78,2–93,8), к вирусу паротита — 65,5% (95%ДИ: 52,3–76,6), к токсину возбудителя дифтерии — 69% (95%ДИ: 54,0–80,9).

Возрастной анализ показал, что такие волонтеры отсутствовали среди детей 1–5 лет, вероятно, вследствие высокого охвата вакцинацией детей этого возраста и отсутствия случаев заболевания корью, краснухой, паротитом и дифтерией на обследуемой территории в последние годы (рис. 9).

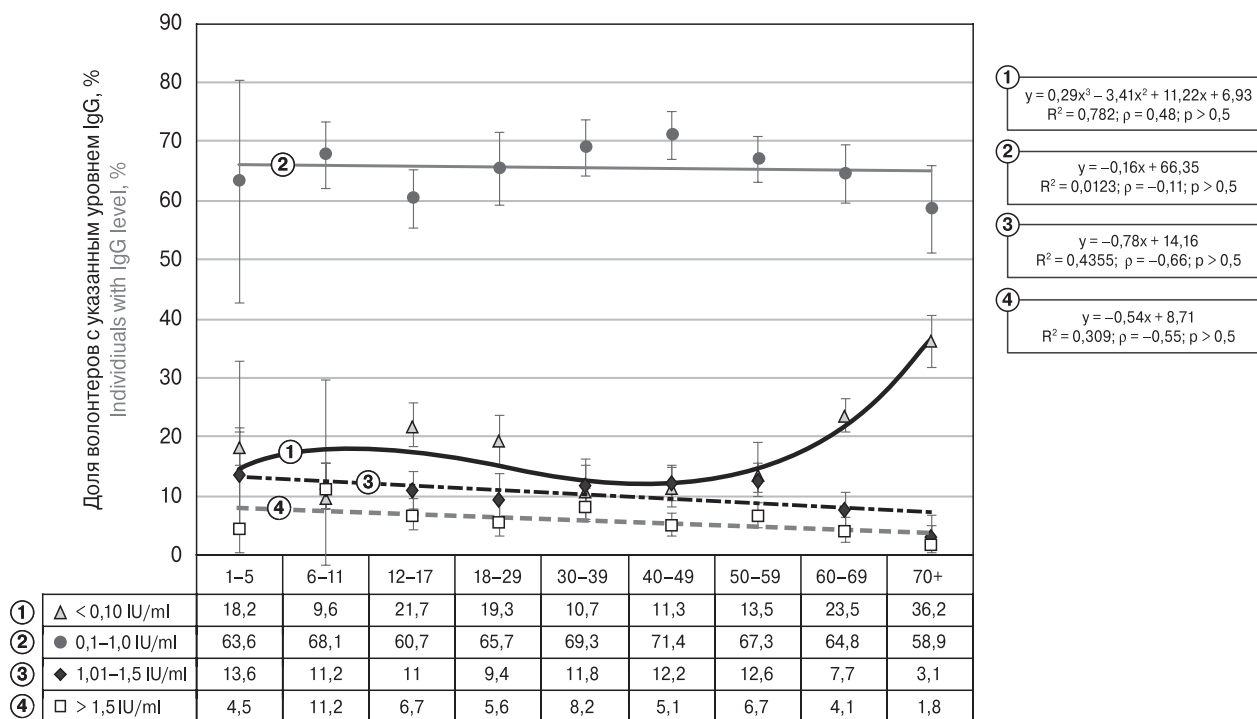


Рисунок 8. Тренды количественного распределения уровней IgG к *C. diphtheriae* у волонтеров разных возрастов

Figure 8. Trends in the quantitative distribution of anti-*C. diphtheriae* IgG levels by ages

Примечание. Уравнения регрессии, коэффициенты детерминации (R^2), значения коэффициента корреляции по Спирмену (ρ) и значение p имеют одинаковую числовую маркировку с соответствующими им линиями трендов; вертикальные черные линии — 95% доверительные интервалы. По оси абсцисс приведены возрастные интервалы. Доли серопозитивных волонтеров в легенде приведены в процентах. Количественные уровни антител выражены в МЕ/мл.
 Note. Regression equations, coefficients of determination (R^2), Spearman's rank correlation coefficient (ρ) values, and p values have the same numerical markings as the corresponding trend lines; vertical black lines are 95% confidence intervals. The abscissa axis shows age intervals. The proportions of seropositive volunteers in the table below is given in percentage. Antibody levels are given in IU/ml.

Как можно видеть, распределение волонтеров, серопозитивных к вирусам кори, краснухи и паротита, носит линейный характер в направлении от группы 6–11 к группе 70+ лет и описывается линейным уравнением вида $y = ax + b$ с близкими значениями угловых коэффициентов: корь — $\text{tg}\alpha = 14,3$; краснуха — $\text{tg}\alpha = 14,8$; паротит — $\text{tg}\alpha = 12,4$. Выявлена прямая корреляция между долей серопозитивных лиц и увеличением возраста волонтеров в отношении кори и паротита (коэффициент корреляции Спирмена $\rho 0,946$ и $0,762$). В отличие от вирусных ВУИ для дифтерии зависимость серопозитивности от возраста отсутствовала.

Обсуждение

Популяционный иммунитет является одним из ключевых механизмов защиты от многих инфекций, способных к эпидемическому распространению. Часть этих заболеваний вызвана вирусами (корь, краснуха, паротит, полиомиелит, грипп), другая имеет бактериальную этио-

логию (дифтерия, коклюш, столбняк, туберкулез и др.). Общим признаком всех перечисленных инфекций является наличие эффективных вакцин, обеспечивающих управление эпидемическим процессом. Неслучайно эта группа инфекций названа вакциноуправляемыми (ВУИ). Широкое применение вакцин способствовало значительному снижению уровня инфекционной заболеваемости до уровня спорадических случаев. В основе механизма действия этих лечебно-профилактических препаратов лежит способность клеточных и гуморальных систем врожденного и приобретенного иммунитета подавлять размножение и передачу патогенных возбудителей среди населения. В ответ на применение вакцинного препарата формируется специфическая невосприимчивость индивидуума к конкретному возбудителю. Когда доля невосприимчивых индивидуумов превысит минимально необходимый порог популяционного иммунитета, эпидемический процесс спонтанно завершится из-за невозможности дальнейшей передачи возбудителя [23, 28, 31].

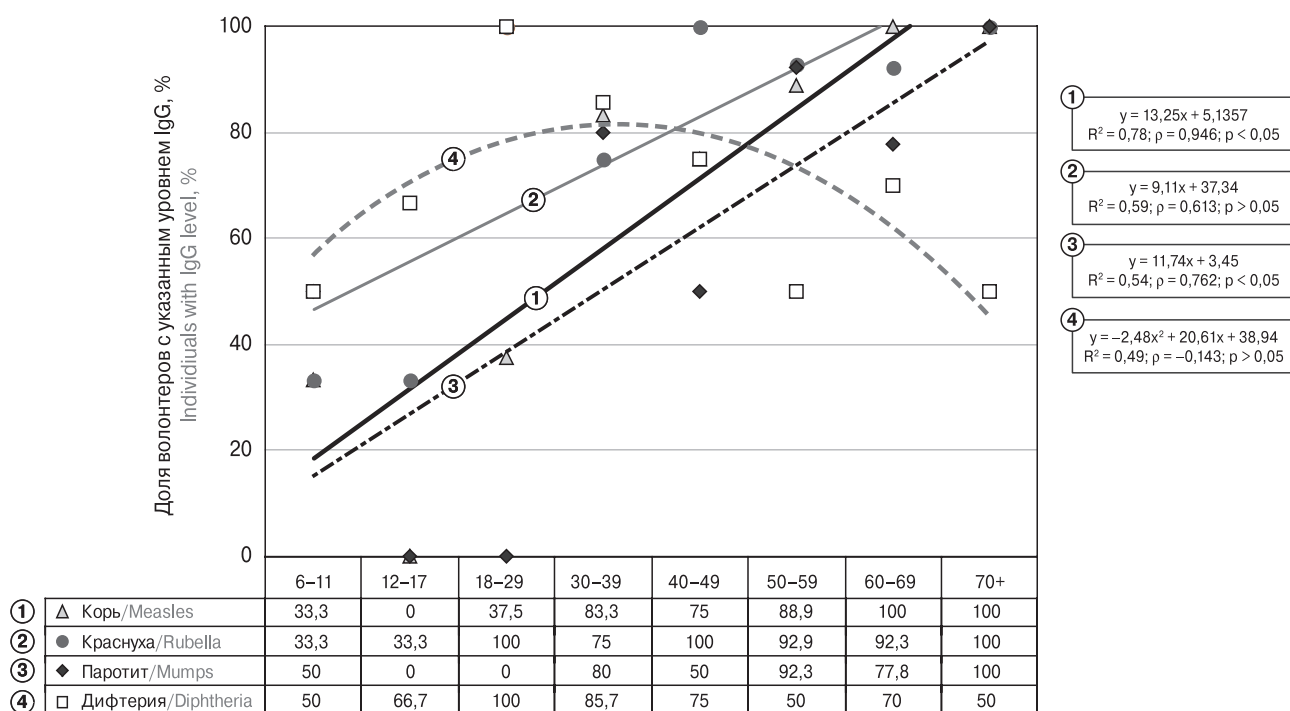


Рисунок 9. Тренды серопревалентности к вирусам кори, краснухи, паротита и токсину возбудителя дифтерии в возрастных группах «наивных» волонтеров (не болевшие и не вакцинированные)

Figure 9. Trends in seroprevalence of measles, rubella, mumps, and diphtheria toxin by ages of “naive” volunteers (those who had not been ill and non-vaccinated)

Примечание. Линии трендов и уравнения регрессии имеют одинаковую числовую маркировку с соответствующими им линиями трендов. Значения точек приведены в процентах в таблице данных под рисунком.

Note. Trend lines and regression equations have the same numerical markings as the corresponding trend lines. The data point values are given in percentage in the data table below the figure.

Ярким примером роли вакцины в полном подавлении распространения инфекции является победа над вирусом оспы человека [22]. В настоящее время общепризнано, что вакцинопрофилактика ВУИ — наиболее эффективный способ противоэпидемиологической защиты населения [5].

Одним из наиболее контагиозных возбудителей ВУИ считается вирус кори, базовый коэффициент воспроизведения (R_0) которого составляет 9–18 [37], хотя некоторые исследователи представляют меньшие значения, рассчитанные на основе иных математических моделей [21]. Однако, независимо от методов расчета R_0 , целевой охват вакцинацией населения для достижения защитного порога должен составлять не менее 95% [16]. Согласно действующим российским нормативным документам, для обеспечения эпидемиологического благополучия доля серонегативных лиц в популяции не должна превышать 10% [11].

С момента вхождения обследованных территорий Херсонской области в состав Российской Федерации случаев кори среди населения не зарегистрировано. По результатам проведенных исследований серопревалентность к вирусу кори населения обследованных муниципаль-

ных образований составила в среднем 83,4% (95%ДИ: 82,0–84,7). Наименее защищенными оказались возрастные группы 18–39 лет, среди которых доля серопозитивных не достигала 70%, наиболее защищенными — лица 60 лет и старше. Около 70% лиц старшего возраста имели высокие уровни антител к вирусу кори, что характерно прежде всего для постинфекционного иммунитета и может свидетельствовать о том, что высокая серопозитивность лиц старше 60 лет обусловлена перенесенной в детском возрасте инфекцией. Малочисленность группы 1–5 лет не позволяет делать достоверные выводы о серопревалентности, среди детей 6–11 лет доля серопозитивных была достаточной (90,8%), но снижалась до 78,3% у подростков 12–17 лет.

Существенной предпосылкой сохранения эпидемиологического благополучия по кори можно признать «подчищающую» вакцинацию против кори, развернутую в Херсонской области с 2023 г. Свидетельством ее эффективности является высокая доля лиц со статусом НВВ (2325 человек) в общей популяции волонтеров, среди которых серопревалентность составила 82,3%.

Так же как и в отношении кори, за последние 3 года случаи манифестного заболевания краснухой на территории обследованных регионов Херсонской области не зарегистрированы. Средняя серопревалентность по когорте составила 95,1% и была достаточна для обеспечения эпидемиологического благополучия (не более 10% серонегативных лиц) [11]. Распределение серопозитивности по возрастам варьировало в пределах 84,5–98,2. Статистически значимых различий в распределении по возрасту не выявлено, за исключением лиц 18–29 лет (84,5%), которые оказались группой, наименее защищенной от инфекции. Такой высокий уровень серопревалентности соответствует уровням, выявленным в других исследованиях как в Российской Федерации, так и за рубежом [8, 32, 33, 34]. Вместе с тем в 2024 г. в России, по данным ВОЗ, зарегистрировано 104 случая краснухи [10], в отличие от Херсонской области, где, начиная с 2022 г. случаев краснухи не выявлено. Во всех возрастных группах преобладали волонтеры с уровнем антител от 25 до 100 МЕ/мл (40–72%). Доля «высоко серопозитивных» лиц (> 200 МЕ/мл) увеличивалась с возрастом до 40–50%.

Эффективность вакцинации против краснухи подтверждает высокая доля серопозитивных лиц среди вакцинированных (95,1%), а также то, что около 60% вакцинированных волонтеров имели уровни антител 100 МЕ/мл и выше. Приведенные данные свидетельствуют о том, что вакцинация против краснухи, проводимая на контролируемых территориях, позволила сформировать устойчивый популяционный иммунитет, уровень серонегативных лиц в когорте в целом не превышает 10%, результатом чего является отсутствие случаев манифестных форм краснухи на территории Херсонской области по меньшей мере с 2022 г.

Несмотря на то, что эпидемический паротит считается легкой самоограничивающейся инфекцией, заболевание может осложняться развитием орхита у мужчин, мастита и оофорита у женщин, а также панкреатита и даже неврологических осложнений в виде энцефалита и приобретенной нейросенсорной тугоухости [12, 39, 43, 44]. Вирус паротита менее контагиозен, чем вирус кори: среднее значение базового числа воспроизведения R_0 может меняться от 4–7 до 11–14 [20, 23]. До введения вакцинации заболевание было широко распространено во всем мире: манифестными формами паротита переболело до 6% населения [19, 31]. Ведущим направлением снижения заболеваемости является вакцинопрофилактика живой аттенуированной вакциной, чаще всего в составе комбинированного препарата, содержащего вакцины против кори, краснухи и паротита (MMR).

С момента разработки и внедрения вакцины в 1967 г. заболеваемость паротитом удалось многократно снизить, хотя полное искоренение инфекции пока не достигнуто. В России внедрение плановой вакцинации против паротита в 1980 г. и ревакцинации в 2001 г. способствовало формированию популяционного иммунитета и снижению заболеваемости [11]. Наше исследование показало, что среднекогортное значение серопревалентности к вирусу паротита (65,7%) у населения Херсонской области недостаточно для поддержания эпидемиологического благополучия в отношении этой инфекции. Требуемая доля серонегативных лиц (не более 15%) достигнута только в старших возрастных группах — 60 лет и старше. Только половина волонтеров среди подростков и лиц 18–39 лет имели антитела к вирусу паротита, что может быть связано со снижением уровня поствакцинального иммунитета после ревакцинации в 6–7 лет и отсутствием постинфекционного иммунитета в связи с низкой заболеваемостью. Лица старше 40 лет имели возможность переболеть паротитом в детском возрасте до введения вакцинации, что привело к формированию постинфекционного иммунитета и повышению серопревалентности в этих возрастных группах. Среди волонтеров, переболевших паротитом, уровень серопревалентности (93,5%) значительно превышал таковой у вакцинированных и не болевших (64,2%), что свидетельствует о большей стойкости постинфекционного иммунитета по сравнению с поствакцинальным.

Обращает на себя внимание наличие лиц, серопозитивных к вирусам кори, краснухи и паротита, среди «наивных» волонтеров, которые отрицали факт заболевания и вакцинации, и, как следствие, не должны были иметь иммунитета к данным инфекциям. Тем не менее, серопревалентность таких волонтеров составила 65,5–88,1%, при этом отмечена тенденция роста серопревалентности с возрастом. Если не принимать во внимание, что некоторые волонтеры или родители детей могли забыть факт заболевания и вакцинации, это свидетельствует о недостаточной лабораторной диагностике ВУИ, которая может быть обусловлена в том числе большим количеством стертых форм инфекции. Волонтеры старшего возраста не только переболели «детскими» инфекциями (вероятно, в легкой форме), но и получили естественный бустер-эффект при контакте с инфицированными лицами. Это подтверждается и тем, что в старших возрастных группах уровни антител к вирусам кори и краснухи выше, чем у детей.

Эпидемическая ситуация в отношении дифтерии остается благополучной на протяжении многих лет. В Российской Федерации манифестных случаев дифтерии не наблю-

далось с 2022 г., на обследованных территориях Херсонской области за этот период случаи дифтерии также не регистрировались. Благополучная ситуация является следствием активной вакцинальной политики в отношении дифтерии в рамках национального календаря прививок: первичная 3-кратная вакцинация детей до 1 года, 3-кратная ревакцинация детей до 14 лет и последующая ревакцинация взрослых через каждые 10 лет. В обследованной когорте волонтеров Херсонской области у 78–90% населения от 1 года до 59 лет сформирован гуморальный антитоксический иммунитет, практически во всех возрастных группах от 1 года до 59 лет. Средневзвешенное значение серопозитивности в популяции, за исключением двух старших возрастных групп (60–69 лет, 70 лет и старше), составило 85,8% (95%ДИ: 84,4–87,2). В двух последних группах аналогичный показатель снизился до 72,5% (95%ДИ: 68,3–76,2). Статистически значимое снижение серопревалентности среди лиц старше 60 лет можно в определенной степени объяснить возрастными ограничениями для проведения ревакцинации и связанной с этим сниженной комплаентностью, что подтверждается и данными других авторов [39]. В когорте преобладали волонтеры с уровнями антитоксических антител 0,1–1,0 МЕ/мл (защитный уровень), причем распределение таких лиц в возрастных группах оказалось практически однородным, на уровне 58,9–71,4%. Полученные нами данные согласуются с общей характеристикой дифтерии, которая относится к заболеваниям средней степени контагиозности. Базовое число воспроизведения (R_0) *C. diphtheriae* для не вакцинированной популяции варьирует в пределах 4,7–14,8 и снижается до 1,17 для полностью вакцинированной популяции [18, 42]. Анализ инфекционно-вакцинального статуса волонтеров показал, что обследованная когорта соответствует понятию «полностью вакцинированная популяция»: при полном отсутствии лиц, переболевших дифтерией, и незначительной доли не вакцинированных лиц (1,5%) подавляющее большинство волонтеров были привиты от дифтерии с показателем серопревалентности 83,6%. В такой популяции (при R_0 около 1,0) риск появления спорадических заболеваний, а тем более эпидемического распространения, остается низким.

В целом анализ серопозитивности к дифтерии среди волонтеров свидетельствует о том, что введенная в СССР и продолженная в РФ тактика массового применения вакцины АКДС способствовала практически полному искоренению дифтерии среди населения. Так, согласно официальным данным Роспотребнадзора, с 2022 г. на территории страны не было выяв-

лено ни одного случая дифтерии [6]. Вместе с тем, учитывая риск завозных случаев, а также сниженную серопревалентность в старших возрастных группах, работа по профилактике указанного заболевания должна продолжаться. Следует обратить внимание на высокую долю серопозитивных среди «наивных» волонтеров — 69%. Это обусловлено в том числе тем, что у 30% не вакцинированных лиц инфекция протекает в виде бессимптомного носительства [39], не сопровождается лабораторным исследованием и постановкой диагноза.

В целом полученные для Херсонской области данные согласуются с результатами аналогичных исследований, проведенных ранее в некоторых регионах Российской Федерации (Западная Сибирь, Санкт-Петербург и Ленинградская область), а также за рубежом (Сербия, Киргизия), где тоже отмечается «провал» уровня популяционного иммунитета к вирусам кори и паротита у подростков и взрослых 18–39 лет, а также к дифтерии у лиц старшего возраста [8, 32, 33, 34].

Заключение

На момент обследования уровень популяционного иммунитета населения обследованных территорий Херсонской области соответствовал критерию эпидемиологического благополучия только в отношении краснухи — доля серонегативных лиц составила менее 10%. Максимальная доля лиц, серонегативных к возбудителям кори, краснухи и паротита, отмечена среди волонтеров подросткового и молодого возраста. В отношении дифтерии снижение серопревалентности отмечено среди волонтеров 60 лет и старше. Недостаточная серопревалентность к вирусам кори и паротита, а также возбудителю дифтерии, создает условия для распространения этих инфекций в наименее защищенных возрастных группах.

Ограничения исследования

Авторы хотели бы отметить несколько факторов, которые могут повлиять на репрезентативность выборки или выводы, сделанные в результате анализа данных. Жители, которые больше заботятся о своем здоровье и здоровье своих близких (в первую очередь женщины и медицинские работники), с большей вероятностью принимают участие в исследованиях такого рода. Первоначально информация об анамнезе (болезни, вакцинации) была взята из устных заявлений добровольцев и из предоставленных ими сертификатов о вакцинации. Учитывая неблагоприятную социальную ситуацию в Херсонской области в последние годы, для большинства взрослых волонтеров не представлялось возможным подтвердить инфекци-

онно-вакцинальный статус медицинской документацией. Авторы понимают, что для взрослых участников существует высокая вероятность того, что доброволец может не помнить о перенесенных ранее заболеваниях или вакцинации.

Дополнительная информация

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Пеньковской Н.А. — руководителю Межрегионального управления Роспотребнадзора по Республике Крым и городу федерального значения Севастополю, и Каськову Ю.Н. — руководителю Управления Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту за содействие в решении организационных вопросов при реализации исследования; сотрудникам ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера: Глазковой Е.С., Щедеркиной Е.Е., Яковлевой А.М. за участие в проведении ИФА-исследований проб.

Список литературы/References

1. Баум Т.Г., Первишко О.В. Вакциноуправляемые инфекции: специфическая профилактика и противоэпидемические мероприятия: Учебное пособие для студентов педиатрических факультетов медицинских вузов. Под ред. В.А. Шашель. Краснодар, 2019. 160 с. [Baum T.G., Pervishko O.V. Vaccine-preventable infections: specific prevention and anti-epidemic measures: A textbook for students of pediatric faculties of medical universities. Ed. by Shashel V.A. *Krasnodar, 2019. 160 p. (In Russ.)*]
2. Вакцины и иммунопрофилактика в современном мире / Под ред. Л.С. Намазовой-Барановой, Н.И. Брико, И.В. Фельдблюм. М.: Педиатр, 2021. [Vaccines and Immunoprophylaxis in the Modern World. Ed. by Namazova-Baranova L.S., Briko N.I., Feldblyum I.V. *Moscow: Pediatr, 2021. (In Russ.)*]
3. Калькуляторы Radar. [Radar-research calculators]. URL: <https://radar-research.ru/instruments/calculators> (29.04.2024)
4. Медицинская статистика. [Medical Statistics]. URL: <https://medstatistic.ru> (15.04.2024)
5. Минаева В.А., Голубкова А.А. Современное состояние вакцинации и ее ресурсное обеспечение в постпандемический период: научный обзор // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2024. Т. 29, № 6. С. 432–443. [Minaeva V.A., Golubkova A.A. Current state of vaccination and its resource provision in the post-pandemic period: a scientific review. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni = Epidemiology and Infectious Diseases, 2024, vol. 29, no. 6, pp. 432–443. (In Russ.)* doi: 10.17816/EID636229]
6. О профилактике дифтерии: пресс-релиз. [On the prevention of diphtheria: press release. (In Russ.)] URL: <https://77.rosпотребнадзор.ru/index.php/press-centr/press-relizy/13578-o-profilaktike-difterii-05-11-2024> (27.02.2025)
7. 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., Totolian A.A. Methodology for assessing collective 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]
8. Русакова Е.В., Семенов Т.А., Щербак А.Г., Николаева О.Г., Шапошников А.А. Современная эпидемическая ситуация в отношении инфекций, управляемых с помощью массовой вакцинопрофилактики, в Западной Сибири // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2012. № 6. С. 4–9. [Rusakova E.V., Semenov T.A., Shcherbakov A.G., Nikolaeva O.G., Shaposhnikov A.A. Current epidemiological situation regarding infections controlled by mass vaccination in Western Siberia. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni = Epidemiology and Infectious Diseases, 2012, no. 6, pp. 4–9. (In Russ.)*]
9. Харсеева Г.Г., Лабушкина А.В., Москаленко Е.П., Бабаянц А.А. Вакцинация против дифтерии и столбняка детей с аллергическими заболеваниями // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2010. № 1. С. 63–66. [Kharseeva G.G., Labushkina A.V., Moskalenko E.P., Babayants A.A. Vaccination against diphtheria and tetanus of children with allergic diseases. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika = Epidemiology and Vaccine Prevention, 2010, no. 1, pp. 63–66. (In Russ.)*]
10. Эпидемиологическая справка ВОЗ. [WHO Epidemiological Brief. (In Russ.)] URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/378203/WHO-EURO-2024-10248-50020-75274-rus.pdf?sequence=1> (23.02.2025)
11. Эпидемиологический надзор за корью, краснухой и эпидемическим паротитом: методические рекомендации 3.1.2.4075-24; утв. Главным государственным санитарным врачом РФ, 25.12.2024. [Epidemiological surveillance of measles, rubella and mumps: methodological recommendations 3.1.2.4075-24; approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on 12.25.2024 (In Russ.)]
12. Эпидемический паротит: Стандарты эпиднадзора за управляемыми инфекциями. [Mumps: Surveillance Standards for Vaccine-Preventable Diseases. (In Russ.)] URL: <https://www.who.int/ru/publications/m/item/vaccine-preventable-diseases-surveillance-standards-mumps> (27.05.2025)
13. 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. doi: 10.2307/2685469
14. Banerjee A., Suthar R., Vyas S., Singh M.P. Acute disseminated encephalomyelitis: complication of a vaccine preventable disease. *BMJ Case Rep.*, 2018, vol. 11, no. 1: e225710. doi: 10.1136/bcr-2018-225710
15. Boisdenghien T., Genot J., Kaabour M., Derwa A., Rizzi S., Belleflamme M. Respiratory Diphtheria in a 16-Year-Old Who Developed Multiple Life-Threatening Complications. *J. Am. Coll. Emerg. Physicians Open*, 2025, vol. 6, no. 2: e100043. doi: 10.1016/j.acepjo.2025.100043

16. Coughlin M.M., Beck A.S., Bankamp B., Rota P.A. Perspective on Global Measles Epidemiology and Control and the Role of Novel Vaccination Strategies. *Viruses*, 2017, vol. 9, no. 1: 11. doi: 10.3390/v9010011
17. Ershov A.E., Sorokina T.S., Ermolaev A.V. Gaston Ramon (to Centenary of the discovery of anatoxins). *Probl. Sotsialnoi Gig. Zdravookhranennii i Istor. Med.*, 2023, vol. 31, no. 5, pp. 1035–1040. doi: 10.32687/0869-866X-2023-31-5-1035-1040
18. Fauzi I.S., Nuraini N., Sari A.M., Wardani I.B., Taurustiati D., Simanullang P.M., Lestari B.W. Assessing the impact of booster vaccination on diphtheria transmission: Mathematical modeling and risk zone mapping. *Infect. Dis. Model.*, 2024, vol. 9, no. 1, pp. 245–262. doi: 10.1016/j.idm.2024.01.004
19. Galazka A.M., Robertson S.E., Kraigher A. Mumps and mumps vaccine: a global review. *Bull. World Health Organ.*, 1999, vol. 77, no. 1, pp. 3–14.
20. Gupta R.K., Best J., MacMahon E. Mumps and the UK epidemic 2005. *BMJ*, 2005, vol. 330, no. 7500, pp. 1132–1135. doi: 10.1136/bmj.330.7500.1132
21. Kuddus M.A., Mohiuddin M., Rahman A. Mathematical analysis of a measles transmission dynamics model in Bangladesh with double dose vaccination. *Sci. Rep.*, 2021, vol. 11, no. 1: 16571. doi: 10.1038/s41598-021-95913-8
22. Ladnyi I.D., Breman J.G. Smallpox eradication: progress and problems. *Dev. Biol. Stand.*, 1978, vol. 41, pp. 281–290.
23. Li Y., Liu X., Wang L. Modelling the Transmission Dynamics and Control of Mumps in Mainland China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2017, vol. 15, no. 1: 33. doi: 10.3390/ijerph15010033
24. McLean H.Q., Fiebelkorn A.P., Temte J.L., Wallace G.S.; Centers for Disease Control and Prevention. Prevention of measles, rubella, congenital rubella syndrome, and mumps, 2013: summary recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP). *MMWR Recomm. Rep.*, 2013, vol. 62, no. RR-04, pp. 1–34.
25. Nallaparaju J., Saravanan J., A P.K. Mumps Infection Complicated by Hepatitis. *Indian J. Pediatr.*, 2025, vol. 92, no. 7: 793. doi: 10.1007/s12098-025-05586-8
26. Naureckas L.C., Kaplan S.L., Edwards K.M., Marshall G.S., Parker S., Mary Healy C. What's Old Is New Again: Measles. *Pediatrics*, 2025, vol. 155, no. 6: e2025071332. doi: 10.1542/peds.2025-071332
27. Ohfuji S., Takagi A., Nakano T., Kumihashi H., Kano M., Tanaka T. Mumps-Related Disease Burden in Japan: Analysis of JMDC Health Insurance Reimbursement Data for 2005–2017. *J. Epidemiol.*, 2021, vol. 31, no. 8, pp. 464–470. doi: 10.2188/jea.JE20200048
28. Omer S.B., Yildirim I. Further Evidence of MMR Vaccine Safety: Scientific and Communications Considerations. *Ann. Intern. Med.*, 2019, vol. 170, no. 8, pp. 567–568. doi: 10.7326/M19-0596
29. Pitchaikani S., Govindan P., Shakila H. Maternal exposure to rubella infection elevates risk of congenital rubella syndrome (CRS). *Int. Rev. Neurobiol.*, 2025, vol. 180, pp. 501–526. doi: 10.1016/bs.irm.2025.04.008
30. Plans P. New preventive strategy to eliminate measles, mumps and rubella from Europe based on the serological assessment of herd immunity levels in the population. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.*, 2013, vol. 32, no. 7, pp. 961–966. doi: 10.1007/s10096-013-1836-6
31. Pomeroy L.W., Magsi S., McGill S., Wheeler C.E. Mumps epidemic dynamics in the United States before vaccination (1923–1932). *Epidemics*, 2023, vol. 44: 100700. doi: 10.1016/j.epidem.2023.100700
32. Popova A.Y., 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., Drobyshvskaya 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. *Infektsiya i immunitet = Russian Journal of Infection and Immunity*, 2024, vol. 14, no. 6, pp. 1187–1208. doi: 10.15789/2220-7619-HIT-17797
33. Popova A.Y., Smirnov V.S., Egorova S.A., Dragačević L., Milichkina A.M., Protić J., Danilova E.M., Drozd I.V., Petrušić M., Zhimbaeva O.B., Glazkova E.S., Gutić N., Ivanov V.A., Ramsay E.S., Kotsar O.V., Smolensky V.Y., Totolian A.A. Herd Immunity to the Measles, Mumps and Rubella Viruses Among the Belgradian Population in May, 2024. *Vaccines*, 2025, vol. 13, no. 6: 652. doi: 10.3390/vaccines13060652
34. Popova A.Y., Smirnov V.S., Egorova S.A., Nurmatov Z.S., Milichkina A.M., Drozd I.V., Dadanova G.S., Zhumagulova G.D., Danilova E.M., Kasymbekov Z.O., Drobyshvskaya V.G., Sattarova G.Z., Zhimbaeva O.B., Ramsay E.S., Nuridinova Z.N., Ivanov V.A., Urmanbetova A.K., Totolian A.A. Collective Immunity to the Measles, Mumps, and Rubella Viruses in the Kyrgyz Population. *Vaccines*, 2025, vol. 13, no. 3: 249. doi: 10.3390/vaccines13030249
35. Sapozhnikov I.I. A comparative study of the immunological efficacy of vaccination with pertussis-diphtheria and pertussis-diphtheria-tetanus nonadsorbed and sorbed vaccines. *Zh. Mikrobiol. Epidemiol. Immunobiol.*, 1965, vol. 42, no. 11, pp. 86–89.
36. Shah N., Ghosh A., Kumar K., Dutta T., Mahajan M. A review of safety and immunogenicity of a novel measles, mumps, rubella (MMR) vaccine. *Hum. Vaccin. Immunother.*, 2024, vol. 20, no. 1: 2302685. doi: 10.1080/21645515.2024.2302685
37. Thompson K.M. Evolution and use of dynamic transmission models for measles and rubella risk and policy analysis. *Risk Anal.*, 2016, vol. 36, no. 7, pp. 1383–1403. doi: 10.1111/risa.12637
38. Trabert B., Graubard B.I., Erickson R.L., McGlynn K.A. Childhood infections, orchitis and testicular germ cell tumours: a report from the STEED study and a meta-analysis of existing data. *Br. J. Cancer*, 2012, vol. 106, no. 7, pp. 1331–1334. doi: 10.1038/bjc.2012.45
39. 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, no. 1, pp. 89–97. doi: 10.1093/cid/ciz808
40. Wald A., Wolfowitz J. Confidence limits for continuous distribution functions. *Ann. Math. Statist.*, 1939, vol. 10, no. 2, pp. 105–118. URL: www.jstor.org/stable/2235689. Access date: 10/07/2021
41. Wicker S., Maltezou H.C. Vaccine-preventable diseases in Europe: where do we stand? *Expert Rev. Vaccines*, 2014, vol. 13, no. 8, pp. 979–987. doi: 10.1586/14760584.2014.933077
42. 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

43. Yoo J.W., Tae B.S., Chang H.K., Song M.S., Cheon J., Park J.Y., Bae J.H. Epidemiology of mumps, mumps complications, and mumps orchitis in Korea using the National Health Insurance Service database. *Investig. Clin. Urol.*, 2023, vol. 64, no. 4, pp. 412–417. doi: 10.4111/icu.20230064
44. Yung C.F., Ramsay M. Estimating true hospital morbidity of complications associated with mumps outbreak, England, 2004/05. *Euro Surveill.*, 2016, vol. 21, no. 33: 30320. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2016.21.33.30320

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 лаборатории молекулярной иммунологии ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Егорова С.А., д.м.н., зам. директора по инновациям ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Миличкина А.М., к.м.н., главный врач медицинского центра ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Туров В.М., руководитель Управления Роспотребнадзора по Херсонской области, г. Херсон, Россия;

Дрозд И.В., к.б.н., зав. центральной клинико-диагностической лабораторией ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Васильева З.В., начальник отдела Управления Роспотребнадзора по Херсонской области, г. Херсон, Россия;

Жимбаева О.Б., зав. лабораторией молекулярно-генетической диагностики медицинского центра ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Губанова А.В., врач клинической лабораторной диагностики Центральной клинико-диагностической лаборатории Медицинского центра ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Буц Л.В., к.м.н., специалист 1-й категории, ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Зоткин Н.Н., лаборант-исследователь медицинского центра ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Арбузова Т.В., младший научный сотрудник группы эпидемиологического мониторинга и прогнозирования ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Демидюк О.И., зам. министра здравоохранения, Министерство здравоохранения Херсонской области, г. Херсон, Россия;

Иванов В.А., IT-аналитик ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия;

Дымченко Г.Б., главный врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Херсонской области», г. Херсон, Россия;

Тотолян А.А., д.м.н., профессор, академик РАН, зав. лабораторией молекулярной иммунологии, директор ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера, Санкт-Петербург, Россия.

Authors:

Popova A.Yu., DSc (Medicine), Professor, Head of the Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russian Federation;

Smirnov V.S., DSc (Medicine), Professor, Leading Researcher, Laboratory of Molecular Immunology, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Egorova S.A., DSc (Medicine), Deputy Director for Innovation, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Milichkina A.M., PhD (Medicine), Head Physician of the Medical Center of St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Turov V.M., Head of the Rospotrebnadzor Office for Kherson Oblast, Kherson, Russian Federation;

Drozd I.V., PhD (Biology), Head of the Central Clinical Diagnostic Laboratory, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Vasilyeva Z.V., Head of the Department of Rospotrebnadzor Office for Kherson Oblast, Kherson, Russian Federation;

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

Gubanova A.V., Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics, Central Clinical Diagnostic Laboratory of the Medical Center, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Buts L.V., PhD (Medicine), 1st Category Specialist at the St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Zotkin N.N., Research Laboratory Assistant, Medical Center of St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Arbuzova T.V., Junior Researcher, Epidemiological Monitoring and Forecasting Group, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Demidyuk O.I., Deputy Minister of Health, Ministry of Health of Kherson Oblast, Kherson, Russian Federation;

Ivanov V.A., IT analyst, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation;

Dymchenko G.B., Head Physician, Center for Hygiene and Epidemiology in the Kherson Region, Kherson, Russian Federation;

Totolian A.A., RAS Full Member, DSc (Medicine), Professor, Head at the Laboratory of Molecular Immunology, Director, St. Petersburg Pasteur Institute, St. Petersburg, Russian Federation.