



# Состояние популяционного иммунитета к кори в России: систематический обзор и метаанализ эпидемиологических исследований

Ноздрачева А.В.<sup>✉</sup>, Семенов Т.А.

ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи», 123098, Москва, Россия

**Введение.** Комплексная оценка состояния популяционного иммунитета населения России к кори затруднена, т.к. отечественные работы по указанной тематике, как правило, ограничены изучением серопревалентности в отдельных группах разной численности. Систематический обзор и последующий метаанализ результатов работ разных авторов позволяют увеличить общий объем наблюдений и статистическую значимость исследований, что повышает достоверность выводов.

**Цель** работы — оценка состояния популяционного иммунитета населения России к кори на основании анализа результатов опубликованных научных работ отечественных авторов.

**Материалы и методы.** Проведен систематический обзор и метаанализ результатов 13 отечественных научных работ (обследовано 15 353 лица в возрасте от рождения до 79 лет), опубликованных в период с 2011 по 2020 г. и посвященных оценке состояния популяционного иммунитета к кори у населения разных регионов России.

**Результаты.** Установлено, что при проведении исследований основным подходом к оценке популяционного иммунитета является обследование взрослых лиц, в том числе медицинских работников, без учета прививочного анамнеза. Доля серонегативных среди лиц молодого возраста (18–30 лет) — 27,3% (95% ДИ 25,7–27,3%) и детей до 17 лет — 38,3% (95% ДИ 35,8–40,8%), родившихся после введения двукратного режима вакцинации в Национальный календарь профилактических прививок, была больше, чем в старших возрастных группах — 19,8% (95% ДИ 17,8–21,8%). Уровень коллективного иммунитета у медицинских работников как декретированного контингента — 84,5% (95% ДИ 83,7–85,3%) — оказался выше, чем среди условно здорового населения — 75,4% (95% ДИ 74,1–76,6%), что связано с более жесткими требованиями к проведению вакцинации.

**Заключение.** Наличие значительной доли серонегативных лиц среди детей и молодых взрослых до 30 лет в пределах, показанных в работе, является фактором риска распространения вируса кори среди населения и может быть следствием недостаточного охвата вакцинацией.

**Ключевые слова:** популяционный иммунитет; корь; систематический обзор; метаанализ.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Ноздрачева А.В., Семенов Т.А. Состояние популяционного иммунитета к кори в России: систематический обзор и метаанализ эпидемиологических исследований. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.* 2020; 97(5): 445–457.  
DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-5-7>

Поступила 13.06.2020  
Принята в печать 25.06.2020

## The status of herd immunity to measles in Russia: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies

Anna V. Nozdracheva<sup>✉</sup>, Tatiana A. Semenenko

National Research Center for Epidemiology and Microbiology named after Honorary Academician N.F. Gamaleya, 123098, Moscow, Russia

**Introduction.** The comprehensive assessment of the herd immunity to measles in Russia can be challenging, as Russian subject-related studies tend to focus on seroprevalence in various cohorts of different sizes. The systematic review and subsequent meta-analysis of different research findings increase the total number of observations and statistical significance of the studies, thus enhancing the reliability of conclusions. The **purpose** of the study is to assess the status of herd immunity to measles in Russia by analyzing the findings of studies published by Russian researchers.

**Materials and methods.** The conducted systematic review and meta-analysis covered 13 Russian studies (the total number of the examined was 15,353, from birth to 79 years of age) published in 2011–2020 and addressing the assessment of herd immunity to measles in population of different regions in Russia.

**Results.** It was found that the principal approach in all the studies was assessment of herd immunity through examination of adult people, including healthcare workers, with no regard for their vaccination history. The proportion of seronegative cases among young people (18–30 years) — 27.3% (95% CI 25.7–27.3%) and among children under 17 — 38.3% (95% CI 35.8–40.8%), who were born after the two-time vaccination had been included in the National Immunization Calendar, was larger than in older age groups — 19.8% (95% CI 17.8–21.8%). The level of herd immunity among healthcare workers representing a decreed group — 84.5% (95% CI 83.7–85.3%) was higher than that of relatively healthy population — 75.4% (95% CI 74.1–76.6%), which can be explained by stricter vaccination requirements.

**Conclusion.** The high proportion of seronegative cases among children and young adults of under 30 years of age is a risk factor associated with measles spread among the population and can be seen as the result of insufficient vaccination coverage.

**Keywords:** herd immunity; measles; systematic review; meta-analysis.

**Acknowledgments.** The study had no sponsorship.

**Conflict of interest.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**For citation:** Nozdracheva A.V., Semenenko T.A. The status of herd immunity to measles in Russia: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. *Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology = Zhurnal mikrobiologii, èpidemiologii i immunobiologii*. 2020; 97(5): 445–457. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-5-7>

Received 13 June 2020

Accepted 25 June 2020

## Введение

Проблемы профилактики инфекционных заболеваний, в том числе управляемых с помощью вакцинации, не теряют актуальности. До начала иммунизации корь была одной из наиболее распространенных инфекций детей, которые в возрасте до 6 лет переболели корью в 80% случаев. По данным ВОЗ, крупные эпидемии кори происходили каждые 2–3 года, ежегодно насчитывалось 2,6 млн случаев летальных исходов [1, 2].

После введения в Национальный календарь профилактических прививок России вакцинации против этой инфекции (1968 г.) заболеваемость населения, а также смертность от нее стали планомерно снижаться [3–5]. Успех реализации программы массовой иммунизации против кори был связан с формированием высокого уровня популяционного (коллективного) иммунитета (ПИ) за счет увеличения доли иммунных к инфекции лиц в результате проведенной вакцинации [6, 7]. ПИ — это состояние приобретенной специфической защищенности населения, слагающееся из иммунитета индивидуумов, входящих в данную популяцию, сформированного за счет перенесенной инфекции или вакцинопрофилактики [8, 9]. Возможность элиминации кори под действием вакцинации населения была подтверждена теоретическими данными, а также кардинальными изменениями проявлений ее эпидемического процесса, что позволило ВОЗ провозгласить Программу элиминации кори в пяти регионах мира к 2010 г. [10, 11]. При этом одним из основных факторов риска распространения инфекции в будущем является изменение (снижение) коллективной иммунологической защищенности населения в отношении вируса кори [12–14].

Актуальность оценки состояния ПИ в отношении кори как основного фактора, препятствующего распространению инфекции, диктуется необходимостью разрешения противоречий, сложившихся в современной эпидемиологической ситуации по этой инфекции. Так, на фоне высоких показателей охвата вакцинацией (более 90%) с 2010 г. стали регистрировать подъемы заболеваемости корью во многих странах мира (в Северной и Южной Америке, Африке, Европе), в том числе в России и на постсоветском пространстве. Несмотря на реализацию широкого комплекса дополнительных профилактических мероприятий, в том числе по вакцинации ранее не охваченного населения, в 2019 г. по-прежнему отмечался рост показателя заболеваемости корью [15].

Для оценки ПИ используют лабораторные методы серологического контроля, позволяющие рассчитать долю серонегативных (не иммунных) и серопозитивных (иммунных) к ее возбудителю лиц [16]. Деление группы обследованных на серонегативных и серопозитивных к вирусу кори осуществляется на основании соответствия/несоответствия результатов индивидуального серологического обследования пороговым уровням, указанным производителями используемых для лабораторной диагностики тест-систем<sup>1</sup>.

Таким образом, сероэпидемиологические исследования являются инструментом оценки риска

<sup>1</sup> МУ 3.1.2943-11 «Организация и проведение серологического мониторинга состояния коллективного иммунитета к инфекциям, управляемым средствами специфической профилактики (дифтерия, столбняк, коклюш, корь, краснуха, эпидемический паротит, полиомиелит, гепатит В)» (утв. 15.07.2011). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200088401>

распространения инфекционных заболеваний и контроля эффективности программ специфической профилактики. Научная ценность и практическая значимость таких исследований общепризнана. Широкое распространение получили научные работы по оценке уровня ПИ населения к управляемым инфекциям на основе скрининговых исследований по материалам национальных банков сыворотки крови [17–19]. Использование такого подхода позволяет сформировать репрезентативную выборку достаточной численности, что является необходимым критерием для достижения приемлемой статистической достоверности результатов исследований. В настоящее время комплексная оценка состояния ПИ населения России затруднена, т.к. отечественные работы по указанной тематике, как правило, ограничены отдельными группами с определенной эпидемиологической значимостью. Например, медицинские работники (МР) являются группой риска по заболеваемости многими инфекциями, в том числе корью, в связи с чем для них предусмотрены более жесткие требования к вакцинации (согласно Национальному календарю профилактических прививок все лица данной профессиональной группы в возрасте до 55 лет должны быть вакцинированы против кори<sup>2</sup>).

Еще одной группой риска инфицирования являются пациенты стационаров, которые могут быть источником заражения для МР, а также рискуют быть вовлеченными в эпидемический процесс кори после контакта с заболевшим МР. Кроме того, наличие хронических заболеваний в некоторых случаях является противопоказанием для вакцинации против кори, а также влечет за собой риск более тяжелого течения заболевания при заражении. Таким образом, исследование состояния коллективного иммунитета МР и пациентов стационаров позволяет оценить риск внутрибольничного распространения кори.

Группами, подверженными высокому риску развития осложнений в случае заболевания корью, являются беременные женщины и дети до года, не достигшие прививочного возраста. Изучение состояния коллективного иммунитета этих групп позволяет оценить риск роста заболеваемости среди детей раннего возраста.

Однако оценка ПИ не исчерпывается исследованием групп риска и должна включать исследование иммунологической защищенности разных возрастных групп условно здорового населения (УЗН). При этом достоверность серологических ис-

следований повышается при включении как можно большего числа групп населения и увеличении численности обследованных лиц в каждой из них, что является трудной задачей для отдельных научных коллективов. В этой связи систематический обзор и последующий метаанализ результатов научных работ разных авторов позволяют увеличить общий объем наблюдений и статистическую мощность исследований, а значит, повысить достоверность оценки [20, 21].

**Цель** исследования — оценка состояния ПИ населения России к вирусу кори на основании анализа результатов опубликованных научных работ отечественных авторов.

### Материалы и методы

Систематический обзор включал только отечественные научные работы, посвященные оценке состояния ПИ к вирусу кори у населения России, и был проведен в соответствии с письменным протоколом, включавшим определенную последовательность операций при сборе данных (**рисунок**).

Первичный поиск научных работ проводился по ключевым словам («коллективный иммунитет», «популяционный иммунитет») в период с 26.04.2020 г. по 30.04.2020 г. в соответствии со следующими стратегиями:

- в научной электронной библиотеке eLibrary;
- при помощи ручного поиска в архивах выпусков российских журналов, имеющих рубрику «Эпидемиология» («Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии», «Эпидемиология и вакцинопрофилактика», «Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы», «Инфекция и иммунитет», «Вестник Российской академии наук»);
- в обзорах библиографий опубликованных статей, соответствующих критериям репрезентативности.

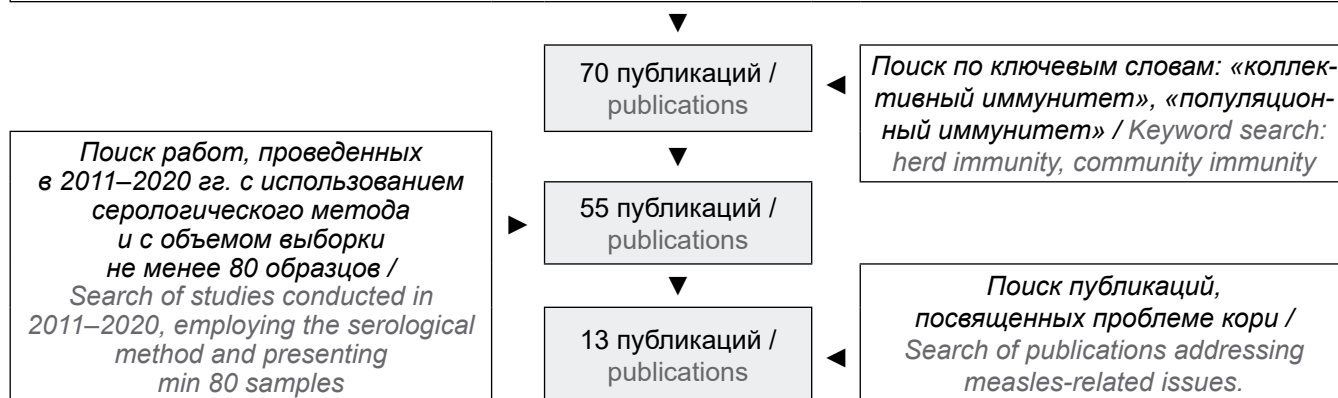
Исходный список научных статей после удаления дубликатов включал 70 публикаций соответствующей тематики. На следующем этапе из него были удалены публикации, не отвечающие критериям включения в исследование, перечисленным на рисунке. Таким образом был сформирован перечень из 13 научных работ [26–38], посвященных оценке состояния ПИ к вирусу кори с использованием серологического метода, опубликованных в период с 2011 по 2020 г.

Исследования были проведены среди населения следующих территорий: г. Москва, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Республика Бурятия, г. Петрозаводск, г. Самара, г. Пермь, Тверская область.

На следующем этапе исследования вся релевантная информация о дизайне исследований и

<sup>2</sup> Приказ Министерства здравоохранения РФ от 21.03.2014 № 125н «Об утверждении национального календаря профилактических прививок и календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям».  
URL: <http://docs.cntd.ru/document/499086215>

1. Научная электронная библиотека eLibrary / Electronic research library.
2. Архивы выпусков российских журналов, имеющих рубрику «Эпидемиология» (ручной поиск) / Archives of Russian journal issues on epidemiology (manual retrieval).
3. Библиографии опубликованных статей, соответствующих критериям преемственности / Bibliographies from published articles meeting the continuity criteria.



Протокол сбора научных работ, посвященных оценке состояния ПИ населения к вирусу кори (курсивом выделены критерии включения в исследование).

The protocol of collection of research studies addressing assessment of the population's herd immunity to the measles virus (the criteria for study entry are italicized).

контингентах обследованных лиц была сведена в **табл. 1**. Всего при проведении 13 научных исследований было обследовано 15 353 лица в возрасте от рождения до 79 лет. Наименьшее количество участников в исследовании — 80 человек, наибольшее — 4444 человека.

Из представленных научных работ были извлечены данные об особенностях подходов и критериях отбора лиц при проведении серологических исследований, а также о долевого распределении серонегативных лиц в разных возрастных группах населения. Для обобщения и анализа этих данных был использован метаанализ.

#### *Методы устранения смещения данных при проведении метаанализа*

Для предотвращения публикационного смещения (некоторые результаты, не имеющие, по мнению исследователей, научной ценности или статистической значимости, не указываются в разделе «Результаты исследования») из научных работ была извлечена только та информация, которая присутствовала в каждой работе. Для исключения случаев смещения (bias) и пропуска данных (например, в случае различия критериев деления всех обследованных лиц на возрастные группы) недостающая информация была восполнена при помощи математических расчетов на основе исходных значений, указанных в разделе «Материалы и методы».

Таким образом, для метаанализа использованы следующие переменные:

- возраст обследованных лиц;
- наличие у них данных о предшествующей вакцинации против кори;

- распределение серонегативных и серопозитивных лиц в группах.

#### *Критерии объединения данных*

Результаты, представленные в научных работах, были однородны методологически (оценивалось доленое распределение серонегативных и серопозитивных лиц среди обследованных) и статистически (представлены в виде среднего значения и его стандартного отклонения или 95% доверительного интервала), что дало основание для их объединения и проведения метаанализа, согласно методике, подробно изложенной в руководстве по медицинской статистике [20].

#### *Статистические методы обработки результатов метаанализа*

При проведении метаанализа использован пакет прикладных программ «Statistica 12.0» («StatSoft») с учетом соответствующих методических рекомендаций по статистической обработке результатов исследования [21]. Рассчитаны средняя доля серонегативных лиц среди обследованных и ее 95% доверительный интервал (ДИ). Значимость различий в группах определяли при использовании *t*-критерия Стьюдента с достоверностью 95% и выше ( $p \leq 0,05$ ).

#### **Результаты исследования**

##### *Анализ подходов к организации серологических исследований*

*Обследованные контингенты.* По результатам исследования установлено, что приоритетным направлением изучения ПИ к вирусу кори является оценка долевого распределения серонегативных и

**Таблица 1.** Общие сведения об обследованных лицах по данным 13 отечественных научных работ, опубликованных в 2011–2020 гг. и посвященных оценке состояния ПИ к вирусу кори у населения разных регионов России

**Table 1.** General information about the examined individuals according to the data of 13 Russian research articles published in 2011–2020 and addressing assessment of measles-related HI of residents of different regions in Russia

| Параметр<br>Parameter  | Число работ в соответствии с критериями отбора лиц при проведении серологических исследований<br>Number of studies in compliance with the selection criteria applicable to individuals participating in serological studies | Число обследованных<br>Number of the examined |      |
|--|---|---|------|
|  |   | абс. / abs.                                   | %    |
| <b>Возраст / Age</b>   |   |   |      |
| Новорожденные<br>Infants   | 2   | 898   | 5,8  |
| Дети дошкольного возраста<br>Preschool children  | 3   | 829   | 5,4  |
| Дети/подростки (7–17 лет)<br>Children/adolescents (7–17 years)   | 2   | 714   | 4,7  |
| Взрослые 18–60 лет<br>Adults 18–60 years   | 12  | 11 571  | 75,4 |
| Старше 60 лет<br>Over 60 years   | 6   | 1341  | 8,7  |
| <b>Контингенты / Cohort</b>  |   |   |      |
| МР<br>Healthcare workers   | 8   | 7450  | 48,5 |
| Пациенты стационаров<br>Inpatients   | 1   | 80  | 0,5  |
| Пары новорожденный–мать<br>Mother–newborn pairs  | 2   | 898   | 5,9  |
| УЗН<br>Relatively healthy population   | 6   | 6925  | 45,1 |
| <b>Прививочный анамнез обследованных лиц / Vaccination history of the examined</b>   |   |   |      |
| Наличие прививочного анамнеза<br>Availability of vaccination history   | 5   | 4000  | 26,1 |
| Отсутствие прививочного анамнеза<br>Absence of vaccination history   | 8   | 11 353  | 73,9 |
| <b>Серологические методы исследования / Serological methods of study</b>   |   |   |      |
| Иммуноферментный анализ (ИФА) с использованием тест-систем производства ЗАО «Вектор-Бест»<br>The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) using test systems manufactured by <i>Vector-Best, CJSC</i> | 13  | 11 570  | 75,4 |
| из них «cut off» для положительных образцов<br>out of them, the cut-offs for positive samples  |   |   |      |
| ≥0,18 МЕ/мл<br>≥0.18 IU/ml   | 11  | 10 162  | 87,8 |
| ≥0,2 МЕ/мл<br>≥0.2 IU/ml   | 2   | 1408  | 12,2 |
| Реакция пассивной гемагглютинации (РПГА)<br>Passive hemagglutination assay   | 1   | 3783  | 24,6 |
| Всего<br>Total   | 13  | 15 353  | 100  |

иммунных лиц в группе МР (48,5% в структуре обследованных лиц), среди УЗН (45,1%), а также новорожденных и их матерей (5,9%) (табл. 1). Выбор указанных групп определялся особенностями современного эпидемического процесса кори: вовлечени-

ем МР и пациентов стационаров с формированием вспышечной заболеваемости на территории лечебно-профилактических организаций и интенсивным ростом заболеваемости среди детей раннего возраста (до 2 лет). При этом исследования коллективного

иммунитета детского населения (не включая новорожденных) немногочисленны (такие данные встретились в 3 из 13 исследований). Состояние иммунологической защищенности в отношении вируса кори у новорожденных детей (доля которых составила 5,8% в возрастной структуре обследованных лиц) оценивалось при помощи серологического исследования образцов сыворотки пуповинной крови. Наиболее часто в исследование были вовлечены взрослые лица в возрасте 18–60 лет (75,4% обследованных).

*Методы серологических исследований.* В России основным методом лабораторного исследования сывороточного материала является ИФА с использованием тест-систем отечественного производства (ЗАО «Вектор-Бест»), при этом в большинстве работ минимальным положительным уровнем антител считался 0,18 МЕ/мл (в двух работах — 0,2 МЕ/мл). Только в работе М.А. Белополюской и соавт. [32] были использованы два метода серологического исследования: ИФА (661 образец) и реакция пассивной гемагглютинации (РПГА) (3783 образца). При постановке РПГА (с применением наборов реагентов отечественного производства) минимальным положительным титром антител считался 1 : 10. При этом средние доли серопозитивных среди обследованных лиц, рассчитанные по результатам использования двух указанных методов исследования, составили 75,3% (ИФА) и 85,0% (РПГА).

*Статистический анализ данных.* Исследования, посвященные оценке коллективного иммунитета УЗН, беременных женщин и новорожденных детей, были рандомизированными. Отбор образцов сыворотки крови производился при амбулаторном посещении поликлиник обследованными лицами, а также в рамках их диспансерного наблюдения. Группы МР были сформированы по признаку работы в лечебно-профилактических организациях, где проводилось исследование. Вопросы соответствия проведенных исследований российскому законодательству в области защиты персональных данных, в том числе подписания участниками исследования информированного добровольного согласия на участие в нем, а также критерии включения (исключения) в исследование освещены только в двух работах [36, 38].

Статистическая обработка полученных результатов в основном проводилась с помощью программы Microsoft Office Excel, в 6 случаях были использованы специализированные пакеты прикладных программ («Биостат» IBM, SPSS 96 Statistics 11.0, Statistica). Долевое распределение серонегативных и серопозитивных к вирусу кори лиц представлено в виде процентного значения, а также его стандартного отклонения или 95% ДИ. При этом определение законов распределения переменных, являющееся критерием выбора параметрических и непараметрических критериев оценки, было проведено только в

одной работе (результаты исследования представлены в виде среднего значения и его 95% ДИ) [38].

### *Прививочный и инфекционный статус обследованных лиц*

В анализируемых научных работах представлены два подхода к проведению исследования состояния ПИ: при помощи обследования лиц с известным прививочным анамнезом и без его учета. При проведении исследований с использованием образцов сывороток крови от взрослых лиц с известным прививочным анамнезом принципиальное значение имеет надежность источников получения медицинских данных по этому вопросу. Достоверной информацией является только запись в индивидуальной учетной форме амбулаторного пациента о дате вакцинации, серии и дозе использованной вакцины. Наиболее информативным в этом отношении является обследование МР как декретированного контингента, которые согласно действующему законодательству в обязательном порядке должны быть привиты против кори в возрасте до 55 лет. Получение достоверных данных о прививочном статусе обследованных лиц в ряде случаев является затруднительным, в связи с чем исследователи прибегают к использованию альтернативных методов получения информации (анкетирование и опрос). По результатам исследований, рассчитанный таким образом охват вакцинацией МР варьировал от 20,9% [29] до 92,5% [31] (табл. 2).

В отношении прочих групп населения (для которых предусмотрена вакцинация против кори в возрасте до 35 лет) данные о прививочном анамнезе обследованных лиц формировались из трех источников: запись в карте амбулаторного пациента, анамнестические сведения, данные официальной статистики об охвате детского населения профилактическими прививками на момент достижения обследованными лицами 12 мес и 6 лет (возраста первого и второго введения вакцины). В связи с трудностями получения достоверной информации в 8 из 13 научных работ (73,9% от числа всех обследованных) серологическое исследование состояния ПИ к вирусу кори проводилось без учета прививочного анамнеза обследованных лиц. Четыре из 5 работ, в которых фигурировали данные о прививочном и инфекционном анамнезе обследованных лиц, были посвящены оценке уровня коллективного иммунитета МР. В исследовании [36] охват вакцинацией (58,8%) оценивался только у выявленных по его результатам серонегативных лиц (68%) среди УЗН.

### *Анализ состояния популяционного иммунитета*

*Условно здоровое население.* По результатам научных работ, доля серонегативных лиц среди УЗН до 60 лет варьировала в пределах от 23,4% [35] до 29,0% (95% ДИ 26,3–31,8%) [38] (табл. 3). В бо-

**Таблица 2.** Результаты серологического обследования МР по данным научных работ  
**Table 2.** Results of the serological examination of HCWs, based on data from research articles

| Год и место проведения исследования<br>Year and place of the study | Источник<br>Source | Контингент<br>Cohort  | Число обследованных лиц<br>Number of the examined | Возраст, лет<br>Age, years | Охват вакцинацией <sup>1</sup> , %<br>Vaccination coverage <sup>1</sup> , % | Средняя доля серонегативных лиц <sup>2</sup> , %<br>Average proportion of seronegative cases <sup>2</sup> , % | Возрастная группа с максимальной долей серонегативных лиц<br>Age group with the highest proportion of seronegative cases |           |
|--|--------------------|---|---|----------------------------|---|---|--|-----------|
|  |                    |   |   |                            |   |   | возраст, лет<br>age, years   | %         |
| 2011, Пермь / Perm   | [31]               | МР<br>Healthcare workers  | 896   | 18–56                      | 18–35 лет / years<br>92,5   | 13,7 ± 1,1  | 18–35  | 19,3      |
| 2011, Республика Бурятия<br>Republic of Buryatia                   | [37]               | МР<br>Healthcare workers  | 200   | 18–65                      | Не известен<br>Unavailable  | 5,0   | 18–29  | 8,9       |
| 2011, Тверская область / Tver Region                               |                    |   | 393   |                            |   | 18,6  | 18–29  | 22,9      |
| 2015–2017, Республика Татарстан<br>Republic of Tatarstan           | [26]               | МР<br>Healthcare workers  | 480   | 18–60                      | 84,38 ± 1,66  | 36,03 ± 2,4   | 20–29  | 47,0      |
| 2018, Москва / Moscow  | [34]               | Студенты медицинских вузов и колледжей<br>Medical students                                      | 619   | 18–22                      |   | 45,07 ± 3,0   |  |           |
| 2018, Санкт-Петербург<br>St. Petersburg                            | [32]               | МР<br>Healthcare workers  | 2077  | 18–65                      | Не известен<br>Unavailable  | 9,1   | До 14  | 26,1      |
| Год не указан, Самара<br>The year is not specified, Samara         | [30]               | МР<br>Healthcare workers  | 1503  | 18–79                      | 77,58   | 27,5  | 18–25  | 52,3      |
| Не указано / Not specified   | [28]               | Пациенты листа ожидания трансплантации легких<br>Patients from the lung transplant waiting list | 80  | 17–65                      | Не известен<br>Unavailable  | 16,3  | 17–30  | 22,2–28,6 |
| 2014, 2016, 2018, 2019, Петрозаводск / Petrozavodsk                | [29]               | МР и пациенты поликлиник <sup>3</sup><br>Healthcare workers and outpatients <sup>3</sup>        | 402   | 36–71                      | 20,9 <sup>4</sup>   | 12,7  | 36–50  | 22,6      |

**Примечание.** <sup>1</sup>Охват вакцинацией был оценен исследователями при суммировании данных медицинской документации, анкетирования и опроса.

<sup>2</sup>Средняя доля серонегативных представлена в формате, использованном в литературном источнике (только среднее значение и стандартное отклонение или 95% ДИ).

<sup>3</sup>Пациенты поликлиник рассматривались в работе как УЗН.

<sup>4</sup>Охват вакцинацией рассчитан только с использованием сведений медицинской документации.

**Note.** <sup>1</sup>The vaccination coverage was estimated by summarizing data from medical documentation, questionnaires and surveys.

<sup>2</sup>The average proportion of seronegative cases is presented in the format used in the source articles (only the average value and standard deviation or 95% CI).

<sup>3</sup>Outpatients were seen as RHP.

<sup>4</sup>The vaccination coverage is estimated only by using data from medical documentation.

**Таблица 3.** Результаты серологического обследования УЗН по данным научных работ  
**Table 3.** Results of the serological examination of RHP, based on data from research articles

| Год и место проведения исследования<br>Year and place of the study                                | Источник<br>Source | Контингент<br>Cohort   | Число обследованных лиц<br>Number of the examined | Возраст, лет<br>Age, years | Охват вакцинацией, %<br>Vaccination coverage, % | Средняя доля серонегативных лиц <sup>2</sup> , %<br>Average proportion of seronegative cases <sup>2</sup> , % | Возрастная группа с максимальной долей серонегативных лиц<br>Age group with the highest proportion of seronegative cases |              |
|---|--------------------|--|---|----------------------------|---|---|--|--------------|
|   |                    |  |   |                            |   |   | возраст, лет<br>age, years   | %            |
| 2011–2012, Москва<br>Moscow   | [34]               | Роженицы (пуповинная кровь)<br>Maternity patients (umbilical cord blood) | 672   | 16–43                      | Не известен<br>Unavailable                      | 20,1  | 16–35  | 25,0         |
| Год не указан, Москва и Московская область<br>The year is not specified, Moscow and Moscow Region | [33]               | Роженицы<br>Maternity patients<br>Новорожденные дети<br>Infants          | 226<br>226  | 15–44                      | Не известен<br>Unavailable                      | 26,1 ± 2,9<br>21,7 ± 2,7  | 15–23  | 36,8         |
| 2018, Москва и Московская область<br>Moscow and Moscow Region                                     | [35]               | Условно здоровые женщины<br>Relatively healthy females                   | 149   | 15–44                      | Не известен<br>Unavailable                      | 22,1 ± 3,4  |  |              |
| 2019, разные регионы России<br>different regions of Russia  | [36]               | УЗН<br>Relatively healthy population                                     | 100   | 19–30                      | 58,8% <sup>1</sup>                              | 68,0  | 1–2<br>18–30   | 41,8<br>45,3 |
| 2016–2017, Москва<br>Moscow   | [38]               | УЗН<br>Relatively healthy population                                     | 2410  | 0–17<br>18–60              | Не известен<br>Unavailable                      | 38,8 (35,5–41,1)<br>29,0 (26,3–31,8)  | 1–2<br>18–19   | 51,0<br>40,4 |
| 2018, Санкт-Петербург<br>St. Petersburg   | [32]               | Пациенты поликлиник<br>Outpatients                                       | 2367  | 0–65                       | Не известен<br>Unavailable                      | 28,1  | <14<br>18–25   | 26,1<br>52,3 |

**Примечание.** <sup>1</sup>Охват вакцинацией рассчитан только среди выявленных серонегативных лиц.

<sup>2</sup>Средняя доля серонегативных (без учета детей до года) представлена в формате, использованном в литературном источнике (только среднее значение, среднее значение и стандартное отклонение или 95% ДИ).

**Note.** <sup>1</sup>The vaccination coverage is estimated only among the identified seronegative cases.

<sup>2</sup>The average proportion of seronegative cases (not including infants under one year of age) is presented in the format used in the source articles (only the average value, the average value and standard deviation or 95% CI).



лее узком возрастном диапазоне (до 43–44 лет) этот показатель варьировал в пределах от 20,1% [34] до 26,1 ± 2,9% [33].

Все авторы анализируемых нами исследований получили результаты, свидетельствующие об увеличении доли серонегативных среди лиц молодого возраста (до 30 лет), которые родились после введения двукратного режима вакцинации в Национальный календарь профилактических прививок. Максимальные доли серонегативных выявлены среди наиболее молодых лиц, участвовавших в каждом из исследований (табл. 3).

В среднем при метаанализе результатов научных работ выявлено 27,3% (95% ДИ 25,7–27,3%) серонегативных лиц среди обследованных в возрасте 18–30 лет и 19,8% (95% ДИ 17,8–21,8%) — в группе 31–70 лет (табл. 4). В 5 работах с помощью непараметрического коэффициента Спирмена и критерия Смирнова показано наличие отрицательной корреляционной связи между возрастом обследованных лиц и долей серонегативных среди них. Таким образом, средний уровень популяционного иммунитета (доля иммунных лиц) среди взрослого населения России составил 75,4% (95% ДИ 74,1–76,6%).

Для оценки эффективности вакцинопрофилактики важное значение имеет распределение серонегативных лиц среди детского населения, коллективный иммунитет которого в основном сформировался под воздействием вакцинации. По результатам метаанализа, доля таких лиц среди детей до 17 лет была статистически достоверно ( $p \leq 0,05$ ) больше, чем среди взрослого населения страны (24,6%; 95% ДИ 23,4–25,9%) и составила в среднем 38,3% (95% ДИ 35,8–40,8%). При этом группой риска по заболеваемости корью являются дети наиболее раннего возраста, среди которых частота встречаемости серонегативных лиц была максимальной. Так, в группе детей от года до 2 лет, по данным А.П. Топтыгиной и соавт. [35], в 2018 г. было выявлено 41,8% серонегативных лиц, а по данным Т.А. Семененко и соавт. [38] в 2019 г. — 51%. По результатам метаанализа установлено, что среди новорожденных детей доля серонегативных лиц составила 20,5% (95% ДИ 17,9–23,3%), что было меньше, чем среди их

матерей [33, 34] и УЗН разных возрастных групп. Подобные данные встречаются и в других работах [22, 23]. Объяснением таких результатов являются особенности трансплацентарного транспорта IgG [24, 25].

*Медицинские работники.* Восемь из 13 научных работ посвящены оценке уровня коллективного иммунитета у МР. Возраст лиц, включенных в исследования, варьировал от 20 до 76 лет. По результатам разных авторов, доля серонегативных лиц среди МР варьировала в широких пределах — от 5% [37] до 36,03 ± 2,4% [26] (табл. 2).

Различия в охвате вакцинацией МР ожидаемо отразились на результатах серологических исследований. Так, при малом охвате вакцинацией МР (20,9%) [29] средняя доля серонегативных лиц была больше (22,6% в группе 36–50 лет), чем в исследовании [31], где уровень охвата вакцинацией был достаточно высоким (92,5%), и средняя доля серонегативных лиц составила 13,7 ± 1,1%. Среди достоверно привитых МР было выявлено 34,16% серонегативных лиц (в возрасте 18–55 лет) [30] и 19,3 ± 4,3% лиц с отсутствием антител (в возрасте 18–35 лет) [31]. При этом, как и среди УЗН, все исследователи отмечают преобладание неиммунных лиц в наиболее молодых возрастных группах МР. По данным метаанализа выявлено 12,7% (95% ДИ 11,9–13,6%) серонегативных лиц среди МР в возрасте 31–70 лет и 22,7% (95% ДИ 21,0–24,5%) — в возрасте 18–30 лет (табл. 4).

В среднем уровень коллективного иммунитета МР как декретированной группы был статистически достоверно ( $p \leq 0,05$ ) выше (доля иммунных составила 84,5%; 95% ДИ 83,7–85,3%), чем среди УЗН (75,4%; 95% ДИ 74,1–76,6%).

Данные о состоянии специфического гуморального иммунитета к кори у больных с патологией соматического профиля в нашем исследовании обнаружены только в работе [28], где приведены результаты обследования пациентов листа ожидания трансплантации легких. Полученные результаты соответствовали значениям, установленным другими исследователями в группе МР (средняя доля серонегативных составила 16,3% и варьировала в

**Таблица 4.** Долевое распределение серонегативных лиц в разных возрастных группах УЗН и МР  
**Table 4.** Percentage distribution of seronegative cases in different age groups of RHP and HCWs

| Группа<br>Group                      | Доля лиц, серонегативных к вирусу кори, % (95% ДИ)<br>The proportion of people seronegative to the measles virus, % (95% CI) |                   |                  |
|--------------------------------------|--|-------------------|------------------|
|                                      | 18–30 лет / years  | 31–70 лет / years | всего<br>total   |
| УЗН<br>Relatively healthy population | 27,3 (25,7–27,3)   | 19,8 (17,8–21,8)  | 24,6 (23,4–25,9) |
| МР<br>Healthcare workers             | 22,7 (21,0–24,5)   | 12,7 (11,9–13,6)  | 15,5 (14,7–16,3) |

группе 17–30 лет от 22,2 до 28,6%). Однако численность лиц, участвовавших в исследовании (80 человек), не позволила провести статистически достоверное сравнение состояния иммунологической восприимчивости к вирусу кори у пациентов листа ожидания трансплантации и других контингентов.

### Обсуждение

Проведенный систематический обзор работ, посвященных оценке состояния ПИ населения России в отношении кори, показал необходимость унификации и стандартизации подходов. В первую очередь это касается раздела «Материалы и методы исследования», в котором должного освещения не получили вопросы этического и нормативного характера, а также процедура и критерии включения (исключения) обследованных лиц в исследование. Кроме того, значительную вариабельность имели критерии деления обследованных лиц на возрастные группы, что в значительной мере затруднило сравнение результатов, полученных разными авторами. На наш взгляд, приемлемым вариантом решения этой проблемы могло быть деление обследованных лиц на возрастные группы в соответствии с историей вакцинопрофилактики (выделение групп лиц, родившихся до начала вакцинации против кори, во время однократного и двукратного режимов введения вакцины) и Национальным календарем профилактических прививок (до 35 лет должны быть вакцинированы все взрослые, до 55 лет — все МР).

Подходы, связанные с оценкой прививочного статуса обследованных, коллективного иммунитета привитых и не привитых лиц, также нуждаются в систематизации. Выявление значительной доли серонегативных лиц среди достоверно привитых настораживает и требует выяснения причин подобного неблагоприятия. Кроме того, имеет принципиальное значение качество исходной информации о прививочном анамнезе обследованных лиц. По нашему мнению, приемлемой достоверностью обладают только те данные, которые были получены исследователями при анализе записей о введении вакцины в медицинских индивидуальных формах учета. Иные источники информации (анамнестические сведения, данные официальной статистики об охвате вакцинацией декретированных возрастных групп) могут носить лишь справочный характер. Однако даже с учетом анамнестических сведений о прививочном и инфекционном статусе охват МР вакцинацией был больше 90% только в одном исследовании [31]. В работе [29] указано, что достоверные сведения о вакцинации получены только у 20,9% МР. Такие данные свидетельствуют о проблемах в организации вакцинопрофилактики, а именно учете привитых и подлежащих вакцинации лиц, что снижает достоверность официальной статистической информации об охвате населения

профилактическими прививками. В целом коллективный иммунитет МР (доля иммунных лиц составила 84,5%; 95% ДИ 83,7–85,3%) оказался выше, чем УЗН (75,4%; 95% ДИ 74,1–76,6%), что связано с более жесткими требованиями к вакцинации.

О существовании проблем в организации и проведении вакцинопрофилактики кори свидетельствуют и результаты оценки ПИ среди УЗН разных возрастных групп. Так, по результатам исследования, наибольшая доля серонегативных к вирусу кори лиц была выявлена среди детей, для которых предусмотрено первое введение вакцины (в возрасте от года до 2 лет). В среднем уровень коллективного иммунитета детского населения (доля «серонегативных» лиц составила 38,3%; 95% ДИ 35,8–40,8%), сформированного в основном под воздействием вакцинации, оказался ниже, чем взрослого населения (доля «серонегативных» лиц составила 24,6%; 95% ДИ 23,4–25,9%). При этом среди взрослых (18–30 лет), родившихся после введения в Национальный календарь профилактических прививок двукратного режима вакцинации, доля иммунных лиц (72,7%; 95% ДИ 72,7–74,3%) была достоверно ( $p \leq 0,05$ ) меньше, чем в более старших (31–70 лет) возрастных группах (80,2%; 95% ДИ 78,2–82,2%).

Таким образом, метаанализ результатов научных работ показал, что доля иммунных к вирусу кори лиц среди населения России в среднем составила 75,4%; 95% ДИ 74,1–76,6%. Наличие значительной доли серонегативных лиц среди детей и молодых взрослых до 30 лет в пределах, показанных в работе, является фактором риска распространения кори среди населения и может быть следствием недостаточного охвата вакцинацией. В таких условиях целесообразным является подход к оценке ПИ населения без учета прививочного анамнеза обследованных лиц, который применялся большинством авторов научных работ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. WHO. Fact sheets. Measles. Available at: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/measles> (Accessed 12.06.2020)
2. Богомолов Б.П. *Инфекционные болезни: Учебник*. М.: МГУ; 2006.
3. Болотовский В.М., Михеева И.В., Лыткина И.Н., Шаханина И.Л. *Корь, краснуха, эпидемический паротит: единая система управления эпидемическими процессами*. М.: Боргес; 2004.
4. Русакова Е.В., Семенов Т.А., Шапошников А.А., Тедеева Л.У., Щербаков А.Г. Научные аспекты ликвидации кори в общей проблеме биологической безопасности. *Медицина катастроф*. 2013; (1): 40-3.
5. Цвиркун О.В., Герасимова А.Г., Тихонова Н.Т., Тураева Н.В., Пименова А.С. Структура заболевших корью в период элиминации. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2012; (2): 21-6.
6. Таточенко В.К., Озерецковский В.К. *Иммунопрофилактика-2018: Справочник*. М.: Боргес; 2018.

7. Фельдблюм И.В. Эпидемиологический надзор за вакцинопрофилактикой. *МедиАль*. 2014; (3): 37-55.
8. Thompson K.M. Evolution and use of dynamic transmission models for measles and rubella risk and policy analysis. *Risk Anal*. 2016; 36(7): 1383-403. DOI: <http://doi.org/10.1111/risa.12637>
9. Fine P., Eames K., Heymann D.L. «Herd immunity»: a rough guide. *Clin. Infect. Dis*. 2011; 52(7): 911-6. DOI: <http://doi.org/10.1093/cid/cir007>
10. Алешкин В.А., Тихонова Н.Т., Герасимова А.Г., Цвиркун О.В., Шульга С.В., Ежлова Е.Б. и др. Проблемы на пути достижения элиминации кори в Российской Федерации. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2016; 93(5): 29-34. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2016-5-29-34>
11. Цвиркун О.В., Дедков В.В. Математическое обоснование возможности элиминации кори в России. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2009; (1): 30-5.
12. Брико Н.И., Зуева Л.П., Покровский В.И., Сергиев В.П., Шкарин В.В. *Эпидемиология: Учебник*. М.: МИА; 2013.
13. Черкасский Б.Л. *Риск в эпидемиологии*. М.: Практическая медицина; 2007.
14. Симонова Е.Г., Сергеев В.И. Предэпидемическая диагностика в системе риск-ориентированного эпидемиологического надзора над инфекционными болезнями. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2018; 17(5): 31-7. DOI: <http://doi.org/10.31631/2073-3046-2018-17-5-31-37>
15. WHO. Measles and Rubella Surveillance Data. Available at: [https://www.who.int/immunization/monitoring\\_surveillance/burden/vpd/surveillance\\_type/active/measles\\_monthlydata/en/](https://www.who.int/immunization/monitoring_surveillance/burden/vpd/surveillance_type/active/measles_monthlydata/en/) (Accessed 24.04.2020)
16. Семенов Т.А., Акимкин В.Г. Серозидемиологические исследования в системе надзора за вакциноуправляемыми инфекциями. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2018; 95(2): 87-94. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-2-87-94>
17. Семенов Т.А., Ананьина Ю.В., Боев Б.В., Гинцбург А.Л. Банки биологических ресурсов в системе фундаментальных эпидемиологических и клинических исследований. *Вестник Российской академии наук*. 2011; (10): 5-9.
18. 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; 32(7): 961-6. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10096-013-1836-6>
19. Kafatos G., Andrews N., McConway K.J., Anastassopoulou C., Barbara C., De Ory F., et al. Estimating seroprevalence of vaccine-preventable infections: is it worth standardizing the serological outcomes to adjust for different assays and laboratories? *Epidemiol. Infect*. 2015; 143(11): 2269-78. DOI: <http://doi.org/10.1017/S095026881400301X>
20. Ланг Т.А., Сесик М. *Как описывать статистику в медицине: руководство для авторов, редакторов и рецензентов*. Пер. с англ. М.: Практическая медицина; 2016.
21. Халафян А.А. *STATISTICA 6.0 Математическая статистика с элементами теории вероятностей*. М.: Бино; 2011.
22. Герасимова А.Г., Игнатъева Г.В., Садыкова Д.К., Москалева Т.Н., Дубовицкая Е.Л., Цвиркун О.В. и др. Состояние противокорревого иммунитета у беременных женщин и новорожденных детей. В кн.: *Сборник научных трудов «Актуальные проблемы инфекционной патологии»*. СПб.; 1993.
23. Фазлеева Л.К., Романова Н.А. Влияние условий антенатального периода развития на становление поствакцинального иммунитета у детей. В кн.: Мальцев С.В., Келина Т.И., Молотилова Б.А. *Иммунология и иммунопатологические состояния у детей*. М.; 1983: 64-5.
24. Соколов Д.И., Сельков С.А. *Иммунологический контроль формирования сосудистой сети плаценты*. СПб.; 2012.
25. van den Berg J.P., Westerbeek E.A., van der Klis F.R., Berbers G.A., van Elburg R.M. Transplacental transport of IgG antibodies to preterm infants: a review of the literature. *Early Hum. Dev*. 2011; 87(2): 67-72. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2010.11.003>
26. Авдоница Л.Г., Пяташина М.А., Исаева Г.Ш., Решетникова И.Д., Тюрин Ю.А., Куликов С.Н. и др. Коллективный иммунитет к вирусу кори у медицинских работников и студентов медицинских колледжей в Республике Татарстан. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2019; 18(1): 43-9. DOI: <http://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-1-43-49>
27. Костинов М.П., Филатов Н.Н., Журавлев П.И., Гладкова Л.С., Полищук В.Б., Шмитько А.Д. и др. Уровень коллективного иммунитета к вирусу кори у сотрудников отдельной больницы в рамках государственной программы элиминации кори. *Инфекция и иммунитет*. 2020; 10(1): 129-36. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-LOM-690>
28. Полищук В.Б., Рыжов А.А., Костинов М.П., Магаршак О.О., Шмитько А.Д., Лукачев И.В. и др. Состояние противокорревого иммунитета у пациентов листа ожидания трансплантации легких. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2016; 93(4): 55-60.
29. Рубис Л.В. Результаты изучения коллективного иммунитета к кори у лиц в возрасте старше 35 лет. *Инфекция и иммунитет*. 2020; 10(2): 381-6. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-ASO-1302>
30. Сонис А.Г., Гусякова О.А., Гильмиярова Ф.Н., Ерещенко А.А., Игнатова Н.К., Кузьмичева В.И. и др. Характеристика напряженности противокорревого иммунитета в зависимости от возраста. *Инфекция и иммунитет*. 2020; 10(2): 375-80. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-POR-1173>
31. Сармометов Е.В., Мокова Н.М., Вольдшмидт Н.Б., Сергеев В.И., Цвиркун О.В., Метелкина Н.А. Оценка напряженности противокорревого иммунитета у медицинских работников г. Перми. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2011; (4): 45-8.
32. Белопольская М.А., Григорьева Т.Д., Аврутин В.Ю., Потанина Д.В., Дмитриев А.В., Яковлев А.А. Напряженность иммунитета к кори в различных группах населения. *Журнал инфектологии*. 2020; 12(1): 80-4. DOI: <http://doi.org/10.22625/2072-6732-2020-12-1-80-84>
33. Тихонова Н.Т., Цвиркун О.В., Герасимова А.Г., Басов А.А., Фролов Р.А., Ежлова Е.Б. и др. Состояние специфического иммунитета к вирусам кори и краснухи у новорожденных и их матерей. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2017; 16(6): 14-20. DOI: <http://doi.org/10.31631/2073-3046-2017-16-6-14-20>
34. Костинов М.П., Шмитько А.Д., Бочарова И.И., Черданцев А.П., Сависько А.А., Полищук В.Б. Уровень IgG-антител к вирусу кори в пуповинной крови новорожденных с учетом возраста матерей. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2014; (3): 30-4.
35. Топтыгина А.П., Смердова М.А., Наумова М.А., Владимировна Н.П., Мамаева Т.А. Влияние особенностей популяционного иммунитета на структуру заболеваемости корью и краснухой. *Инфекция и иммунитет*. 2018; 8(3): 341-8. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-2018-3-341-348>
36. Смердова М.А., Топтыгина А.П., Андреев Ю.Ю., Сенникова С.В., Зеткин А.Ю., Клыкова Т.Г. и др. Гуморальный и клеточный иммунитет к антигенам вирусов кори и краснухи у здоровых людей. *Инфекция и иммунитет*. 2019; 9(3-4): 607-11. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-2019-3-4-607-611>
37. Готвянская Т.П., Ноздрачева А.В., Русакова Е.В., Евсеева Л.Ф., Николаева О.Г., Полонский В.О. и др. Состояние популяционного иммунитета в отношении инфекций, управляемых средствами специфической профилактики, у медицинских работников Бурятии и Тверской области (по материалам Банка сывороток). *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы*. 2016; (3): 8-16.

38. Семенов Т.А., Ноздрачева А.В., Асатрян М.Н., Акимкин В.Г., Тутельян А.В., Шмыр И.С. и др. Комплексный анализ влияния вакцинации на формирование популяционного иммунитета к кори среди населения мегаполиса. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2019; 74(5): 351-60. DOI: <http://doi.org/10.15690/vramn1170>

## REFERENCES

- WHO. Fact sheets. Measles. Available at: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/measles> (Accessed 12.06.2020)
- Bogomolov B.P. *Infectious Diseases: A Textbook [Infektsionnye bolezni: Uchebnik]*. Moscow: MGU; 2006. (in Russian)
- Bolotovskiy V.M., Mikheeva I.V., Lytkina I.N., Shakhnina I.L. *Measles, Rubella, Mumps: A Unified System for Managing Epidemic Processes [Kor', krasnukha, epidemicheskii parotit: edinyaya sistema upravleniya epidemicheskimi protsessami]*. Moscow; 2004. (in Russian)
- Rusakova E.V., Semenenko T.A., Shaposhnikov A.A., Te-deeva L.U., Shcherbakov A.G. Scientific aspects of liquidation of measles within general problem of biosecurity. *Meditsina katastrof*. 2013; (1): 40-3. (in Russian)
- Tsvirkun O.V., Gerasimova A.G., Tikhonova N.T., Turueva N.V., Pimenova A.S. The structure of the measles cases in the period of elimination. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2012; (2): 21-6. (in Russian)
- Tatochenko V.K., Ozeretskovskiy V.K. *Immunoprophylaxis-2018: Reference Book [Immunoprofilaktika-2018: Spravochnik]*. Moscow: Borges; 2018. (in Russian)
- Fel'dbyum I.V. Epidemiologic surveillance over preventive vaccination. *MediAl'*. 2014; (3): 37-55. (in Russian)
- Thompson K.M. Evolution and use of dynamic transmission models for measles and rubella risk and policy analysis. *Risk Anal*. 2016; 36(7): 1383-403. DOI: <http://doi.org/10.1111/risa.12637>
- Fine P., Eames K., Heymann D.L. «Herd immunity»: a rough guide. *Clin. Infect. Dis*. 2011; 52(7): 911-6. DOI: <http://doi.org/10.1093/cid/cir007>
- Aleshkin V.A., Tikhonova N.T., Gerasimova A.G., Tsvirkun O.V., Shul'ga S.V., Ezhlova E.B., et al. Problems towards measles elimination in Russian Federation. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2016; 93(5): 29-34. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2016-5-29-34> (in Russian)
- Tsvirkun O.V., Dedkov V.V. Mathematical justification of the possibility of measles elimination in Russia. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2009; (1): 30-5. (in Russian)
- Briko N.I., Zueva L.P., Pokrovskiy V.I., Sergiev V.P., Shkarin V.V. *Epidemiology: Textbook [Epidemiologiya: Uchebnik]*. Moscow: MIA; 2013. (in Russian)
- Cherkasskiy B.L. *Epidemiological Risk [Risk v epidemiologii]*. Moscow: Prakticheskaya meditsina; 2007. (in Russian)
- Simonova E.G., Sergevni V.I. Diagnosis in the system risk-oriented epidemiological surveillance of infectious diseases. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2018; 17(5): 31-7. DOI: <http://doi.org/10.31631/2073-3046-2018-17-5-31-37> (in Russian)
- WHO. Measles and Rubella Surveillance Data. Available at: [https://www.who.int/immunization/monitoring\\_surveillance/burden/vpd/surveillance\\_type/active/measles\\_monthlydata/en/](https://www.who.int/immunization/monitoring_surveillance/burden/vpd/surveillance_type/active/measles_monthlydata/en/) (Accessed 24.04.2020)
- Semenenko T.A., Akimkin V.G. Seroepidemiology in the surveillance of vaccine-preventable diseases. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2018; 95(2): 87-94. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-2-87-94> (in Russian)
- Semenenko T.A., Anan'ina Yu.V., Boev B.V., Gintsburg A.L. Banks of biological resources in the system of basic epidemiological and clinical studies. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2011; (10): 5-9. (in Russian)
- 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; 32(7): 961-6. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10096-013-1836-6>
- Kafatos G., Andrews N., McConway K.J., Anastassopoulou C., Barbara C., De Ory F., et al. Estimating seroprevalence of vaccine-preventable infections: is it worth standardizing the serological outcomes to adjust for different assays and laboratories? *Epidemiol. Infect*. 2015; 143(11): 2269-78. DOI: <http://doi.org/10.1017/S095026881400301X>
- Lang A.T., Secic M. *How to Report Statistics in Medicine: Annotated Guidelines for Authors, Editors, and Reviewers*. Philadelphia; 2014.
- Khalafyan A.A. *STATISTICA 6.0 Mathematical Statistics with Elements of Probability Theory [STATISTICA 6.0 Matematicheskaya statistika s elementami teorii veroyatnostey]*. Moscow: Binom; 2011. (in Russian)
- Gerasimova A.G., Ignat'eva G.V., Sadykova D.K., Moskaleva T.N., Dubovitskaya E.L., Tsvirkun O.V., et al. The state of measles immunity in pregnant women and newborns. In: *Collection of Proceedings «Actual Problems of Infectious Pathology» [Sbornik nauchnykh trudov «Aktual'nye problemy infektsionnoy patologii»]*. St. Petersburg; 1993. (in Russian)
- Fazleeva L.K., Romanova N.A. Influence of conditions of the antenatal period of development on the formation of postvaccinal immunity in children. In: Mal'tsev S.V., Kelina T.I., Molotilov B.A. *Immunology and Immunopathological Conditions in Children [Immunologiya i immunopatologicheskie sostoyaniya u detey]*. Moscow; 1983: 64-5. (in Russian)
- Sokolov D.I., Sel'kov S.A. *Immunological Control of the Formation of the Vascular Network of the Placenta [Immunologicheskii kontrol' formirovaniya sosudistoy seti platsenty]*. St. Petersburg; 2012. (in Russian)
- van den Berg J.P., Westerbeek E.A., van der Klis F.R., Berbers G.A., van Elburg R.M. Transplacental transport of IgG antibodies to preterm infants: a review of the literature. *Early Hum. Dev*. 2011; 87(2): 67-72. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2010.11.003>
- Avdonina L.G., Patyashina M.A., Isaeva G.Sh., Reshetnikova I.D., Tyurin Yu.A., Kulikov S.N., et al. Collective immunity to virus measles of medical workers and students of medical colleges in the Republic of Tatarstan. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2019; 18(1): 43-9. DOI: <http://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-1-43-49> (in Russian)
- Kostinov M.P., Filatov N.N., Zhuravlev P.I., Gladkova L.S., Polishchuk V.B., Shmit'ko A.D., et al. Level of measles herd immunity assessed in hospital medical workers within a framework of the state measles elimination program. *Infektsiya i immunitet*. 2020; 10(1): 129-36. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-LOM-690> (in Russian)
- Polishchuk V.B., Ryzhov A.A., Kostinov M.P., Magarshak O.O., Shmit'ko A.D., Lukachev I.V., et al. Condition of anti-measles immunity in patients on waiting-list for lung transplantation. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2016; 93(4): 55-60. (in Russian)
- Rubis L.V. A survey of examining herd measles immunity in adults over 35 years old. *Infektsiya i immunitet*. 2020; 10(2): 381-6. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-ASO-1302> (in Russian)
- Sonis A.G., Gusyakova O.A., Gil'miyarova F.N., Ereshchenko A.A., Ignatova N.K., Kuz'micheva V.I., et al. Pattern of resilient age-related measles immunity. *Infektsiya i immunitet*. 2020; 10(2): 375-80. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-POR-1173> (in Russian)
- Sarmometov E.V., Mokova N.M., Vol'dshmidt N.B., Sergevni V.I., Tsvirkun O.V., Metelkina N.A. Evaluation of measles

- immunity intensity among medical workers in the city of Perm. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2011; (4): 45-8. (in Russian)
32. Belopol'skaya M.A., Grigor'eva T.D., Avrutin V.Yu., Potanina D.V., Dmitriev A.V., Yakovlev A.A. Measles immunity in different population groups. *Zhurnal infektologii*. 2020; 12(1): 80-4. DOI: <http://doi.org/10.22625/2072-6732-2020-12-1-80-84> (in Russian)
33. Tikhonova N.T., Tsvirkun O.V., Gerasimova A.G., Basov A.A., Frolov R.A., Ezhlova E.B., et al. The State of Specific Immunity to Measles and Rubella Virus in Newborns and their mothers. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2017; 16(6): 14-20. DOI: <http://doi.org/10.31631/2073-3046-2017-16-6-14-20> (in Russian)
34. Kostinov M.P., Shmit'ko A.D., Bocharova I.I., Cherdantsev A.P., Savis'ko A.A., Polishchuk V.B. Measles virus-specific igg-antibodies level in umbilical cord blood according to the maternal age. *Epidemiologiya i infektionnye bolezni*. 2014; (3): 30-4. (in Russian)
35. Toptygina A.P., Smerdova M.A., Naumova M.A., Vladimirova N.P., Mamaeva T.A. Influence of population immunity peculiarities on the structure of measles and rubella prevalence. *Infektsiya i immunitet*. 2018; 8(3): 341-8. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-2018-3-341-348> (in Russian)
36. Smerdova M.A., Toptygina A.P., Andreev Yu.Yu., Sennikova S.V., Zetkin A.Yu., Klykova T.G., et al. Humoral and cellular immunity to measles and rubella virus antigens in healthy subjects. *Infektsiya i immunitet*. 2019; 9(3-4): 607-11. DOI: <http://doi.org/10.15789/2220-7619-2019-3-4-607-611> (in Russian)
37. Gotvyanskaya T.P., Nozdracheva A.V., Rusakova E.V., Evseeva L.F., Nikolaeva O.G., Polonskiy V.O., et al. Herd immunity against vaccine-preventable diseases among healthcare workers (according to serum bank materials). *Epidemiologiya i infektionnye bolezni. Aktual'nye voprosy*. 2016; (3): 8-16. (in Russian)
38. Semenenko T.A., Nozdracheva A.V., Asatryan M.N., Akimkin V.G., Tutel'yan A.V., Shmyr I.S., et al. Multivariate analysis of the megacity population immunity to measles. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2019; 74(5): 351-60. DOI: <http://doi.org/10.15690/vramn1170> (in Russian)

#### Информация об авторах:

Ноздрачева Анна Валерьевна<sup>✉</sup> — н.с. отдела эпидемиологии ФГБУ НИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи, 123098, Москва, Россия. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8521-1741>. E-mail: [nozdracheva0506@gmail.com](mailto:nozdracheva0506@gmail.com)

Семененко Татьяна Анатольевна — д.м.н., проф., академик РАЕН, рук. отдела эпидемиологии ФГБУ НИЦЭМ им. Н.Ф. Гамалеи, 123098, Москва, Россия. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6686-9011>. E-mail: [semenenko@gamaleya.org](mailto:semenenko@gamaleya.org)

**Участие авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

#### Information about the authors:

Anna V. Nozdracheva<sup>✉</sup> — researcher, Department of epidemiology, N.F. Gamaleya National Research Centre for Epidemiology and Microbiology, 123098, Moscow, Russia. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8521-1741>. E-mail: [nozdracheva0506@gmail.com](mailto:nozdracheva0506@gmail.com)

Tatiana A. Semenenko — D. Sci. (Med.), Prof., Head, Department of epidemiology, N.F. Gamaleya National Research Centre for Epidemiology and Microbiology, 123098, Moscow, Russia. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6686-9011>. E-mail: [semenenko@gamaleya.org](mailto:semenenko@gamaleya.org)

**Contribution:** the authors contributed equally to this article.