



# Эпидемиологическая и клиническая значимость ротавирусной инфекции в период вакцинации

БУХАНЦОВА Е. С., КОВАЛЕВ О. Б., ШАМШЕВА О. В.,  
МОЛОЧКОВА О. В., КАМЕНСКАЯ И. Б.

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова  
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Пироговский университет), Москва

Ротавирусная инфекция является одной из ведущих причин тяжелой диареи у детей младше пяти лет во всем мире и вносит значительный вклад в детскую смертность. Внедрение вакцинации против ротавирусной инфекции в Российский календарь по эпидемиологическим показаниям не влияет на эпидемиологическую ситуацию в связи с низким охватом вакцинацией. В настоящей статье представлен обзор исследований, оценивающих клиническую значимость ротавирусной инфекции в условиях массовой вакцинации, а также ее влияние на циркуляцию ротавирусных генотипов. Нами проанализированы данные о распространенности ротавируса, тяжести клинических случаев и изменениях в генетическом разнообразии вируса. Отмечено, что вакцинация снижает тяжесть гастроэнтерита. Несмотря на положительное влияние вакцинации, с течением времени наблюдаются изменения в циркулирующих штаммах вируса, в некоторых странах наблюдается увеличение распространенности других патогенов, таких как норовирус и кампилобактер. Эти данные подчеркивают необходимость продолжения вакцинации и мониторинга за изменениями в структуре возбудителей острых кишечных инфекций для улучшения профилактических мер и контроля за эпидемиологической ситуацией.

**Ключевые слова:** ротавирусная инфекция, гастроэнтерит, дети, вакцинопрофилактика, генотип

## Epidemiological and clinical significance of rotavirus infection during the vaccination period

Bukhantsova E. S., Kovalev O. B., Shamsheva O. V., Molochkova O. V., Kamenskaya I. B.

Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

Rotavirus infection is one of the leading causes of severe diarrhea in children under five years of age worldwide and contributes significantly to child mortality. The introduction of rotavirus vaccination for epidemic indications into the Russian National Immunization Schedule has not impacted the epidemiological situation due to low vaccination coverage. This article provides a review of studies evaluating the clinical significance of rotavirus infection in the context of mass vaccination, as well as its impact on the circulation of rotavirus genotypes. We have analyzed data on the prevalence of rotavirus, the severity of clinical cases, and changes in the genetic diversity of the virus. It has been noted that vaccination reduces the severity of gastroenteritis; however, over time, changes in circulating viral strains have been observed. Despite the positive effects of vaccination, some countries have reported an increase in the prevalence of other pathogens, such as norovirus and Campylobacter. These findings emphasize the need to continue vaccination efforts and monitor changes in the structure of pathogens responsible for acute intestinal infections to improve preventive measures and control the epidemiological situation.

**Keywords:** rotavirus, acute gastroenteritis, children, vaccine prevention, genotypes

**Для цитирования:** Буханцова Е.С., Ковалев О.Б., Шамшева О.В., Молочкова О.В., Каменская И.Б. Эпидемиологическая и клиническая значимость ротавирусной инфекции в период вакцинации. *Детские инфекции*. 2024; 23(4):46-53. doi.org/10.22627/2072-8107-2024-23-4-46-53

**For citation:** Bukhantsova E.S., Kovalev O. B., Shamsheva O. V., Molochkova O. V., Kamenskaya I.B. Epidemiological and clinical significance of rotavirus infection during the vaccination period. *Detskie Infektsii=Children's Infections*. 2024; 23(4):46-53. doi.org/10.22627/2072-8107-2024-23-4-46-53

### Информация об авторах:

Буханцова Елена Сергеевна (Bukhantsova E.), аспирант кафедры инфекционных болезней у детей, РНИМУ им. Н.И. Пирогова; dr.buxancova@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0002-2714-0535>

Ковалев Олег Борисович (Kovalev O.), д.м.н., профессор кафедры инфекционных болезней у детей, РНИМУ им. Н.И. Пирогова; doctor87@list.ru;

<https://orcid.org/0000-0003-0273-6700>

Шамшева Ольга Васильевна (Shamsheva O.), д.м.н., профессор, зав. кафедрой инфекционных болезней у детей, РНИМУ им. Н.И. Пирогова;

ch-infection@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6033-6695>

Молочкова Оксана Вадимовна (Molochkova O.), к.м.н., доцент кафедры инфекционных болезней у детей, РНИМУ им. Н.И. Пирогова; ci-journal@mail.ru;

<https://orcid.org/0000-0003-2840-7382>

Каменская Ирина Борисовна (Kamenskaya I.), ординатор кафедры инфекционных болезней у детей, РНИМУ им. Н.И. Пирогова; irchi98@mail.ru;

<https://orcid.org/0009-0006-2319-0080>

Диарея занимает третье место среди причин смертности детей младше 5 лет по всему миру. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно регистрируется 1 миллиард 700 миллионов случаев диареи у детей, что приводит к ежегодной детской смертности в 443 832 случая. Наиболее распространенными вирусными патогенами, вызывающими диарею у детей в возрасте до 5 лет являются ротавирус, норовирус, аденовирус и астровирус.

По данным CDC, до начала внедрения программы младенческой вакцинации против ротавирусной инфекции

(РВИ) в США ежегодно регистрировалось до 2,7 миллионов случаев РВИ и 95% детей перенесли по крайней мере один эпизод РВИ до пяти лет. Ротавирусная инфекция стала причиной более 400 тыс. посещений врачей, более 200 тыс. посещений отделений неотложной помощи, 55—77 тыс. госпитализаций и 20—60 смертей ежегодно среди детей младше пяти лет. В Европе ежегодно регистрировалось до 3,6 миллиона случаев ротавирусной инфекции у детей младше 5 лет до начала программы вакцинации, что приводило к 87 тыс. госпитализаций, около 700 тыс. амбулаторных посещений и 231 случаю смерти [1].

Примерно 80% мирового бремени смертности от ротавирусной инфекции приходится на страны Африки к Югу от Сахары [2]. В 29 странах Африки, которые внедряли вакцинацию против ротавирусной инфекции к 2016 году было предотвращено более 130 тыс. госпитализаций от РВИ и 21 тыс. смертей от РВИ [3]. Эффективность вакцинопрофилактики РВИ одинакова в странах Азии и Африки, где в течение первого года ее проведения количество тяжелых случаев диарей снизилось от 48% до 57%, а во второй год — от 29% до 54% [4].

Несмотря на снижение глобальной смертности от диареи в связи с внедрением программ иммунизации в календари профилактических прививок, РВИ по-прежнему остается причиной младенческой заболеваемости и смертности, в том числе в РФ. По данным, приведенным в государственном докладе о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации, в 2023 г. наиболее высокие показатели заболеваемости ротавирусной инфекцией зарегистрированы среди детей в возрасте до года и 1—2 лет — 721,30 и 1058,71 на 100 тыс. населения соответственно.

На распространенность многих детских инфекций оказали значительное влияние социальные ограничения, введенные в связи с пандемией COVID-19. Согласно исследованию, проведенному в Финляндии в 2020—2021 годах, в 2020 году было отмечено снижение выявляемости ротавирусов на 64%, а в 2021 году — на 72%. Эти результаты совпадают с данными из Китая [5, 6] и Германии [7], где также наблюдалось снижение заболеваемости ротавирусной инфекцией. В тоже время, по данным исследования, проведенного в Норвегии, доля ротавирусной инфекции во время пандемии существенно не изменилась [8].

Известно, что в течение первых 2-х лет жизни ребенок может несколько раз перенести ротавирусную инфекцию, однако каждое последующее инфицирование протекает легче [9]. Инфицированные дети выделяют ротавирусы с калом, что приводит к быстрому распространению вируса в коллективе [10]. Большинство случаев ротавирусной инфекции происходит у детей в возрасте до 2 лет, с пиком заболеваемости в возрасте от 6 до 24 месяцев [11]. Клиническая картина ротавирусной инфекции характеризуется водянистой диареей, рвотой, болью в животе, лихорадкой. Вирус передается преимущественно фекально-оральным путем [12]. По данным исследования, проведенного Satter S.M. и соавторами, среди 399 детей младше 2 лет, госпитализированных с гастроэнтеритом в период пика заболеваемости ротавирусом, РНК ротавируса была обнаружена в кале, полости рта, носа у 354 из 399 детей (89%). По результатам этого исследования нельзя также исключить воздушно-пылевой путь передачи инфекции [13].

Геном ротавируса состоит из 11 двухцепочечных сегментов РНК, которые окружены внутренними белками капсида, включая VP1, VP2 и VP3. В настоящее время ротавирусы классифицируются на восемь групп, от А до Н, в зависимости от групповых и подгруппоспецифических антигенов, расположенных в области VP6. Из этих восьми групп только четыре серогруппы — А, В, С и Н — признаны патогенами человека. При этом ротавирус группы

А ответственен за более чем 90% всех случаев заболевания [14]. Для генотипирования ротавируса была разработана международная классификационная система, основанная на последовательностях двух вирусных белков: VP4 (протеаза-чувствительный белок), который определяет генотип Р, и VP7 (гликопротеин), который определяет генотип G. Несмотря на обнаружение более 80 комбинаций генотипов G и Р ротавируса, наиболее распространенными генотипами среди людей по всему миру являются G1P[8], G2P[4], G3P[8], G4P[8], G9P[8] и G12P[8] [15]. За последние 30 лет большинство ротавирусных инфекций во всем мире были связаны со штаммами G1P[8], G2P[4], G3P[8] и G4P[8], однако в последние годы выросла доля редких штаммов, таких как G2P[6], G9P[4], G12P[6], G12P[8], это разнообразие возникает в результате точечных мутаций, генетической реассортации, перестройки генома и межвидовой передачи [16].

По данным Референс-центра по мониторингу ОКИ на базе ФБУН ЦНИИЭ Роспотребнадзора, в 2023 г. на территории РФ доминирующим генотипом остается сформировавшийся в 2022 г. G3P[8].

В 2009 году ВОЗ рекомендовала ввести вакцинацию против ротавирусной инфекции в календари профилактических прививок всех стран, особенно в странах с высокой детской смертностью [17]. По данным ВОЗ, к концу 2023 года вакцинация против ротавирусной инфекции была внедрена в 123 странах.

В настоящее время доступны четыре аттенуированные пероральные ротавирусные вакцины: Rotarix (Glaxo-SmithKline Biologics, Rixensart, Бельгия), RotaTeq (Merck & Co., США), Rotavac (Bharat Biotech, Индия) и Rotasil (Serum Institute of India Pvt. Ltd., Индия) [18]. В Российской Федерации с целью иммунизации детского населения, помимо RotaTeq, используется вакцина Рота-В-Эйд (Серум Инститют оф Индия) [19].

Накоплен большой опыт по изучению иммунологической и клинической эффективности ротавирусных вакцин, а также подтверждена их эпидемиологическая эффективность. Известно, что вакцинация против ротавирусной инфекции снижает количество госпитализаций, связанных с ротавирусом, а также госпитализации с острым гастроэнтеритом (ОГЭ) любой этиологии в течение 2—3 лет после ее введения в календарь [20]. Так, в развитых странах Европы отмечено снижение случаев госпитализации по поводу ротавирусной инфекции на 65—84% [21]. В США эффективность вакцинации составила 68—75% и 100% при тяжелых формах, в Австрии, Финляндии и Бельгии уровень госпитализаций снизился на 49—92%, госпитализаций и смертности по любой причине острых кишечных инфекций (ОКИ) на 17—55 и 22—50% соответственно [22]. В странах Латинской Америки и Карибского бассейна после внедрения вакцинации против ротавирусной инфекции число госпитализаций снизилось на 64%, число госпитализаций и смертности от ОКИ любой этиологии снизилось на 32 и 54% соответственно [23].

С 2014 года в Российской Федерации в соответствии с приказом Минздрава России от 21.03.14 №125н вакцинация против ротавирусной инфекции включена в На-

циональный календарь профилактических прививок по эпидемическим показаниям, на основании которого реализуются региональные программы вакцинации. С 2019 года в соответствии с приказом Департамента здравоохранения г. Москвы от 18 ноября 2019 г. № 975 вакцинация против ротавирусной инфекции внесена в Московский календарь профилактических прививок, а также в региональные календари некоторых округов. По данным, приведенным в государственном докладе о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации, в 2023 г. наибольший уровень охвата вакцинацией был достигнут в Сахалинской области — более 80%, в Ямало-Ненецком автономном округе, Республике Бурятия, Ханты-Мансийском автономном округе — Югре — более 50%. По данным Референс-центра по мониторингу ОКИ, уровень охвата вакцинацией в целом по стране составляет 12,07%, что остается крайне низким для оказания влияния на эпидемический процесс. В тоже время, по данным Костинова М.П., при высоком охвате младенческой вакцинацией ее эффективность может достигнуть 83,8% в отношении РВГЭ в целевой когорте детей [24].

По данным Роспотребнадзора и Управления Роспотребнадзора по городу Москве, уровень заболеваемости ротавирусной инфекцией в 2023 г. составил 36,72 на 100 тыс. населения, причем заболеваемость среди детей от 0 до 17 лет составила 195,56 на 100 тыс. населения. Риск заболеваемости ротавирусной инфекцией выше среди детей в организованных коллективах.

Нашей задачей было провести обзор научных исследований, подтверждающих значимость вакцинопрофилактики ротавирусной инфекции на основе актуальной информации об эпидемиологии, тяжести течения и экономической эффективности после внедрения программ вакцинации. Нами был проведен поиск данных в поисковых системах PubMed, Google Scholar, Cochrane Library и Elibrary по следующим ключевым словам: rotavirus, acute gastroenteritis, vaccinated, genotypes, effectiveness, ротавирусная инфекция, профилактика.

Начиная с 2005 г. во всем мире активно проводится специфическая профилактика ротавирусной инфекции, накоплен достаточный опыт применения различных ротавирусных вакцин, в том числе благодаря их внедрению в рутинные графики иммунизации младенческой популяции [19].

Mandolo J.J. et al. провели исследование влияния вакцины Rotarix на тяжесть гастроэнтерита у детей младше 5 лет в Малави. В исследовании участвовало 3159 детей, из которых 2224 были вакцинированы. Для определения степени тяжести гастроэнтерита использовалась шкала Везикари. Результаты показали, что у вакцинированных детей гастроэнтерит протекал менее тяжело по сравнению с невакцинированными. Наиболее часто обнаруживаемыми генотипами ротавируса были G1P[8], G2P[4], G2P[6], G12P[6] и G12P[8], которые составили 66,57% (636 из 1050) всех выявленных генотипов. У невакцинированных детей большинство эпизодов гастроэнтерита были классифицированы как тяжелые (66,67%, 424 из 636), и степень тяжести не зависела от генотипа ( $p = 0,544$ ). В то же время, у вакцинированных детей за-

болевание в целом проявлялось средней степенью тяжести. Однако при инфицировании генотипами G12P[6] и G12P[8] наблюдалось более тяжелое течение болезни, с увеличением оценки тяжести на 2,58 единицы (95% ДИ 0,60–4,56;  $p = 0,011$ ), что указывает на более выраженное течение заболевания в этих случаях [25].

Burke R.M. et al. провели оценку эффективности вакцинации против ротавирусной инфекции за 14-летний период с 2003 по 2017 год на Тайване. В 2006 и 2007 годах охват вакцинацией детей до 5 лет составлял менее 5%, однако со временем он значительно возрос и к 2014 году достиг 41%. Наиболее часто с госпитализациями по поводу гастроэнтеритов ротавирусной этиологии сталкивались дети в возрасте 12–23 месяцев. С 2012 года, когда уровень охвата вакцинацией среди детей до 5 лет составил 32%, а среди детей младше 1 года — 41%, наблюдалось заметное снижение числа госпитализаций, связанных с ротавирусной инфекцией. В целом, показатели госпитализации, связанные с гастроэнтеритом ротавирусной этиологии, после начала вакцинации снизились на 24% среди всех детей младше 5 лет и на 38% среди детей в возрасте 12–23 месяцев, которые наиболее подвержены ротавирусной инфекции [26].

Okitsu S. et al изучали изменения в распределении генотипов ротавируса А, циркулирующих у японских детей с острым гастроэнтеритом в амбулаторных клиниках. В период с июля 2014 по июнь 2020 года было проанализировано 2799 образцов кала от детей до 15 лет, страдающих острым гастроэнтеритом. Ротавирусы были обнаружены в 604 образцах (21,6%). Наибольшая заболеваемость ротавирусной инфекцией наблюдалась у детей в возрасте 12–24 месяцев. Инфицирование ротавирусом постепенно возрастало ранней весной, достигая пика в апреле. На протяжении исследования охват вакцинацией увеличивался с 32,4% в 2014 году до 62,2% в 2020 году. В период 2019–2020 г. было отмечено снижение числа положительных образцов на ротавирусы, что, вероятно, связано с мерами контроля пандемии COVID-19. За время исследования наблюдались изменения в генотипах ротавируса. Если в 2014–2015 годах преобладали генотипы G1P[8]I1 и G1P[8]I2, то в течение следующего года они не регистрировались, при этом доминирующим стал генотип G2P[4]I2. Однако G1P[8]I1 вновь стал преобладающим в 2017–2018 г., наряду с появлением генотипов G8P[8]I1, G8P[8]I2, а также G2P[8]I2, который стал преобладающим генотипом с высокой распространенностью — 98,4% в 2018–2019 годах [27].

Payne D.C. et al провели исследование, оценивающее связь между вакцинацией против ротавирусной инфекции у детей до 5 лет и частотой посещений амбулаторных приемов и госпитализаций по поводу острого гастроэнтерита в период с 2010 по 2016 г. В исследование было включено 10 813 детей, из которых 1193 случая имели положительный, а 9620 — отрицательный результат на ротавирусы. Исследование выявило, что одна доза вакцины против ротавируса обеспечивала защиту на 82% (95% ДИ, 77%–86%) от госпитализаций, связанных с ротавирусом, и на 75% (95% ДИ, 71%–79%) от посещений отделения неотложной помощи. У детей с ро-

тавирусной инфекцией, не получивших вакцинацию, тяжелые формы инфекции наблюдались в четыре раза чаще, чем у вакцинированных (74 из 426 [17,4%] против 28 из 605 [4,6%];  $p < 0,001$ ). Вакцинация также была эффективна в 65% (95% ДИ, 56%—73%) случаев против легких инфекций, в 81% (95% ДИ, 76%—84%) против умеренных и в 91% (95% ДИ, 85%—95%) против тяжелых инфекций. На протяжении семи лет не было обнаружено статистически значимых различий в эффективности разных вакцин против ротавируса [28].

Особый интерес представляет изучение влияния младенческой вакцинации против ротавирусной инфекции на спектр этиологических агентов острых кишечных инфекций у детей. Так, в исследовании, проведенном Ballard S.-B. et al на 1788 детях до 5 лет, из которых 932 страдали острым гастроэнтеритом, а 856 детей составили контрольную группу, один этиологический агент был выявлен у 74% и у 42% детей соответственно [29]. Более двух этиологических агентов встречались у 30% детей с гастроэнтеритом и у 8% детей контрольной группы. Основные возбудители гастроэнтерита у детей: норовирус, ротавирус, саповирус, EAEC, ETEC, астровирус, *Campylobacter* spp. и *Shigella* spp. В контрольной группе чаще встречались *Giardia*, *Entamoeba coli* и *Endolimax nana*. Норовирус GII был связан с гастроэнтеритом во всех возрастах, ротавирус — у детей 12—60 месяцев, а саповирус, DAEC и ETEC — у детей 24—60 месяцев. Шкалы Везикари и Кларка использовались для оценки тяжести 701 случая (75%) и 9 случаев (<1%) соответственно как тяжелые ( $P < 0,001$ ). Средние баллы для случаев с норовирусом GII были выше (Везикари: 12,7 против 11,8;  $P < 0,001$ ; Кларка: 11,7 против 11,4;  $P = 0,016$ ). Дети 6—12 месяцев имели более высокие баллы по обеим шкалам (Везикари: 12,7 против 12,0;  $P = 0,0002$ ; Кларка: 12,0 против 11,4;  $P = 0,0016$ ). Различий по другим характеристикам не выявлено. Из 127 образцов кала с ротавирусом у 81 (64%) были типизируемые типы G и P. Чаще всего встречался штамм G12P[8] (67%). Из инфицированных им, 3 ребенка получили одну дозу вакцины Rotarix, 45 — обе дозы. Среди 9 детей с гомотипичным штаммом G1P[8] 4 получили одну дозу, 4 — обе [29]. После введения младенческой вакцинации против ротавируса норовирусная инфекция стала преобладающим патогеном среди детей. Ротавирус — второй этиологический агент, вызывающий гастроэнтерит, с преобладанием генотипа G12P[8]. Саповирус — третий этиологический агент по частоте обнаружения. Таким образом, норовирус и саповирус стали основными факторами, способствующими тяжелой диарее после вакцинации против ротавируса [29].

В ноябре 2013 года в Буркина-Фасо (государство в Западной Африке) внедрили масштабную вакцинацию против ротавирусной инфекции с использованием пероральной пентавалентной вакцины RotaTaq и быстро достигли уровня охвата более 90%. Rönnelid Y. и соавторы проанализировали частоту выделения вирусов, клиническую картину и эпидемиологию норовирусной и ротавирусной инфекции у 146 детей младше 5 лет, госпитализированных за период с января по декабрь 2015 года [30]. Обнаружение вирусов проводилось с помощью

тестов на антиген или полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени, а генотипирование осуществлялось с использованием секвенирования нуклеотидов или мультиплексной ПЦР. Ротавирусы были выявлены в 14% образцов кала, в то время как норовирусы были обнаружены в 20% образцов. Норовирусная инфекция была связана с более тяжелым обезвоживанием по сравнению с ротавирусной инфекцией ( $P < 0,001$ ). Среди генотипированных образцов норовируса 48% (12 из 25) относились к типу GII.4, который вызывал значительно больше эпизодов диареи по сравнению с другими генотипами ( $P = 0,01$ ). Наиболее распространенными генотипами ротавируса были G2P[4] (30%), G12P[6] (25%) и G12P[8] (20%). Полностью или частично гетеротипичные штаммы встречались у 50% детей с положительным результатом на ротавирус [30]. Таким образом, исследование показало, что после внедрения вакцинации против ротавирусной инфекции в Буркина-Фасо, норовирус стал более распространенным возбудителем, вызывающим острый гастроэнтерит с тяжелыми симптомами диареи у детей [30].

Согласно исследованию, проведенному Amodio E. с соавторами, изучавшему эффективность программы вакцинации в Италии среди детей в возрасте от 0 до 35 месяцев в период с 2008 по 2018 годы, было выявлено значительное снижение случаев госпитализаций, вызванных ротавирусной инфекцией РВИ. Так, с 2016 по 2018 годы эти показатели уменьшились на 38,45%. Тем не менее, охват вакцинацией варьировался по регионам: от 0,14% в Молизе (2016) до 75,55% в Калабрии (2016). В таких регионах, как Сицилия, Кампания и Апулия, была внедрена всеобщая массовая вакцинация. В результате установлено, что расширение охвата вакцинацией значительно снижает риск госпитализаций из-за РВИ [31].

Согласно исследованию, проведенному Paulke-Korinek M. и соавторами в Австрии в 2009 году, после двухлетнего периода массовой вакцинации против РВИ наблюдалось значительное снижение числа госпитализаций среди детей. Так, количество госпитализированных детей до 12 месяцев сократилось на 79%, среди детей от 12 до 24 месяцев — на 76%, а среди детей в возрасте от 2 до 5 лет — на 35% по сравнению с показателями до начала программы вакцинации [32].

Согласно ретроспективному исследованию, проведенному в Бельгии, после начала программы вакцинации против ротавирусной инфекции наблюдалось значительное снижение числа положительных анализов кала на ротавирус. У детей младше 2 лет количество таких случаев сократилось на 65% в первый год вакцинации и на 80% во второй год. У детей старше 2 лет эти показатели составили 20% и 64% соответственно. Также было отмечено уменьшение числа госпитализаций, связанных с острыми кишечными инфекциями (ОКИ), на 33% в первый год и на 36% во второй [33].

По данным исследования, проведенного в Англии, с 2013 по 2018 по результатам пятилетнего опыта вакцинации против ротавирусной инфекции, было зафиксировано снижение лабораторно подтвержденных случаев ротавирусной инфекции на 69—83% среди всех возрастных групп и на 77—88% среди детей до одного года.

Ежегодное количество предотвращённых случаев заболевания составляло от 11 386 до 11 633. Также было отмечено сокращение госпитализаций, вызванных ОКИ любой этиологии, на 12–35% среди всех возрастных групп и на 25–48% среди детей до года. За этот период ежегодно предотвращалось от 24 474 до 49 278 госпитализаций [34].

Согласно данным исследования, проведенного в США, за 10 лет применения вакцинации против ротавирусной инфекции было отмечено значительное увеличение охвата до стабильного уровня 71% в период с 2013 по 2015 год. Эффективность вакцинации против госпитализаций или посещений отделений неотложной помощи, связанных с РВИ, при полном курсе вакцинации с использованием вакцин Ротатек и Ротакрикс составила 84% и 83% соответственно. В ходе исследований, сравнивающих эффективность этих вакцин, статистически значимой разницы не было выявлено. Кроме того, наблюдалось снижение обращений за медицинской помощью по причинам острых кишечных инфекций другой этиологии: на 19% по сравнению с посещениями отделений неотложной помощи и на 12% по амбулаторным визитам. Вакцинация против РВИ не только напрямую защищает вакцинированных детей, но и способствует формированию коллективного иммунитета, что, в свою очередь, защищает непривитых детей и взрослых [35].

Оценка эффективности вакцинации в некоторых регионах Российской Федерации. По данным Южаковой Г.Г., Мартыновой Г.П., была оценена эффективность проведения иммунизации среди детей г. Ачинска Красноярского края с июля 2015 по июнь 2016 г. В исследование было включено 1267 человек, что составило 90% от общего числа новорожденных за данный период. По результатам исследования, в 2016 г. отмечено снижение количества госпитализаций по поводу ОКИ любой этиологии на 24,7%, однако снижение количества госпитализаций отмечено не только среди группы вакцинируемых от 0 до 12 мес. на 39,1%, но и в группе детей 12–36 мес. — на 26,5%. Количество обращений среди всего населения сократилось на 12,0%, среди детей — на 5,7%, среди взрослых — на 12,1%. Эвакуация бригадами скорой медицинской помощи в инфекционные стационары уменьшилась на 10,2% [36].

По данным исследования, проведенного Смирновой С.С. и соавторами по оценке эффективности вакцинации против ротавирусной инфекции среди детей до года на пяти территориях Свердловской области, в 2015 году с охватом вакцинацией от 27,8 до 40,7% было выявлено, что заболеваемость ротавирусным гастроэнтеритом среди детей 1–2 лет жизни снизилась в 1,1–6,3 раза. Среди вакцинированных случаев РВИ, а также госпитализаций по поводу ОКИ другой этиологии не выявлено [37].

По данным исследования, проведенного среди детей первого года жизни на территории г. Подольска Московской области за период с 2014 по 2018 год с охватом вакцинацией 68%, отмечено снижение доли пациентов до года с диагнозом ОКИ с 15,8 до 12,5%, в возрасте 2–3 лет с 43,8 до 36,3%, однако отмечено небольшое увеличение доли пациентов 7–14 лет с диагнозом ОКИ неуточненной этиологии с 7,70 до 11,2%, на фоне со-

кращения общего числа госпитализируемых. Было отмечено снижение заболеваемости РВИ как в целевой возрастной группе, так и в других возрастных группах, что подтверждает формирование популяционного эффекта от вакцинации [38].

Экономическая эффективность программ иммунизации против ротавирусной инфекции. В исследовании, проведенном в США, было установлено, что после начала программы вакцинации против ротавирусной инфекции в 2006 году наблюдается значительное снижение нагрузки на систему здравоохранения, и этот тренд продолжает усиливаться. С 2011 по 2015 год благодаря вакцинации было предотвращено около 118 тысяч госпитализаций, 86 тысяч обращений в отделения неотложной помощи и 460 тысяч амбулаторных визитов. Наибольшая экономия расходов государства была достигнута за счет сокращения числа госпитализаций и амбулаторных визитов [39].

В исследовании, проведенном в Норвегии, была оценена экономическая эффективность программы вакцинации против ротавирусной инфекции. Результаты показали значительное снижение нагрузки на систему здравоохранения в течение первых пяти лет от начала вакцинации. Количество госпитализаций по поводу ротавирусной инфекции уменьшилось на 73%, амбулаторных консультаций — на 70%, а посещений на дому — на 64%. Наибольшее снижение наблюдалось среди детей в возрасте 1–2 лет. В течение первых пяти лет после внедрения вакцинации расходы на здравоохранение сократились на 72%, причем основное снижение расходов произошло за счет уменьшения затрат на стационарное лечение. Также было отмечено сокращение на 61% количества дней, которые родителям требовалось для ухода за детьми [40].

В исследовании, проведенном Debellut F. и соавторами, была оценена экономическая эффективность вакцинации против ротавирусной инфекции для 73 стран, поддерживаемых Альянсом по вакцинам GAVI. По результатам математического моделирования, в период с 2018 по 2027 год вакцинация может предотвратить 158,6 миллиона случаев ротавирусного гастроэнтерита, 80,7 миллиона амбулаторных посещений, 7,9 миллиона госпитализаций, 576 567 смертей и 14,7 миллиона DALY (год жизни, скорректированный по нетрудоспособности). Предотвращение госпитализаций и амбулаторных визитов позволит сэкономить 484,1 миллион долларов США бюджетных средств. Наибольшая экономия наблюдается в Африканском регионе и Юго-Восточной Азии. Этот анализ подчеркивает важность программы вакцинации и необходимость ее расширения для достижения всеобщего охвата и улучшения здоровья населения [41].

Lusvan M.-E. и соавторы провели исследование, оценивающее экономическую эффективность программы вакцинации против ротавирусной инфекции в Монголии. В свете недавнего отказа Монголии от поддержки Альянса по вакцинам GAVI и перехода на самостоятельное финансирование вакцин, исследование сосредоточилось на возможных выгодах и затратах, связанных с внедрением вакцины. Согласно расчетам, за период с 2019 по 2028 год вакцинация против ротавирусной инфекции

в Монголии имеет потенциал предотвратить 62 000 случаев ротавирусного гастроэнтерита, 34 000 тяжёлых случаев и 271 случай смерти. Кроме того, вакцинация может снизить количество амбулаторных посещений на 44 900 и госпитализаций на более чем 27 000. Эти преимущества приведут к экономии 2,4 миллиона долларов США на уровне государственного бюджета и 5 миллионов долларов США для общества в целом. Средние ежегодные затраты на программу вакцинации составят 1,1 миллиона долларов США, из которых 79% будут направлены на закупку вакцин. Часть этих затрат будет компенсирована за счет снижения расходов на лечение. Исследование ясно демонстрирует значительные экономические преимущества вакцинации против ротавируса, показывая, что первоначальные инвестиции в программу оправдываются за счет сокращения расходов на здравоохранение, что подчеркивает важность продолжения вакцинации [42].

## Заключение

Ротавирусная инфекция остаётся значимой проблемой здравоохранения, особенно среди детей в возрасте младше 5 лет. Несмотря на включение вакцинации против ротавирусной инфекции в национальные календари за рубежом, уровень заболеваемости РВИ остаётся высоким, что вероятно связано с недостаточным охватом прививками на разных территориях. На территории Российской Федерации уровень охвата вакцинацией против ротавирусной инфекции составляет 12,07%, что значительно ниже порогового уровня, необ-

ходимого для создания коллективного иммунитета. В регионах с низким охватом прививками наблюдаются высокие показатели заболеваемости, особенно среди детей первых лет жизни.

Результаты исследований, проведённых в различных странах, подтверждают эффективность вакцинации против ротавируса в снижении тяжести заболевания и уменьшении числа госпитализаций. Однако влияние на эпидемический процесс ограничено при недостаточном охвате населения вакцинацией. Исследования также показывают изменения в распространении генотипов ротавируса, что указывает на необходимость постоянного мониторинга циркулирующих штаммов для повышения эффективности профилактических мер.

Дополнительное внимание привлекает рост заболеваемости другими вирусными патогенами, особенно после внедрения массовой вакцинации против ротавируса. Эти возбудители стали занимать ведущие позиции среди причин острого гастроэнтерита у детей. Норовирусная инфекция, в частности, ассоциируется с более тяжёлыми случаями обезвоживания по сравнению с РВИ, что требует расширения мер профилактики и диагностики других кишечных инфекций.

В заключение необходимо отметить, что достижение более высокого уровня охвата вакцинацией, постоянный мониторинг генотипов вирусов, а также расширение исследований по профилактике других кишечных инфекций являются ключевыми аспектами для дальнейшего снижения заболеваемости и смертности от ротавирусной и других вирусных инфекций у детей.

## Список литературы:

- Poelaert D, Pereira P, Gardner R, Standaert B, Benninghoff B. A review of recommendations for rotavirus vaccination in Europe: Arguments for change. *Vaccine*. 2018 Apr 19; 36(17):2243–2253. doi: 10.1016/j.vaccine.2018.02.080.
- Steele AD, Armah GE, Mwenda JM, Kirkwood CD. The Full Impact of Rotavirus Vaccines in Africa Has Yet to Be Realized. *Clin Infect Dis*. 2023 Apr 19; 76(76 Suppl 1):S1–S4. doi: 10.1093/cid/ciad017.
- Shah MP, Tate JE, Mwenda JM, Steele AD, Parashar UD. Estimated reductions in hospitalizations and deaths from childhood diarrhea following implementation of rotavirus vaccination in Africa. *Expert Rev Vaccines*. 2017 Oct; 16(10):987–995. doi: 10.1080/14760584.2017.1371595.
- Henschke N, Bergman H, Hungerford D, Cunliffe NA, Grais RF, Kang G, Parashar UD, Wang SA, Neuzil KM. The efficacy and safety of rotavirus vaccines in countries in Africa and Asia with high child mortality. *Vaccine*. 2022 Mar 15; 40(12):1707–1711. doi: 10.1016/j.vaccine.2022.02.003.
- Li W, Zhu Y, Lou J, Chen J, Xie X, Mao J. Rotavirus and adenovirus infections in children during COVID-19 outbreak in Hangzhou. *China. Transl Pediatr*. 2021 Sep; 10(9):2281–2286. doi: 10.21037/tp-21-150.
- Zhou J, Sun Y. Effect of COVID-19 protective measures on the epidemiology characteristics of rotavirus, adenovirus, and coinfections among pediatric patients with acute gastroenteritis in Hangzhou, China. *Microbiol Spectr*. 2024 Mar 5; 12(3):e0400723. doi: 10.1128/spectrum.04007-23.
- van de Berg S, Charles T, Dörre A, Katz K, Böhm S. Epidemiology of common infectious diseases before and during the COVID-19 pandemic in Bavaria, Germany, 2016 to 2021: an analysis of routine surveillance data. *Euro Surveill*. 2023 Oct; 28(41):2300030. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2023.28.41.2300030.
- Knudsen PK, Lind A, Klundby I, Dudman S. The incidence of infectious diseases and viruses other than SARS-CoV-2 amongst hospitalised children in Oslo, Norway during the Covid-19 pandemic 2020–2021. *J Clin Virol Plus*. 2022 Feb; 2(1):100060. doi: 10.1016/j.jcvp.2021.100060.
- Velázquez FR. Protective effects of natural rotavirus infection. *Pediatr Infect Dis J*. 2009 Mar; 28(3 Suppl):S54–6. doi: 10.1097/INF.0b013e3181967c03.

## References:

- Poelaert D, Pereira P, Gardner R, Standaert B, Benninghoff B. A review of recommendations for rotavirus vaccination in Europe: Arguments for change. *Vaccine*. 2018 Apr 19; 36(17):2243–2253. doi: 10.1016/j.vaccine.2018.02.080.
- Steele AD, Armah GE, Mwenda JM, Kirkwood CD. The Full Impact of Rotavirus Vaccines in Africa Has Yet to Be Realized. *Clin Infect Dis*. 2023 Apr 19; 76(76 Suppl 1):S1–S4. doi: 10.1093/cid/ciad017.
- Shah MP, Tate JE, Mwenda JM, Steele AD, Parashar UD. Estimated reductions in hospitalizations and deaths from childhood diarrhea following implementation of rotavirus vaccination in Africa. *Expert Rev Vaccines*. 2017 Oct; 16(10):987–995. doi: 10.1080/14760584.2017.1371595.
- Henschke N, Bergman H, Hungerford D, Cunliffe NA, Grais RF, Kang G, Parashar UD, Wang SA, Neuzil KM. The efficacy and safety of rotavirus vaccines in countries in Africa and Asia with high child mortality. *Vaccine*. 2022 Mar 15; 40(12):1707–1711. doi: 10.1016/j.vaccine.2022.02.003.
- Li W, Zhu Y, Lou J, Chen J, Xie X, Mao J. Rotavirus and adenovirus infections in children during COVID-19 outbreak in Hangzhou. *China. Transl Pediatr*. 2021 Sep; 10(9):2281–2286. doi: 10.21037/tp-21-150.
- Zhou J, Sun Y. Effect of COVID-19 protective measures on the epidemiology characteristics of rotavirus, adenovirus, and coinfections among pediatric patients with acute gastroenteritis in Hangzhou, China. *Microbiol Spectr*. 2024 Mar 5; 12(3):e0400723. doi: 10.1128/spectrum.04007-23.
- van de Berg S, Charles T, Dörre A, Katz K, Böhm S. Epidemiology of common infectious diseases before and during the COVID-19 pandemic in Bavaria, Germany, 2016 to 2021: an analysis of routine surveillance data. *Euro Surveill*. 2023 Oct; 28(41):2300030. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2023.28.41.2300030.
- Knudsen PK, Lind A, Klundby I, Dudman S. The incidence of infectious diseases and viruses other than SARS-CoV-2 amongst hospitalised children in Oslo, Norway during the Covid-19 pandemic 2020–2021. *J Clin Virol Plus*. 2022 Feb; 2(1):100060. doi: 10.1016/j.jcvp.2021.100060.
- Velázquez FR. Protective effects of natural rotavirus infection. *Pediatr Infect Dis J*. 2009 Mar; 28(3 Suppl):S54–6. doi: 10.1097/INF.0b013e3181967c03.

10. Hoffmann T, Iturriza M, Faaborg-Andersen J, Kraaer C, Nielsen CP, Gray J, Hagh B. Prospective study of the burden of rotavirus gastroenteritis in Danish children and their families. *Eur J Pediatr*. 2011 Dec; 170(12):1535–9. doi: 10.1007/s00431-011-1465-y.
11. Zhang X, Xu XF, Jin J. Rotavirus vaccination and the risk of type 1 diabetes and celiac disease: A systematic review and meta-analysis. *Front Pediatr*. 2022 Aug 26; 10:951127. doi: 10.3389/fped.2022.951127.
12. Crawford SE, Ramani S, Tate JE, Parashar UD, Svensson L, Hagbom M, Franco MA, Greenberg HB, O'Ryan M, Kang G, Desselberger U, Estes MK. Rotavirus infection. *Nat Rev Dis Primers*. 2017 Nov 9; 3:17083. doi: 10.1038/nrdp.2017.83.
13. Satter SM, Katz E, Hossain ME, Fariha F, Talha M, Smart SL, Bowen MD, Rahman M, Parashar UD, Cortese MM. Detection of Rotavirus in Respiratory Specimens From Bangladeshi Children Aged <2 Years Hospitalized for Acute Gastroenteritis. *J Infect Dis*. 2024 Feb 14; 229(2):457–461. doi: 10.1093/infdis/jiad333.
14. Mousavi-Nasab SD, Sabahi F, Kaghazian H, Paryan M, Mirab Samiee S, Ghaderi M, Zali F, Makvandi M. A Real-Time RT-PCR Assay for Genotyping of Rotavirus. *Iran Biomed J*. 2020 Nov; 24(6):399–404. doi: 10.29252/ibj.24.6.394.
15. Tatsi EB, Koukou DM, Dellis C, Dourdouna MM, Efthymiou V, Michos A, Syriopoulou V. Epidemiological study of unusual rotavirus strains and molecular characterization of emerging P[14] strains isolated from children with acute gastroenteritis during a 15-year period. *Arch Virol*. 2023 May 2; 168(5):149. doi: 10.1007/s00705-023-05769-8.
16. Wang Y, Li J, Liu P, Zhu F. The performance of licensed rotavirus vaccines and the development of a new generation of rotavirus vaccines: a review. *Hum Vaccin Immunother*. 2021 Mar 4; 17(3):880–896. doi: 10.1080/21645515.2020.1801071.
17. Chissaque A, Bauhofer AFL, Cossa-Moiane I, Siteo E, et al. Rotavirus A infection in pre- and post-vaccine period: Risk factors, genotypes distribution by vaccination status and age of children in Nampula Province, Northern Mozambique (2015–2019). *PLoS One*. 2021 Aug 6; 16(8):e0255720. doi: 10.1371/journal.pone.0255720.
18. Vetter V, Gardner RC, Debrus S, Benninghoff B, Pereira P. Established and new rotavirus vaccines: a comprehensive review for healthcare professionals. *Hum Vaccin Immunother*. 2022; 18(1):1870395. doi: 10.1080/21645515.2020.1870395.
19. Намазова-Баранова Л.С., Федосеенко М.В., Калюжная Т.А., Шахтахтинская Ф.Ч., Толстова С.В., Сельвян А.М. Новые возможности иммунопрофилактики ротавирусной инфекции в Российской Федерации. Обзор профиля инновационной ротавирусной вакцины. *Педиатрическая фармакология*. 2022; 19(6):492–502. doi: https://doi.org/10.15690/pf.v19i6.2489
20. Steele AD, Groome MJ. Measuring Rotavirus Vaccine Impact in Sub-Saharan Africa. *Clin Infect Dis*. 2020 May 23; 70(11):2314–2316. doi: 10.1093/cid/ciz918.
21. Karafillakis E, Hassounah S, Atchison C. Effectiveness and impact of rotavirus vaccines in Europe, 2006–2014. *Vaccine*. 2015 Apr 27; 33(18):2097–107. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.03.016.
22. Намазова-Баранова Л.С., Федосеенко М.В., Вишнёва Е.А., Таточенко В.К., Селимзянова Л.Р., Чемакина Д.С. Вакцинация против ротавирусной инфекции: 10-летний мировой опыт успешного применения. *Вопросы современной педиатрии*. 2017; 16(4):273–285. https://doi.org/10.15690/vsp.v16i4.1773
23. Chavers T, De Oliveira LH, Parashar UD, Tate JE. Post-licensure experience with rotavirus vaccination in Latin America and the Caribbean: a systematic review and meta-analysis. *Expert Rev Vaccines*. 2018 Nov; 17(11):1037–1051. doi: 10.1080/14760584.2018.1541409.
24. Костинов М. П., Зверев В. В. Экономическая эффективность вакцинации против ротавирусной инфекции в Российской Федерации. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2012; 3:50–55.
25. Mandolo JJ, Henrion MYR, Mhango C, Chinyama E. et al. Reduction in Severity of All-Cause Gastroenteritis Requiring Hospitalisation in Children Vaccinated against Rotavirus in Malawi. *Viruses*. 2021 Dec 13; 13(12):2491. doi: 10.3390/v13122491.
26. Burke RM, Shih S, Hsiung CA, Yen C, Jiang B, Parashar UD, Tate JE, Wu FT, Huang YC. Impact of rotavirus vaccination on rotavirus hospitalizations in Taiwanese children. *Vaccine*. 2021 Dec 3; 39(49):7135–7139. doi: 10.1016/j.vaccine.2021.10.064.
27. Okitsu S, Khamrin P, Hikita T, Thongprachum A, Pham NTK, Hoque SA, Hayakawa S, Maneekarn N, Ushijima H. Changing distribution of rotavirus A genotypes circulating in Japanese children with acute gastroenteritis in outpatient clinic, 2014–2020. *J Infect Public Health*. 2022 Jul; 15(7):816–825. doi: 10.1016/j.jiph.2022.06.009.
10. Hoffmann T, Iturriza M, Faaborg-Andersen J, Kraaer C, Nielsen CP, Gray J, Hagh B. Prospective study of the burden of rotavirus gastroenteritis in Danish children and their families. *Eur J Pediatr*. 2011 Dec; 170(12):1535–9. doi: 10.1007/s00431-011-1465-y.
11. Zhang X, Xu XF, Jin J. Rotavirus vaccination and the risk of type 1 diabetes and celiac disease: A systematic review and meta-analysis. *Front Pediatr*. 2022 Aug 26; 10:951127. doi: 10.3389/fped.2022.951127.
12. Crawford SE, Ramani S, Tate JE, Parashar UD, Svensson L, Hagbom M, Franco MA, Greenberg HB, O'Ryan M, Kang G, Desselberger U, Estes MK. Rotavirus infection. *Nat Rev Dis Primers*. 2017 Nov 9; 3:17083. doi: 10.1038/nrdp.2017.83.
13. Satter SM, Katz E, Hossain ME, Fariha F, Talha M, Smart SL, Bowen MD, Rahman M, Parashar UD, Cortese MM. Detection of Rotavirus in Respiratory Specimens From Bangladeshi Children Aged <2 Years Hospitalized for Acute Gastroenteritis. *J Infect Dis*. 2024 Feb 14; 229(2):457–461. doi: 10.1093/infdis/jiad333.
14. Mousavi-Nasab SD, Sabahi F, Kaghazian H, Paryan M, Mirab Samiee S, Ghaderi M, Zali F, Makvandi M. A Real-Time RT-PCR Assay for Genotyping of Rotavirus. *Iran Biomed J*. 2020 Nov; 24(6):399–404. doi: 10.29252/ibj.24.6.394.
15. Tatsi EB, Koukou DM, Dellis C, Dourdouna MM, Efthymiou V, Michos A, Syriopoulou V. Epidemiological study of unusual rotavirus strains and molecular characterization of emerging P[14] strains isolated from children with acute gastroenteritis during a 15-year period. *Arch Virol*. 2023 May 2; 168(5):149. doi: 10.1007/s00705-023-05769-8.
16. Wang Y, Li J, Liu P, Zhu F. The performance of licensed rotavirus vaccines and the development of a new generation of rotavirus vaccines: a review. *Hum Vaccin Immunother*. 2021 Mar 4; 17(3):880–896. doi: 10.1080/21645515.2020.1801071.
17. Chissaque A, Bauhofer AFL, Cossa-Moiane I, Siteo E, et al. Rotavirus A infection in pre- and post-vaccine period: Risk factors, genotypes distribution by vaccination status and age of children in Nampula Province, Northern Mozambique (2015–2019). *PLoS One*. 2021 Aug 6; 16(8):e0255720. doi: 10.1371/journal.pone.0255720.
18. Vetter V, Gardner RC, Debrus S, Benninghoff B, Pereira P. Established and new rotavirus vaccines: a comprehensive review for healthcare professionals. *Hum Vaccin Immunother*. 2022; 18(1):1870395. doi: 10.1080/21645515.2020.1870395.
19. Namazova-Baranova L.S., Fedoseenko M. V., Kalyuzhnaia T.A., Shakhhtinskaya F.Ch., Tolstova S.V., Selvyan A.M. New Possibilities of Preventive Immunization for Rotavirus Infection in Russian Federation. Overview of the Innovative Rotavirus Vaccine Profile. *Pediatricheskaya farmakologiya=Pediatric Pharmacology*. 2022; 19(6):492–502. (In Russ). doi: https://doi.org/10.15690/pf.v19i6.2489
20. Steele AD, Groome MJ. Measuring Rotavirus Vaccine Impact in Sub-Saharan Africa. *Clin Infect Dis*. 2020 May 23; 70(11):2314–2316. doi: 10.1093/cid/ciz918.
21. Karafillakis E, Hassounah S, Atchison C. Effectiveness and impact of rotavirus vaccines in Europe, 2006–2014. *Vaccine*. 2015 Apr 27; 33(18):2097–107. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.03.016.
22. Namazova-Baranova L.S., Fedoseenko M.V., Vishneva E.A., Tatchenko V.K., Selimzianova L.R., Chemakina D.S. Vaccination against rotavirus infection: 10-year global experience of successful use. *Current Pediatrics*. 2017; 16(4):273–285. (In Russ.) https://doi.org/10.15690/vsp.v16i4.1773
23. Chavers T, De Oliveira LH, Parashar UD, Tate JE. Post-licensure experience with rotavirus vaccination in Latin America and the Caribbean: a systematic review and meta-analysis. *Expert Rev Vaccines*. 2018 Nov; 17(11):1037–1051. doi: 10.1080/14760584.2018.1541409.
24. Kostinov M.P., Zverev V.V. Cost-effectiveness of vaccination against rotavirus infection in the Russian Federation. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunologii=Journal of Microbiology Epidemiology and Immunobiology*. 2012; 3:50–55 (in Russ).
25. Mandolo JJ, Henrion MYR, Mhango C, Chinyama E. et al. Reduction in Severity of All-Cause Gastroenteritis Requiring Hospitalisation in Children Vaccinated against Rotavirus in Malawi. *Viruses*. 2021 Dec 13; 13(12):2491. doi: 10.3390/v13122491.
26. Burke RM, Shih S, Hsiung CA, Yen C, Jiang B, Parashar UD, Tate JE, Wu FT, Huang YC. Impact of rotavirus vaccination on rotavirus hospitalizations in Taiwanese children. *Vaccine*. 2021 Dec 3; 39(49):7135–7139. doi: 10.1016/j.vaccine.2021.10.064.
27. Okitsu S, Khamrin P, Hikita T, Thongprachum A, Pham NTK, Hoque SA, Hayakawa S, Maneekarn N, Ushijima H. Changing distribution of rotavirus A genotypes circulating in Japanese children with acute gastroenteritis in outpatient clinic, 2014–2020. *J Infect Public Health*. 2022 Jul; 15(7):816–825. doi: 10.1016/j.jiph.2022.06.009.

28. Payne DC, Englund JA, Weinberg GA, Halasa NB. et al. Association of Rotavirus Vaccination With Inpatient and Emergency Department Visits Among Children Seeking Care for Acute Gastroenteritis, 2010–2016. *JAMA Netw Open*. 2019 Sep 4; 2(9):e1912242. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.12242.
29. Ballard SB, Requena D, Mayta H, Sanchez GJ. et al. Enteropathogen Changes After Rotavirus Vaccine Scale-up. *Pediatrics*. 2022 Jan 1; 149(1):e2020049884. doi: 10.1542/peds.2020-049884.
30. Rönnelid Y, Bonkougou IJO, Ouedraogo N, Barro N, Svensson L, Nordgren J. Norovirus and rotavirus in children hospitalised with diarrhoea after rotavirus vaccine introduction in Burkina Faso. *Epidemiol Infect*. 2020 Oct 1; 148:e245. doi: 10.1017/S0950268820002320.
31. Amodio E, D'Anna A, Verso MG, Leonforte F, Genovese D, Vitale F. Rotavirus vaccination as a public health strategy to reduce the burden of hospitalization: The field experience of Italy (2008–2018). *J Med Virol*. 2023 Aug; 95(8):e29000. doi: 10.1002/jmv.29000.
32. Paulke-Korinek M, Kundi M, Rendi-Wagner P, de Martin A, Eder G, Schmiedle-Loss B, Vecsei A, Kollaritsch H. Herd immunity after two years of the universal mass vaccination program against rotavirus gastroenteritis in Austria. *Vaccine*. 2011 Mar 24; 29(15):2791–6. doi: 10.1016/j.vaccine.2011.01.104.
33. Raes M, Strens D, Vergison A, Verghote M, Standaert B. Reduction in pediatric rotavirus-related hospitalizations after universal rotavirus vaccination in Belgium. *Pediatr Infect Dis J*. 2011 Jul; 30(7):e120–5. doi: 10.1097/INF.0b013e318214b811.
34. Gower Ch.M., Stowe J, Andrews NJ, Dunning J, Ramsay ME, Ladhani ShN. Sustained Declines in Age Group-Specific Rotavirus Infection and Acute Gastroenteritis in Vaccinated and Unvaccinated Individuals During the 5 Years Since Rotavirus Vaccine Introduction in England. *Clinical Infectious Diseases*. 2022; 74(3):437–445. <https://doi.org/10.1093/cid/ciab460>
35. Pindych T, Tate JE, Parashar UD. A decade of experience with rotavirus vaccination in the United States — vaccine uptake, effectiveness, and impact. *Expert Rev Vaccines*. 2018 Jul; 17(7):593–606. doi: 10.1080/14760584.2018.1489724.
36. Южакова А.Г., Мартынова Г.П. Вакцинопрофилактика ротавирусной инфекции: социальная значимость и эффективность. *Журнал инфектологии*. 2017; 9(2):65–71. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2017-9-2-65-71>
37. Смирнова С.С., Голубкова А.А., Колтунов С.В. Опыт вакцинации против ротавирусного гастроэнтерита в Свердловской области. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2018; 17(3):68–73. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2018-17-3-68-73>
38. Феклисова Л.В., Шаповалова Р.Ф. Результаты массовой иммунизации против ротавирусной инфекции детей первого года жизни на отдельной территории Московской области. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2019; 18(4):75–81. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-4-75-81>
39. Newall A.T., Leong RN, Reyes JF, Curns AT, et al. Rotavirus Vaccination Likely to Be Cost Saving to Society in the United States. *Clinical Infectious Diseases*. 2021; 73(8):1424–1430. <https://doi.org/10.1093/cid/ciab442>
40. Hansen Edwards C, de Blasio BF, Salamanca BV, Flem E. Re-evaluation of the cost-effectiveness and effects of childhood rotavirus vaccination in Norway. *PLoS One*. 2017 Aug 17; 12(8):e0183306. doi: 10.1371/journal.pone.0183306.
41. Debellut F, Clark A, Pecenka C, Tate J, Baral R, Sanderson C, Parashar U, Kallen L, Atherly D. Re-evaluating the potential impact and cost-effectiveness of rotavirus vaccination in 73 Gavi countries: a modelling study. *Lancet Glob Health*. 2019 Dec; 7(12):e1664–e1674. doi: 10.1016/S2214-109X(19)30439-5.
42. Lusvan ME, Debellut F, Clark A, Demberelsuren S, Otgonbayar D, Batjargal T, Purevsuren S, Groman D, Tate J, Pecenka C. Projected impact, cost-effectiveness, and budget implications of rotavirus vaccination in Mongolia. *Vaccine*. 2019 Feb 4; 37(6):798–807. doi: 10.1016/j.vaccine.2018.12.056.
28. Payne DC, Englund JA, Weinberg GA, Halasa NB. et al. Association of Rotavirus Vaccination With Inpatient and Emergency Department Visits Among Children Seeking Care for Acute Gastroenteritis, 2010–2016. *JAMA Netw Open*. 2019 Sep 4; 2(9):e1912242. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.12242.
29. Ballard SB, Requena D, Mayta H, Sanchez GJ. et al. Enteropathogen Changes After Rotavirus Vaccine Scale-up. *Pediatrics*. 2022 Jan 1; 149(1):e2020049884. doi: 10.1542/peds.2020-049884.
30. Rönnelid Y, Bonkougou IJO, Ouedraogo N, Barro N, Svensson L, Nordgren J. Norovirus and rotavirus in children hospitalised with diarrhoea after rotavirus vaccine introduction in Burkina Faso. *Epidemiol Infect*. 2020 Oct 1; 148:e245. doi: 10.1017/S0950268820002320.
31. Amodio E, D'Anna A, Verso MG, Leonforte F, Genovese D, Vitale F. Rotavirus vaccination as a public health strategy to reduce the burden of hospitalization: The field experience of Italy (2008–2018). *J Med Virol*. 2023 Aug; 95(8):e29000. doi: 10.1002/jmv.29000.
32. Paulke-Korinek M, Kundi M, Rendi-Wagner P, de Martin A, Eder G, Schmiedle-Loss B, Vecsei A, Kollaritsch H. Herd immunity after two years of the universal mass vaccination program against rotavirus gastroenteritis in Austria. *Vaccine*. 2011 Mar 24; 29(15):2791–6. doi: 10.1016/j.vaccine.2011.01.104.
33. Raes M, Strens D, Vergison A, Verghote M, Standaert B. Reduction in pediatric rotavirus-related hospitalizations after universal rotavirus vaccination in Belgium. *Pediatr Infect Dis J*. 2011 Jul; 30(7):e120–5. doi: 10.1097/INF.0b013e318214b811.
34. Gower Ch.M., Stowe J, Andrews NJ, Dunning J, Ramsay ME, Ladhani ShN. Sustained Declines in Age Group-Specific Rotavirus Infection and Acute Gastroenteritis in Vaccinated and Unvaccinated Individuals During the 5 Years Since Rotavirus Vaccine Introduction in England. *Clinical Infectious Diseases*. 2022; 74(3):437–445. <https://doi.org/10.1093/cid/ciab460>
35. Pindych T, Tate JE, Parashar UD. A decade of experience with rotavirus vaccination in the United States — vaccine uptake, effectiveness, and impact. *Expert Rev Vaccines*. 2018 Jul; 17(7):593–606. doi: 10.1080/14760584.2018.1489724.
36. Yuzhakova A.G., Martynova G.P. Vaccine prevention of rotavirus infection: Social significance and effectiveness. *Journal Infectology*. 2017; 9(2):65–71. (In Russ.) <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2017-9-2-65-71>
37. Smirnova S.S., Golubkova A.A., Koltunov S.V. Experience of Vaccination against Rotavirus Gastroenteritis in the Sverdlovsk Region. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2018; 17(3):68–73. (In Russ.) <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2018-17-3-68-73>
38. Feklisova L.V., Shapovalova R.F. The Results of the Mass Immunization Program against Rotavirus Infection of Children of the First year of Life in a Separate Territory of the Moscow Region. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2019; 18(4):75–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-4-75-81>
39. Newall A.T., Leong RN, Reyes JF, Curns AT, et al. Rotavirus Vaccination Likely to Be Cost Saving to Society in the United States. *Clinical Infectious Diseases*. 2021; 73(8):1424–1430. <https://doi.org/10.1093/cid/ciab442>
40. Hansen Edwards C, de Blasio BF, Salamanca BV, Flem E. Re-evaluation of the cost-effectiveness and effects of childhood rotavirus vaccination in Norway. *PLoS One*. 2017 Aug 17; 12(8):e0183306. doi: 10.1371/journal.pone.0183306.
41. Debellut F, Clark A, Pecenka C, Tate J, Baral R, Sanderson C, Parashar U, Kallen L, Atherly D. Re-evaluating the potential impact and cost-effectiveness of rotavirus vaccination in 73 Gavi countries: a modelling study. *Lancet Glob Health*. 2019 Dec; 7(12):e1664–e1674. doi: 10.1016/S2214-109X(19)30439-5.
42. Lusvan ME, Debellut F, Clark A, Demberelsuren S, Otgonbayar D, Batjargal T, Purevsuren S, Groman D, Tate J, Pecenka C. Projected impact, cost-effectiveness, and budget implications of rotavirus vaccination in Mongolia. *Vaccine*. 2019 Feb 4; 37(6):798–807. doi: 10.1016/j.vaccine.2018.12.056.

Статья поступила 12.09.24

Конфликт интересов: Авторы подтвердили отсутствие конфликта интересов, финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Conflict of interest: The authors confirmed the absence conflict of interest, financial support, which should be reported.