

Моделирование потенциального эффекта ревакцинации против коклюша детей в 6–7 и 14 лет в рамках национального календаря профилактических прививок

Н. И. Брико¹, А. Я. Миндлина¹, И. В. Михеева², Л. Д. Попович³, А. В. Ломоносова¹

¹ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва

² ФБУН «ЦНИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора, Москва

³ Институт экономики здравоохранения НИУ ВШЭ, Москва*

Резюме

Актуальность. В настоящее время в рамках Национального календаря профилактических прививок не предусмотрена ревакцинация против коклюша детей в возрасте старше 18 месяцев. При этом в мировой практике продемонстрирована эпидемиологическая и экономическая целесообразность ревакцинации против коклюша детей в возрасте 6–7 лет, а также подростков. **Цель.** На основе математической модели разработать прогноз динамики заболеваемости коклюшем и оценить потенциальный социально-экономический ущерб при сложившемся и расширенном алгоритмах вакцинопрофилактики. **Методы.** Проведено математическое моделирование потенциального эффекта ревакцинации против коклюша детей в 6–7 лет (сценарий 1) и в 6–7 лет и 14 лет (сценарий 2) в рамках Национального календаря профилактических прививок. Построена имитационная динамическая математическая модель, позволяющая прогнозировать развитие эпидемиологического процесса коклюша на основе сложившейся в предыдущие годы динамики основных показателей его распространенности в популяции. В модели учитывались динамические изменения профилактической эффективности прививок и потенциальный уровень недооценки заболеваемости. Полученные массивы показателей служили основой для экстраполяции тенденций заболеваемости и смертности до 2034 г. Расчет эпидемиологических выгод осуществлялся в метриках предотвращенных потерь лет жизни при двух рассматриваемых сценариях в сравнении с текущим алгоритмом вакцинации. Расчет экономического эффекта проводился на основе полученных показателей эпидемиологических выгод в метриках монетарного эквивалента среднестатистической стоимости года жизни с учетом прогнозных коэффициентов инфляции до 2034 г. **Результаты.** Прогнозное снижение числа лет жизни, прожитых в состоянии болезни, в сравнении с текущей ситуацией составит суммарно за 2019–2034 гг. 44,5 тыс. лет при сценарии 1 и 66,7 тыс. лет при сценарии 2. Социально-экономический ущерб от предотвращенных случаев заболевания, выраженный в монетарном эквиваленте среднестатистической стоимости жизни, снизится на 28,6% (сценарий 1) или 42,0% (сценарий 2). **Выводы.** Сопоставление получаемых общественных выгод с расходами на вакцинацию показывает, что расширение НКПП дополнительными ревакцинациями против коклюша (в 6–7 лет или в 6–7 и в 14 лет) целесообразно как в эпидемиологическом, так и в экономическом аспектах.

Ключевые слова: вакцинопрофилактика, коклюш, эпидемиологическая эффективность, экономическая эффективность, Календарь прививок

Конфликт интересов не заявлен.

Для цитирования: Брико Н. И., Миндлина А. Я., Михеева И. В. и др. Моделирование потенциального эффекта ревакцинации против коклюша детей в 6–7 и 14 лет в рамках национального календаря профилактических прививок. Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2021;20(5): 4–20. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2021-20-5-4-20>.

Благодарность

Авторы выражают благодарность О. И. Волковой и Е. О. Курилович за помощь в проведении расчетов и подготовке материалов, использованных в статье.

Modeling of the Potential Effect of Revaccination against Whooping Cough in Children Aged 6–7 and 14 years within the Framework of the National of preventive vaccinations

NI Briko¹, AY Mindlina¹, IV Mikheeva², LD Popovich³, AV Lomonosova¹

¹ Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University), Moscow, Russia

² Central Research Institute of Epidemiology of Rosпотребнадзор, Moscow, Russia

³ Institute of Health Economics of Higher School of Economic, Moscow, Russia**

* Для переписки: Вахрушева Дарья Александровна, помощник директора Института экономики здравоохранения, НИУ ВШЭ, 109028, Москва, Покровский бульвар, д. 11. +7 (495) 771-32-32, Факс: +7 (495) 628-79-31, hse@hse.ru. ©Брико Н. И. и др.

** For correspondence: Vakhrusheva Darya A., Assistant Director of the Institute of Health Economics, of Higher School of Economics, 11, Pokrovsky Boulevard, Moscow, 109028, Russia. +7 (495) 771-32-32, fax: +7 (495) 628-79-31, hse@hse.ru. © Briko NI, et al.

Abstract

Relevance. Currently, the national calendar of preventive vaccinations does not provide for revaccination against whooping cough in children over the age of 18 months. At the same time, the epidemiological and economic feasibility of revaccination against whooping cough in children aged 6–7 years, as well as adolescents, has been demonstrated in world practice. **Aim.** Based on a mathematical model, develop a forecast of pertussis morbidity dynamics and assess the potential socio-economic damage under the current and expanded vaccine prophylaxis algorithms. **Methods.** Mathematical modeling of the potential effect of revaccination against whooping cough in children aged 6–7 years (scenario 1) and at 6–7 years and 14 years (scenario 2) was carried out within the framework of the national calendar of preventive vaccinations. A simulation dynamic mathematical model is constructed that allows predicting the development of the epidemiological process of whooping cough on the basis of the dynamics of the main indicators of its prevalence in the population that developed in previous years. The model took into account dynamic changes in the preventive effectiveness of vaccinations and the potential level of underestimation of morbidity. The obtained arrays of indicators served as the basis for extrapolating trends in morbidity and mortality until 2034. The calculation of epidemiological benefits was carried out in the metrics of prevented loss of years of life under the two scenarios under consideration in comparison with the current vaccination algorithm. The calculation of the economic effect was carried out on the basis of the obtained indicators of epidemiological benefits in the metrics of the monetary equivalent of the average cost of a year of life, taking into account the projected inflation coefficients until 2034. **Results.** The projected decrease in the number of years of life lived in a state of illness, in comparison with the current situation, will total 44.5 thousand years for the period 2019–2034 under scenario 1 and 66.7 thousand years under scenario 2. The socio-economic damage from prevented cases of the disease, expressed in the monetary equivalent of the average cost of living, will decrease by 28.6% (scenario 1) or 42.0% (scenario 2). **Conclusions.** A comparison of the received public benefits with the costs of vaccination shows that the expansion of the NCPP with additional revaccinations against whooping cough (at 6–7 years or at 6–7 and at 14 years) is advisable both in epidemiological and economic aspects.

Keywords: vaccination prevention, whooping cough, epidemiological efficiency, economic efficiency, vaccine schedule
No conflict of interest to declare.

For citation: Briko NI, Mindlina AY, Mikheeva IV et al. Modeling of the potential effect of revaccination against whooping cough in children aged 6–7 and 14 years within the framework of the national calendar of preventive vaccinations. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2021;20(5): 4–20 (In Russ.). [https://doi: 10.31631/2073-3046-2021-20-5-4-20](https://doi.org/10.31631/2073-3046-2021-20-5-4-20).

Acknowledgement

The authors express their gratitude to O. I. Volkova and E. O. Kurilovich for their help in carrying out calculations and preparing the materials used in the article.

Введение

В настоящее время ВОЗ рекомендует для всех стран мира стремиться к ранней и своевременной вакцинации против коклюша начиная с 6-недельного и не позднее 8-недельного возраста и поддерживать высокий охват ($\geq 90\%$) минимум тремя прививками. Это позволит обеспечить защиту высокого уровня детей до 5 лет [1].

В Российской Федерации плановая вакцинация против коклюша проводится по схеме, состоящей из первичного комплекса вакцинации в возрасте 3–4,5–6 месяцев и ревакцинации в 18 месяцев, дальнейшая ревакцинация против коклюша детей более старших возрастов и взрослых в РФ в рамках Национального календаря профилактических прививок (НКПП) не предусмотрена*. Несмотря на то, что охват прививками против коклюша детей первого года жизни составляет, по официальным данным, более 95%, исследователи наблюдают вовлечение в эпидемический процесс школьников и подростков, ранее привитых в младенческом возрасте [2–7]. Это обусловлено постепенным угасанием иммунного ответа после вакцинации как

инактивированными, так и цельноклеточными вакцинами. Показано, что наиболее высокие концентрации антител класса G к коклюшу имеют дети младше 5 лет, далее титр IgG быстро снижается, что приводит к восстановлению восприимчивости к заболеванию коклюшем к возрасту 6–9 лет [8,9]. Это подтверждается и российскими данными. Так, в Санкт-Петербурге частота встречаемости коклюша у длительно кашляющих детей 6–17 лет, ранее привитых АКДС в соответствии с НКПП, составила 31,5% [10]. Также следует учитывать, что у ранее привитых детей зачастую коклюш протекает в атипичной или стертой форме, что на фоне отсутствия настороженности врачей в отношении коклюша у ранее привитых также является причиной низкой регистрации коклюша в этой возрастной группе [6].

Еще более остро стоит проблема полномасштабного выявления и регистрации случаев коклюша среди подростков и взрослых. Многие авторы отмечают существенную недооценку показателей заболеваемости коклюшем в этих возрастных группах населения [11–13]. Углубленные исследования показывают, что уровень распространенности инфекции, вызываемой *Bordetella pertussis*, в этих возрастных группах может составлять от 370 до 1500 на 100 тыс. населения [14]. При этом в настоящее время, по официальным статистическим

* Приказ Министерства здравоохранения РФ от 21.03.2014 №125н «Об утверждении национального календаря профилактических прививок и календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям» в ред. 2021 г.

данным, в Российской Федерации заболеваемость коклюшем в группе лиц старше 14 лет не превышает 1 на 100 тыс. населения. Таким образом, реальная заболеваемость в сравнении с официально регистрируемой в популяции подростков и взрослых может отличаться более чем в 500 раз.

Существующий график вакцинации против коклюша в Российской Федерации не предполагает повсеместного введения возрастных ревакцинаций от коклюша. Учитывая ограниченный период сохранения иммунитета, это означает, что циркуляция возбудителя коклюша в популяции детей школьного возраста, подростков и взрослых будет активно продолжаться [15]. В свою очередь, это может привести к тому, что дети старшего возраста, особенно со стертыми формами коклюша, будут являться одним из основных источников инфицирования младенцев, не достигших возраста вакцинации [16].

Смещение заболеваемости коклюшем детского населения на другие возрастные когорты (дети первых месяцев жизни, не достигшие возраста иммунизации; дети более старшего возраста и подростки) было отмечено во многих странах. Продemonстрирована экономическая целесообразность второй и третьей ревакцинации против коклюша в дошкольном/раннем школьном и, затем, подростковом возрастах для снижения как прямых, так и косвенных затрат, ассоциированных с коклюшем. Причем эффект наблюдался не только в ревакцинируемых возрастных группах, но и среди детей первых месяцев жизни за счет повышения уровня популяционного иммунитета к коклюшу. Плановые ревакцинирующие прививки против коклюша были внедрены путем замены вакцин типа АДС-М на АбкдС (Вакцина для профилактики дифтерии (с уменьшенным содержанием антигена), столбняка и коклюша (бесклеточная), комбинированная, адсорбированная) [17]. Например, в США вторая ревакцинация детей против коклюша в 6 лет регламентирована с 1997 г., а третья ревакцинация (в подростковом возрасте) – с 2006 г. [18], при этом к 2018 г. охват вакцинацией Tdap (АбкдС) подростков в возрасте 13–17 лет составлял 89% [19].

ВОЗ в своих рекомендациях отмечает, что каждой стране целесообразно принимать решение о внедрении ревакцинаций детей более старшего возраста после оценки местной эпидемической ситуации и экономической эффективности таких мер. При этом подчеркивается, что ревакцинация более старших детей против коклюша должна осуществляться только бесклеточными коклюшными вакцинами с уменьшенным содержанием коклюшного компонента (бК) [1].

Учитывая неблагоприятные характеристики современной эпидемической ситуации по коклюшу в России (сохранение в многолетней динамике цикличности и сезонности; высокий удельный вес детей дошкольного и школьного возраста; преобладание среди заболевших коклюшем детей

школьного возраста ранее привитых против этой инфекции; вспышки в детских коллективах; рост заболеваемости в группе подростков и взрослого населения), представляется своевременным поставить вопрос о необходимости внесения в НКПП ревакцинации детей в возрасте 6–7 и 14 лет комбинированной вакциной против дифтерии и столбняка (со сниженным содержанием анатоксинов) с бесклеточным коклюшным компонентом [6,20,21].

Цель работы – на основе математической модели разработать прогноз динамики заболеваемости коклюшем и оценить потенциальный социально-экономический ущерб при сложившемся и расширенном алгоритмах вакцинопрофилактики

Материалы и методы

С целью прогнозирования эпидемического процесса коклюша при разных сценариях реализации вакцинопрофилактики была построена имитационная динамическая математическая модель, которая предполагает возможность отслеживания изменения эпидемиологических параметров, расходов на вакцинопрофилактику, а также потенциальное бремя инфекции в зависимости от разных входных данных.

Оценка прогнозного эпидемиологического бремени коклюша выстраивалась с учетом сложившейся в предыдущие годы динамики основных показателей его распространенности в общей популяции и влияния вакцинопрофилактики в определенных целевых группах населения на заболеваемость иных уязвимых групп. Полученные массивы показателей служили основой для экстраполяции тенденций до 2034 г. с учетом демографических прогнозов Росстата (средний вариант) для Российской Федерации.

В модели рассматривали два сценария вакцинопрофилактики коклюша:

- Сценарий 1: эффект ревакцинации вакциной АбкдС (Вакцина для профилактики дифтерии (с уменьшенным содержанием антигена), столбняка и коклюша (бесклеточная), комбинированная, адсорбированная) детей в возрасте 6–7 лет,
- Сценарий 2: суммарный эффект второй и третьей ревакцинации вакциной АбкдС детей в возрасте 6–7 и 14 лет.

Показатель профилактической эффективности прививок бесклеточными коклюшными вакцинами был включен в модель на основании экспертных оценок [22] и составил 91% в первый год, 89% – во второй год, 81% – в третий, 51% – в четвертый, 40% – в пятый, 27% – в шестой, 9% – в седьмой год после вакцинации.

При каждом сценарии рассчитывали потенциальное число заболевших после вакцинации определенной целевой группы в течение периода до 2034 г. Расчет заболеваемости был сопряжен с расчетной оценкой популяционного

иммунитета, формируемого по результатам вакцинации. Алгоритм расчетов при каждом сценарии складывался из нескольких этапов, представленных в общем виде в блок-схеме, описанной ранее [23].

На первом этапе прогнозировали потенциальное ежегодное число заболеваний коклюшем в разных возрастных группах в 2019–2034 гг. при текущей схеме вакцинации (первичная серия прививок в 3–4, 5–6 месяцев + первая ревакцинация в 18 месяцев). Прогнозные значения числа смертей от коклюша в РФ в 2019–2034 гг. оценивались на основе данных международного проекта «Изучение глобального бремени болезней» [24]. Эти данные служили также основой прогноза заболеваемости в оцениваемом периоде.

Поскольку в форме федерального статистического наблюдения № 2 Роспотребнадзора сведения о случаях заболеваний приводятся по укрупненным когортам больных, в расчетах исходили из предположения, что внутри каждой когорты случаи заболевания распределены равномерно и пропорционально прогнозируемому числу населения данной возрастной группы при среднем варианте прогноза предположительной численности населения РФ.

Численность защищенных от коклюша поствакцинальным иммунитетом детей в каждой возрастной группе рассчитывали по формуле 1:

$$C_j' = \sum_{i=0, j=2019}^{i=7, j=2034} K_i \times P_j - i \times C_j - i$$

где C_j' – потенциальная численность детей, у которых будет выработан иммунитет после вакцинации и которые не заболеют в j -ом году ($j = 2019 \dots 2034$);

C_j – прогнозное значение численности населения соответствующего возраста в j -ом году ($j = 2019 \dots 2034$);

K_i – профилактическая эффективность вакцинации на i -ом году;

P_j – охват вакцинацией в j -ом году ($j = 2019 \dots 2034$).

По условиям первого сценария, вторую ревакцинацию дети получают к моменту существенного снижения иммунитета после первичного курса иммунизации, т.е. перед поступлением в общеобразовательные учреждения в возрасте 6–7 лет.

В расчетах исходили из того, что в 2019 г. охват прививками шестилетних и семилетних детей будет примерно одинаковым. Начиная с 2020 г. ежегодно прививаться будут в основном дети, достигшие возраста шести лет в соответствующем году, а из числа семилетних – не получившие прививку в шестилетнем возрасте в предыдущем году:

$$P_{2020} = 1 - P_{2019} \text{ (формула 2)}$$

и аналогично до 2034 г. включительно:

$$P_i = 1 - P_{i-1}^6, \text{ где } i = 2020 \dots 2034 \text{ (формула 3)}$$

Поскольку совокупное число привитых 6–7 лет способствует ограничению распространения инфекции, в расчетах необходимо учитывать эффект влияния вакцинации когорты 6–7-летних детей на заболеваемость детей младшего возраста. Однако в доступных источниках присутствует лишь указание на то, что после внедрения второй ревакцинации число заболеваний коклюшем в возрасте до года снижается примерно в два раза [25] без детальной повозрастной динамики утраты данного эффекта. В оценках использовались следующие допущения: для возраста 1–2 года расчетное потенциальное снижение риска заражения с учетом средней профилактической эффективности цельноклеточных и бесклеточных вакцин составило 4,5%. Последующие данные о потенциальном снижении заболеваемости рассчитывались от общего числа заболевших из числа привитых детей в возрастном диапазоне 3–6 лет (33,8%) с весовым коэффициентом, учитывающим динамику снижения поствакцинального иммунитета. В итоге это общее число заболевших было распределено в следующей пропорции: 3 года – 4,7%, 4 года – 8,1%, 5 лет – 21,0%.

На следующем этапе расчетов из прогнозной численности населения в соответствующем году вычитали число потенциально приобретших поствакцинальный иммунитет с учетом его погодного снижения.

В отношении оставшегося населения предполагали, что его ежегодная повозрастная заболеваемость соответствует заболеваемости при текущей схеме вакцинации, при этом была учтена отмеченная многими авторами значительная недооцененная заболеваемость коклюшем, особенно подростков и взрослых [11–13,26]. В используемой модели для расчетов был принят пятикратный уровень недооценки заболеваемости детей до 7 лет [6] и 100-кратный – для более взрослых когорт населения, что представляет собой наименьшую величину из приведенного в исследовании уровня недооценки [14].

С учетом всех перечисленных факторов были спрогнозированы уровни заболеваемости коклюшем в разных возрастных группах при текущем алгоритме вакцинации и при внедрении дополнительной ревакцинации в 6–7 лет. Аналогично проведены расчеты для второго сценария (вторая ревакцинация в 6–7 лет + третья ревакцинация в 14 лет), предполагая, что третья ревакцинация проводится ежегодно всем детям, достигшим в соответствующем году возраста 14 лет.

Расчетное число случаев заболевания коклюшем в каждом последующем году уменьшалось за счет сокращения базы для потенциального заражения вследствие проведенной вакцинации целевых групп и повышения общего уровня популяционного иммунитета. Эпидемиологическое бремя коклюша

связано с потерями лет жизни в связи с инфекцией и связанной с ней летальностью. Ежегодное потенциальное эпидемиологическое бремя рассчитывалось с учетом:

- заболеваемости населения, не охваченного второй ревакцинацией, с повозрастным распределением заболеваемости, характерным для 2018 г;
- заболеваемости населения, охваченного второй ревакцинацией, по мере ежегодного снижения напряженности поствакцинального иммунитета;
- отдельных случаев смерти, связанных с заболеванием коклюшем.

Выгоды общества в долгосрочном периоде от предупреждения коклюша состоят в предотвращении случаев заболевания и возможных смертей от этой инфекции. Для расчета эпидемиологических потерь в связи с заболеваниями использовались расчетные значения глобальных индикаторов бремени болезней (GBD) [24] на один случай заболевания, которые в 2018 г. для коклюша в России составили 0,02 года. Снижение этих потерь при разных сценариях ревакцинации рассматривалось как эпидемиологические выгоды общества.

Расчет эпидемиологических выгод в метриках предотвращенных потерь лет жизни позволил перейти к оценке монетарного эквивалента предотвращаемого ущерба в связи с вакцинопрофилактикой. Этот показатель рассчитывался на основании среднестатистической стоимости года жизни в России, для расчета которой учитывались годовые объемы социально ориентированных расходов в расчете на 1 жителя [27], адаптированные к прогнозируемым расходам с учетом инфляционных процессов [28]. Расчет выгод в связи со снижением заболеваемости приводился в горизонте 15 лет, расчет выгод от предотвращенных случаев смерти – на весь период ожидаемых лет предстоящей жизни.

Оценка расходов на вакцины основывалась на средних ценах закупки препаратов по данным сайта госзакупок zakupki.gov.ru: за 1 дозу 2 090 руб. в 2019 г. и 1700 руб. в 2020. В последний период в модели учитывалась цена 2020 г.

Результаты и обсуждение

Прогнозное число случаев заболевания, расчет которого был сделан на основе официально регистрируемых показателей, при текущей схеме вакцинации представлено в таблице 1.

Прогнозное число случаев заболевания при текущей схеме вакцинации, но с учетом потенциальной недооценки числа случаев при регистрации, отображено в таблице 2.

В таблицах 3 и 4 показан расчет прогнозной численности случаев заболевания (с учетом потенциальной недооценки случаев при регистрации) при двух сценариях, предполагающих ревакцинацию в 6–7 лет и затем в 6–7 и в 14 лет. В расчетах

учтена длительность поствакцинального иммунитета, снижающего риск заражения.

Модельные расчеты, представленные в таблицах, показывают, что ревакцинация против коклюша в 6–7 лет (сценарий 1) снизит число случаев инфекции среди всего населения уже на первом году внедрения ревакцинации. Так, если моделировать процессы с учетом недооцененного в 2018 г. уровня заболеваемости всего населения, то ревакцинация в 6–7 лет уже на следующий год (в модели это 2019 г.) привела бы к уменьшению на 11,1% численности реально заболевших. Их число сократилось бы с прогнозируемых моделью почти 464 тыс. до 412,5 тыс. случаев. В последующие несколько лет эффект усиливается, достигая в 2024 г., как показывает модель, максимума снижения с 425 тыс. прогнозируемых случаев в текущем варианте вакцинации до 285 тыс. случаев при наличии ревакцинации в 6–7 лет (снижение на 32,9%). Эффект в последующие годы остается стабильно высоким (разница между текущим алгоритмом вакцинации и сценарием 1 находится в диапазоне 28–30%). В целом новый алгоритм ревакцинации позволит в течение 15 лет снизить число заболеваний коклюшем в общей популяции в 1,7 раза – с 464 тыс. случаев в текущем варианте до 265 тыс. случаев при реализации сценария 1.

Прогнозируемый моделью эпидемиологический эффект сценария 2 (с двумя дополнительными ревакцинациями против коклюша в 6–7 и 14 лет) выражен в еще большей степени, приводя к снижению числа случаев инфекции за 15 лет в 2,2 раза – с 463,96 до 208,0 тыс. К тому же его реализация оказывает существенное позитивное влияние, уменьшая общее число случаев коклюша в возрастной группе 0–17 лет (рис. 1).

Пересчет в терминах сохраненных лет жизни, прожитых без болезни/инфекции, которые могут быть обеспечены в результате различных вариантов внедрения ревакцинации, в сравнении с текущей схемой, дает следующий результат (табл. 5).

Как показывает моделирование, прогнозное снижение числа лет жизни, прожитых в состоянии болезни, в сравнении с текущей ситуацией (общественная эпидемиологическая выгода) составит суммарно в период 2019–2034 гг. 44,5 тыс. лет при внедрении одной ревакцинации и 66,7 тыс. лет при внедрении двух ревакцинаций.

В соответствии с этим изменяется и потенциально предотвращенный за пятнадцать лет ущерб от заболеваемости коклюшем в монетарном выражении, полученный с учетом растущей стоимости одного года статистической жизни в период до 2034 г. Разница между получаемыми расчетными данными при разных вариантах вакцинации представляет собой оценочную величину предотвращенного макроэкономического ущерба или, другими словами, условную величину потенциальных выгод общества в терминах среднестатистической стоимости года жизни.

Таблица 1. Прогнозируемое число случаев заболевания коклюшем согласно официальной статистике, при текущей схеме вакцинации по возрастам в зависимости от численности возрастных когорт населения и прогнозных эпидемиологических показателей, согласно результатам «Исследования глобального бремени болезней», без учета потенциальной недооценки числа случаев при регистрации

Table 1. The projected number of cases of whooping cough, according to official statistics, with the current vaccination scheme by age, depending on the number of age cohorts of the population and forecast epidemiological indicators, according to the results of the «Global Burden of Disease Study», without taking into account the potential underestimation of the number of cases during registration

Возраст Age	Год Year															
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0 лет 0 years	1994	1968	1917	1893	1871	1828	1755	1700	1656	1632	1627	1639	1634	1627	1630	1630
1–2 года 1–2 years	1796	1772	1726	1704	1685	1646	1580	1530	1491	1469	1465	1476	1472	1465	1467	1467
3 года 3 years	530	512	461	456	465	463	443	432	426	424	421	421	421	420	424	427
4 года 4 years	531	526	461	476	474	479	460	440	433	429	429	431	428	427	428	429
5 лет 5 years	526	527	461	531	494	488	475	457	440	435	435	440	438	434	435	433
6 лет 6 years	528	522	461	545	551	509	484	473	457	443	441	446	447	444	442	440
7 лет 7 years	484	489	460	444	430	404	349	326	317	311	308	316	323	330	331	331
8 лет 8 years	451	462	462	440	430	415	389	340	323	321	320	322	327	333	338	339
9 лет 9 years	457	431	437	442	426	415	399	379	336	327	330	334	333	338	342	345
10 лет 10 years	454	436	407	418	427	411	399	388	374	340	336	344	345	344	347	349
11 лет 11 years	430	434	412	390	404	412	395	388	384	379	350	350	356	356	352	354
12 лет 12 years	397	411	410	394	377	390	397	385	384	388	389	364	362	368	365	360
13 лет 13 years	398	379	388	393	382	364	375	386	380	388	399	405	377	374	377	373
14 лет 14 years	399	380	358	372	380	368	350	365	382	385	399	416	419	389	383	384
15 лет 15 years	147	142	135	133	139	137	127	119	122	122	117	116	116	113	106	108
16 лет 16 years	142	140	136	134	129	130	126	121	114	116	117	115	116	116	118	112
17 лет 17 years	133	135	135	134	129	120	120	120	115	108	111	116	115	116	121	125
18 лет 18 years	5	5	5	6	6	5	5	5	6	6	5	6	6	6	6	6
19 лет 19 years	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	6	6	6	6
20 лет 20 years	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6	6	6
21 год 21 years	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	5	6	6
22 года 22 years	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
23 и старше 23 years and older	345	348	352	355	358	361	362	363	363	362	362	361	360	359	357	356
Всё население The entire population	10168	10041	9606	9680	9577	9366	9011	8739	8525	8406	8383	8442	8418	8382	8393	8393

Таблица 2. Прогнозируемое число случаев заболевания коклюшем при текущей схеме вакцинации при учете потенциальной недооценки числа случаев при регистрации
Table 2. Projected number of cases of whooping cough under the current vaccination scheme, taking into account the potential underestimation of the number of cases during registration

Возраст Age	Год Year															
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0 лет 0 years	9 971	9 838	9 585	9 464	9 355	9 138	8 776	8 498	8 281	8 160	8 136	8 197	8 172	8 136	8 148	8 148
1–2 года 1–2 years	8 978	8 858	8 630	8 521	8 424	8 228	7 902	7 652	7 456	7 347	7 326	7 380	7 358	7 326	7 337	7 337
3 года 3 years	2 651	2 561	2 305	2 279	2 325	2 316	2 213	2 162	2 131	2 118	2 104	2 107	2 104	2 102	2 119	2 134
4 года 4 years	2 654	2 631	2 305	2 379	2 369	2 394	2 299	2 201	2 163	2 144	2 147	2 157	2 139	2 134	2 140	2 144
5 лет 5 years	2 630	2 634	2 305	2 654	2 472	2 439	2 377	2 287	2 202	2 177	2 173	2 201	2 190	2 171	2 173	2 165
6 лет 6 years	2 641	2 610	2 305	2 726	2 757	2 544	2 420	2 363	2 287	2 216	2 206	2 228	2 235	2 222	2 210	2 199
7 лет 7 years	48 376	48 876	46 007	44440	42958	40409	34895	32603	31721	31091	30818	31619	32278	32950	33145	33105
8 лет 8 years	45 101	46 233	46 170	44029	42989	41474	38889	33980	32281	32112	31981	32164	32746	33333	33807	33870
9 лет 9 years	45 653	43 104	43 671	44176	42583	41495	39903	37851	33630	32668	33020	33365	33299	33805	34189	34536
10 лет 10 years	45 433	43 632	40 719	41786	42721	41097	39917	38829	37447	34023	33582	34438	34530	34365	34663	34917
11 лет 11 years	43 002	43 423	41 218	38967	40413	41228	39531	38838	38408	37870	34965	35016	35631	35626	35229	35393
12 лет 12 years	39 659	41 102	41 020	39444	37692	39006	39657	38462	38413	38836	38906	36449	36223	36754	36512	35963
13 лет 13 years	39 753	37 917	38 836	39260	38157	36388	37528	38589	38045	38844	39897	40547	37700	37363	37665	37270
14 лет 14 years	39 943	38 014	35 839	37180	37986	36842	35020	36528	38176	38477	39909	41582	41932	38884	38290	38446
15 лет 15 years	14 719	14 163	13 549	13328	13920	13725	12657	11926	12194	12218	11675	11641	11581	11304	10623	10806
16 лет 16 years	14 219	14 014	13 617	13366	12855	13006	12605	12077	11386	11572	11719	11534	11587	11593	11811	11244
17 лет 17 years	13 345	13 543	13 480	13440	12899	12021	11953	12035	11537	10814	11108	11584	11488	11606	12119	12504
18 лет 18 years	536	519	540	553	553	539	517	542	556	550	541	583	611	605	610	608
19 лет 19 years	504	532	508	536	549	543	520	502	529	550	550	546	582	609	606	611
20 лет 20 years	527	501	521	504	532	539	525	506	492	524	550	556	546	581	612	608
21 год 21 years	513	523	491	517	502	523	521	511	496	488	525	557	557	546	584	614
22 года 22 years	544	509	513	488	514	494	506	508	501	492	490	532	558	557	550	587
23 и старше 23 years and older	42609	42047	40908	40335	39790	38817	37223	35983	34992	34416	34253	34409	34220	34012	34002	33936
Все население The entire population	463 961	457 783	445 041	440 370	435 315	425 204	408 353	395 434	385 324	379 707	378 583	381 392	380 268	378 583	379 145	379 145

Таблица 3. Прогнозируемое число случаев заболевания коклюшем при сценарии 1, предполагающем ревакцинацию в 6–7 лет, с учетом длительности поствакцинального иммунитета и при учете потенциальной недооценки числа случаев при регистрации

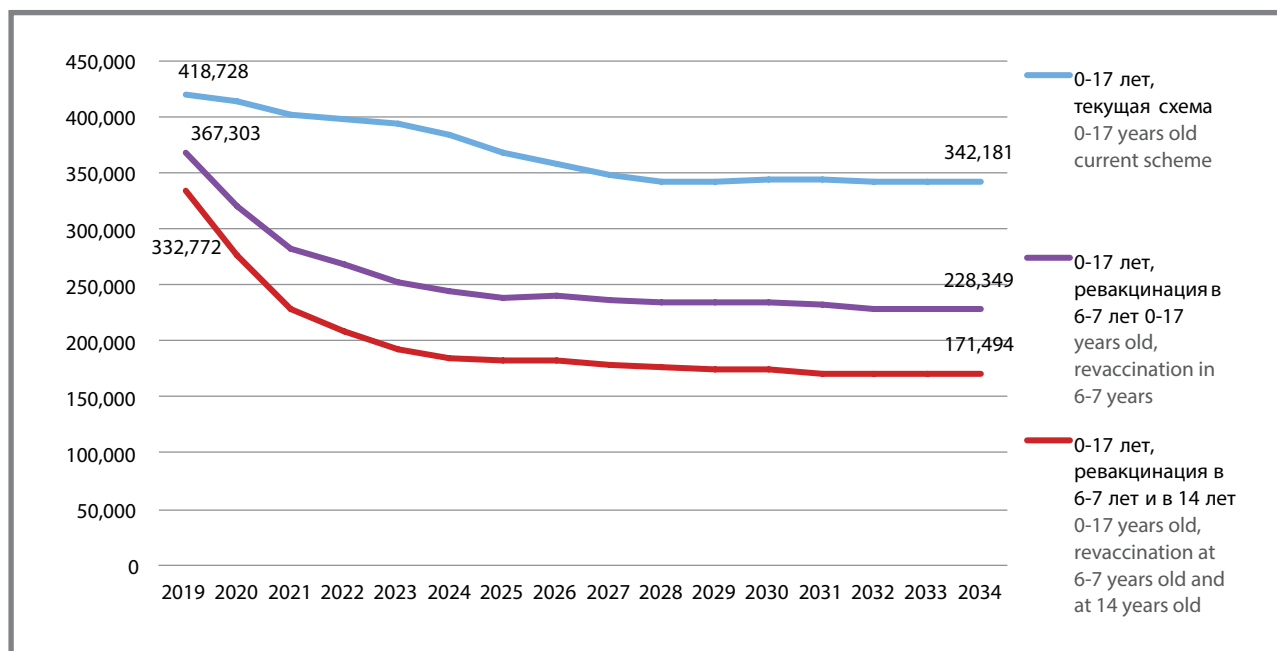
Table 3. The predicted number of cases of whooping cough in scenario 1, assuming revaccination at 6–7 years, taking into account the duration of post-vaccination immunity and taking into account the potential underestimation of the number of cases during registration

Возраст Age	Год Year															
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0 лет 0 years	5404	5332	5195	5129	5071	4953	4757	4606	4488	4423	4410	4443	4429	4410	4416	4416
1–2 года 1–2 years	7116	6909	6736	6674	6564	6387	6126	5944	5803	5711	5686	5717	5687	5652	5651	5634
3 года 3 years	2526	2 440	2 197	2172	2216	2207	2109	2060	2031	2019	2005	2008	2005	2003	2019	2034
4 года 4 years	2438	2417	2 118	2185	2176	2200	2112	2022	1987	1970	1972	1982	1966	1961	1966	1970
5 лет 5 years	2079	2081	1 822	2098	1953	1928	1878	1807	1741	1720	1718	1740	1731	1716	1718	1711
6 лет 6 years	358	306	291	295	374	252	306	320	310	300	299	302	303	301	299	298
7 лет 7 years	6555	5125	4598	5509	4237	5649	2741	4526	3983	3660	3628	3750	3836	3923	3939	3934
8 лет 8 years	45 101	7147	10 657	6484	7012	6490	6614	4938	5809	4975	4683	4715	4836	4934	5015	5020
9 лет 9 years	45 653	43 104	10 070	20 988	19 401	19 217	18 514	17 605	15 458	15 487	15 055	15 037	15 015	15 270	15 453	15 620
10 лет 10 years	45 433	43 632	40 719	21 542	25 399	23 702	23 307	22 602	21 973	19 652	19 907	19 969	19 884	19 798	19 993	20 149
11 лет 11 years	43 002	43 423	41 218	38 967	25 057	29 828	28 169	27 842	27 530	27 202	24 981	25 319	25 435	25 336	25 062	25 197
12 лет 12 years	39 659	41 102	41 020	39 444	37 692	29 001	35 730	34 619	34 578	35 063	34 987	32 931	32 684	33 000	32 752	32 263
13 лет 13 years	39 753	37 917	38 836	39 260	38 157	36 388	34 320	38 415	37 942	38 704	39 825	40 365	37 666	37 229	37 497	37 103
14 лет 14 years	39 943	38 014	35 839	37 180	37 986	36 842	35 020	36 528	38 176	38 477	39 909	41 582	41 932	38 884	38 290	38 446
15 лет 15 years	14 719	14 163	13 549	13 328	13 920	13 725	12 657	11 926	12 194	12 218	11 675	11 641	11 581	11 304	10 623	10 806
16 лет 16 years	14 219	14 014	13 617	13 366	12 855	13 006	12 605	12 077	11 386	11 572	11 719	11 534	11 587	11 593	11 811	11 244
17 лет 17 years	13 345	13 543	13 480	13 440	12 899	12 021	11 953	12 035	11 537	10 814	11 108	11 584	11 488	11 606	12 119	12 504
18 лет 18 years	536	519	540	553	553	539	517	542	556	550	541	583	611	605	610	608
19 лет 19 years	504	532	508	536	549	543	520	502	529	550	550	546	582	609	606	611
20 лет 20 years	527	501	521	504	532	539	525	506	492	524	550	556	546	581	612	608
21 год 21 years	513	523	491	517	502	523	521	511	496	488	525	557	557	546	584	614
22 года 22 years	544	509	513	488	514	494	506	508	501	492	490	532	558	557	550	587
23 и старше 23 years and older	42 609	42 047	40 908	40 335	39 790	38 817	37 223	35 983	34 992	34 416	34 253	34 409	34 220	34 012	34 002	33 936
Все население The evidence population	412 538	365 300	325 441	310 993	295 407	285 250	278 731	278 425	274 492	270 987	270 477	271 802	269 139	265 828	265 589	265 312

Таблица 4. Прогнозируемое число случаев заболевания коклюшем, при сценарии 2, предполагающем ревакцинацию в 6–7 лет и в 14 лет, с учетом длительности поствакцинального иммунитета при учете потенциальной недооценки числа случаев при регистрации

Table 4. The predicted number of cases of whooping cough, under scenario 2, assuming revaccination at 6–7 years and at 14 years, taking into account the duration of post-vaccination immunity, taking into account the potential underestimation of the number of cases during registration

Возраст Age	Год Year															
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0 лет 0 years	5 404	5 332	5 195	5 129	5 071	4 953	4 757	4 606	4 488	4 423	4 410	4 443	4 429	4 410	4 416	4 416
1–2 года 1–2 years	7 116	6 909	6 736	6 674	6 564	6 387	6 126	5 944	5 803	5 711	5 686	5 717	5 687	5 652	5 651	5 634
3 года 3 years	2 526	2 440	2 197	2 172	2 216	2 207	2 109	2 060	2 031	2 019	2 005	2 008	2 005	2 003	2 019	2 034
4 года 4 years	2 438	2 417	2 118	2 185	2 176	2 200	2 112	2 022	1 987	1 970	1 972	1 982	1 966	1 961	1 966	1 970
5 лет 5 years	2 079	2 081	1 822	2 098	1 953	1 928	1 878	1 807	1 741	1 720	1 718	1 740	1 731	1 716	1 718	1 711
6 лет 6 years	358	306	291	295	374	252	306	320	310	300	299	302	303	301	299	298
7 лет 7 years	6 555	5 125	4 598	5 509	4 237	5 649	2 741	4 526	3 983	3 660	3 628	3 750	3 836	3 923	3 939	3 934
8 лет 8 years	45 101	7 147	10 657	6 484	7 012	6 490	6 614	4 938	5 809	4 975	4 683	4 715	4 836	4 934	5 015	5 020
9 лет 9 years	45 653	43 104	10 070	20 988	19 401	19 217	18 514	17 605	15 458	15 487	15 055	15 037	15 015	15 270	15 453	15 620
10 лет 10 years	45 433	43 632	40 719	21 542	25 399	23 702	23 307	22 602	21 973	19 652	19 907	19 969	19 884	19 798	19 993	20 149
11 лет 11 years	43 002	43 423	41 218	38 967	25 057	29 828	28 169	27 842	27 530	27 202	24 981	25 319	25 435	25 336	25 062	25 197
12 лет 12 years	39 659	41 102	41 020	39 444	37 692	29 001	35 730	34 619	34 578	35 063	34 987	32 931	32 684	33 000	32 752	32 263
13 лет 13 years	39 753	37 917	38 836	39 260	38 157	36 388	34 320	38 415	37 942	38 704	39 825	40 365	37 666	37 229	37 497	37 103
14 лет 14 years	5 412	4 805	4 856	4 699	5 147	4 657	4 427	4 617	4 825	4 863	5 045	5 256	5 300	4 915	5 188	5 559
15 лет 15 years	14 719	2 198	1 982	2 069	2 035	2 127	1 848	1 742	1 779	1 782	1 702	1 697	1 689	1 649	1 553	1 678
16 лет 16 years	14 219	14 014	3 157	2 991	2 982	2 908	2 917	2 697	2 543	2 582	2 612	2 571	2 582	2 584	2 634	2 514
17 лет 17 years	13 345	13 543	13 480	6 949	6 605	6 217	6 118	6 219	5 903	5 533	5 681	5 921	5 872	5 932	6 195	6 394
18 лет 18 years	536	519	540	553	344	333	322	335	346	340	335	360	378	374	377	376
19 лет 19 years	504	532	508	536	549	405	387	375	394	410	409	406	432	453	450	454
20 лет 20 years	527	501	521	504	532	539	480	463	451	479	504	509	500	531	559	556
21 год 21 years	513	523	491	517	502	523	521	511	496	488	525	557	557	546	584	614
22 года 22 years	544	509	513	488	514	494	506	508	501	492	490	532	558	557	550	587
23 и старше 23 years and older	42 609	42 047	40 908	40 335	39 790	38 817	37 223	35 983	34 992	34 416	34 253	34 409	34 220	34 012	34 002	33 936
Все население The evidence population	378 007	320 127	272 432	250 389	234 308	225 222	221 433	220 757	215 863	212 272	210 710	210 496	207 564	207 085	207 875	208 016

Рисунок 1. Прогнозное число случаев заболевания коклюшем в возрастной когорте 0–17 лет**Figure 1. The predicted number of cases of whooping cough in the age cohort of 0–17 years with the current vaccination scheme and with two revaccination scenarios**

Модель показывает, что ревакцинация в 6–7 лет снижает ущерб от заболевания (т.е. увеличивает выгоды) почти на 32 млрд рублей, а еще одна ревакцинация в 14 лет увеличивает выгоды общества почти до 48 млрд рублей (табл. 6).

Отдельно следует остановиться на расчете социально-экономических выгод от предотвращенных в результате заболевания коклюшем смертей. Их число невелико, но каждая сохраненная жизнь, и, прежде всего, в детском возрасте, где в основном и локализован риск смерти от коклюшной инфекции, приносит государству несравненно больше выгоды в горизонте предстоящих этому ребенку 60–80 лет жизни.

Прогнозное число смертей при текущем алгоритме вакцинации и при ревакцинациях рассчитано на основании прогноза проекта «Изучение глобального бремени болезней» и с учетом эпидемиологических изменений, вызываемых ревакцинациями в 6–7 и в 14 лет. Расчет сделан с учетом принятого допущения об уровне недооценки заболеваемости в официальной статистике (табл. 7).

Сравнение полученных в модели результатов показывает, что внедрение ревакцинации в 14 лет не влияет на число смертей. Как было показано, основное влияние она оказывает на уровень заболеваемости. В этой связи потенциальные выгоды общества от предотвращенной смертности при изменении схем вакцинации по первому и второму сценариям будут одинаковы.

Результат расчетов потенциальных выгод в связи с предотвращенными случаями смерти, проведенных по методике, описанной ранее в наших публикациях [23], и включающих оценку выгод

общества в течение всего периода предстоящей жизни, приведены в таблице 8.

Суммарный предотвращенный ущерб общества, складывающийся благодаря снижению числа заболеваний коклюшем и случаев смерти от него, представляет собой монетарный эквивалент потенциальных выгод, которые государство получает в связи с внедрением дополнительной защиты от коклюша. При этом понятно, что достижение выгод возможно только при осуществлении затрат на массовую ревакцинацию. Очевидно, что проведение прямого сопоставления монетарного эквивалента полученных государством выгод с реальными затратами на проведение ревакцинации носит условный характер. Тем не менее, такое сопоставление представляет интерес и может служить ориентиром при принятии решения о совершенствовании национального календаря прививок.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице 9.

Как можно видеть из приведенных модельных расчетов, уже на 4-й год после внедрения ревакцинации против коклюша в возрасте 6–7 лет и через 6–7 лет после внедрения ревакцинирующих прививок в возрасте 6–7 и 14 лет получаемые обществом потенциальные выгоды становятся сопоставимыми с затратами, произведенными на закупку вакцин.

При этом анализ чувствительности показывает, что уменьшение цены вакцины на 10% смещает точку достижения сопоставимости выгод и расходов на полгода раньше при первом сценарии (условный баланс расходов и выгод наступает через 3,5 года после внедрения ревакцинации).

Таблица 5. Прогноз потенциальных лет жизни, прожитых с болезнью, при разных сценариях вакцинации против коклюша. Обозначения: YLD – годы, прожитые с болезнью

Table 5. The forecast of potential years of life lived with the disease, under different vaccination scenarios against whooping cough. Notation: YLD – years lived with the disease, years

Годы/ индикаторы Years/ indicators	Текущая схема вакцинации Current vaccination scheme	Сценарий 1: ревакцинация в 6–7 лет Scenario 1: revaccination in 6-7 years	Сценарий 2: ревакцинация в 6–7 и 14 лет Scenario 2: revaccination in 6-7 and 14 years
	YLD	YLD	YLD
2019	11 407	10 143	9294
2020	11 255	8981	7871
2021	10 965	8001	6698
2022	10 827	7646	6156
2023	10 703	7263	5761
2024	10 454	7013	5537
2025	10 040	6853	5444
2026	9722	6845	5427
2027	9473	6749	5307
2028	9335	6662	5219
2029	9308	6650	5180
2030	9377	6682	5175
2031	9349	6617	5103
2032	9308	6536	5091
2033	9322	6530	5111
2034	9322	6523	5114
Итого за 2019–2034, лет жизни, прожитых с болезнью Total for 2019–2034, years of life lived with the disease	160 167	115 694	93 488
Итого разница за 2019–2034 (дополнительные годы, про- житые без болезни) Total difference for 2019–2034 (additional years lived without illness)		44 473	66 679

в возрасте 6–7 лет) и на один год для второго сценария (через 5–6 лет после внедрения ревакцинации в возрасте 6–7 и 14 лет). При увеличении цены вакцин на 10% сроки окупаемости программы увеличиваются – в сценарии 1 соотношения величин выравниваются через 4,5 года, а в сценарии 2 – между 8 и 9 годами после его внедрения.

На сегодняшний день экономическая эффективность бустерной вакцинации против коклюша была оценена в нескольких десятках исследований [29,30]. Ключевыми факторами экономической эффективности при анализе чувствительности являются используемые показатели заболеваемости коклюшем и коэффициент коррекции занижения отчетности (варьирует, по данным литературных источников, и в разных возрастных группах в диапазоне от 2,5 до 600), которые зависят от предположений относительно количества неучтенных

случаев и отсутствия надежных исходных данных о реальной заболеваемости. Также, по данным зарубежных авторов, значимое влияние на результат анализа оказывают затраты на лечение легких случаев заболевания, эффект от формирования коллективного иммунитета, охваты вакцинацией, эффективность и цена вакцины.

Поскольку введение бустерной дозы коклюшной вакцины подросткам не обеспечивает пожизненной защиты, это может привести к возникновению риска того, что взрослые и пожилые люди станут источником возбудителя инфекции для невакцинированных детей раннего возраста или детей, не завершивших курс вакцинации, что предполагает необходимость введения дополнительных доз вакцины после подросткового возраста. Действительно, несколько стран, включивших вакцинацию школьников и подростков от коклюша,

Таблица 6. Монетарный эквивалент социально-экономического ущерба (в метриках среднестатистической стоимости одного года жизни) в связи с заболеваемостью коклюшем при текущем варианте вакцинации и при разных вариантах ревакцинации, млн рублей

Table 6. Monetary equivalent of socio-economic damage (in metrics of the average cost of one year of life) due to the incidence of whooping cough in the current version of vaccination and in different versions of revaccination, million rubles

Годы/ индикаторы Years/ indicators	Текущая схема вакцинации Current vaccination scheme	Сценарий 1: ревакцинация в 6–7 лет Scenario 1: revaccination in 6-7 years	Сценарий 2: ревакцинация в 6–7 и 14 лет Scenario 2: revaccination in 6–7 and 14 years
	млн руб.	млн руб.	млн руб.
2019	5949,28	5290,04	4847,25
2020	6122,41	4885,42	4281,61
2021	6191,32	4517,72	3781,98
2022	6357,93	4489,96	3614,99
2023	6536,52	4435,65	3518,35
2024	6639,83	4454,29	3516,81
2025	6631,96	4526,77	3596,05
2026	6678,78	4702,35	3728,22
2027	6768,03	4821,85	3791,61
2028	6936,21	4950,08	3877,89
2029	7192,80	5138,81	4002,87
2030	7535,96	5370,08	4158,96
2031	7814,00	5530,56	4265,14
2032	8090,92	5681,37	4425,32
2033	8427,21	5903,20	4620,41
2034	8764,30	6132,75	4808,05
Итого за 2019–2034, млн руб. Total for 2019–2034, million rubles	112 637,45	80 830,93	64 835,51
Итого разница за 2019–2034, (экономические выгоды общества от предотвращенного ущерба) млн руб. Total difference for 2019 – 2034, (economic benefits of the company from the prevented damage) million rubles		31 806,52	47 801,94

Таблица 7. Прогнозное число смертей в связи с коклюшем при текущей схеме вакцинации и при внедрении возрастных ревакцинаций с учетом недооценки заболеваемости в официальных статистических данных

Table 7. The projected number of deaths due to whooping cough with the current vaccination scheme and with the introduction of age-related revaccinations, taking into account the underestimation of the incidence in official statistics

Текущая схема вакцинации						
Год Year	Всего Total	Возраст, лет Age				
	<5	5–14	15–49	50–69	80+	
2019	8	7	0	1	0	0
2020	8	7	0	1	0	0
2021	8	7	0	1	0	0
2022	8	7	0	1	0	0
2023	8	7	0	1	0	0
2024	8	7	0	1	0	0

Таблица 7. Продолжение

Table 7.

Текущая схема вакцинации						
Год Year	Всего Total	Возраст, лет Age				
	<5	5–14	15–49	50–69	80+	
2025	7	6	0	1	0	0
2026	7	6	0	1	0	0
2027	7	6	0	1	0	0
2028	7	6	0	1	0	0
2029	7	6	0	1	0	0
2030	7	6	0	1	0	0
2031	7	6	0	1	0	0
2032	7	6	0	1	0	0
2033	7	6	0	0	0	0
2034	7	6	0	0	0	0
Ревакцинация в 6–7 лет Revaccination in 6–7 years						
2019	5	5	0	1	0	0
2020	5	5	0	1	0	0
2021	5	4	0	1	0	0
2022	5	4	0	1	0	0
2023	5	4	0	1	0	0
2024	5	4	0	1	0	0
2025	5	4	0	1	0	0
2026	5	4	0	1	0	0
2027	5	4	0	1	0	0
2028	4	4	0	1	0	0
2029	4	4	0	1	0	0
2030	5	4	0	1	0	0
2031	4	4	0	1	0	0
2032	4	4	0	1	0	0
2033	4	4	0	0	0	0
2034	4	4	0	0	0	0
Ревакцинация в 14 лет Revaccination at the age of 14						
2019	5	5	0	1	0	0
2020	5	5	0	1	0	0
2021	5	4	0	1	0	0
2022	5	4	0	1	0	0
2023	5	4	0	1	0	0
2024	5	4	0	1	0	0
2025	5	4	0	1	0	0
2026	5	4	0	1	0	0
2027	5	4	0	1	0	0

Таблица 7. Продолжение
Table 7.

Текущая схема вакцинации						
Год Year	Всего Total	Возраст, лет Age				
	<5	5–14	15–49	50–69	80+	
2028	4	4	0	1	0	0
2029	4	4	0	1	0	0
2030	5	4	0	1	0	0
2031	4	4	0	1	0	0
2032	4	4	0	1	0	0
2033	4	4	0	0	0	0
2034	4	4	0	0	0	0

Таблица 8. Монетарный эквивалент социально-экономических выгод (в метриках среднестатистической стоимости одного года жизни) в связи с предотвращением случаев смерти от коклюша при внедрении ревакцинации от коклюша, млн рублей
Table 8. Monetary equivalent of socio-economic benefits (in metrics of the average cost of one year of life) in connection with the prevention of deaths from whooping cough during the introduction of pertussis revaccination, million rubles

Годы Years	Число предотвращенных случаев смерти Number of deaths prevented	Число сохраненных лет жизни за счет предотвращенных смертей от коклюша The number of years of life saved due to prevented deaths from whooping cough	Монетарный эквивалент стоимости сохраненных лет жизни (млн руб., накопительным итогом) Monetary equivalent of the cost of saved years of life (million rubles, cumulative total)
2019	2	134,8	293,83
2020	2	135,7	609,70
2021	3	204,9	1036,00
2022	3	206,1	1490,56
2023	3	207,2	1959,04
2024	3	208,4	2441,81
2025	2	139,6	2801,26
2026	2	140,4	3159,56
2027	2	141,1	3530,64
2028	2	141,7	3906,79
2029	2	142,4	4293,95
2030	2	143,1	4712,24
2031	2	143,7	5145,10
2032	2	144,4	5591,35
2033	2	145,0	6071,26
2034	2	145,6	6569,30

сообщили о росте числа случаев заболевания среди подростков и взрослых, индуцирующих инфекцию у детей первого года жизни [31]. Ряд стран (например, Франция, Германия, США и Канада) уже включили бустер-иммунизацию взрослых в свои календари прививок. Эффективность стратегий бустерной вакцинации против коклюша напрямую

зависит от охвата прививками подлежащих вакцинации возрастных групп. В настоящее время в некоторых странах выявлены низкие уровни вакцинации лиц из старших возрастных групп, поэтому однозначные выводы об эффективности стратегий, в особенности в отношении снижения заболеваемости коклюшем детей первого года жизни,

Таблица 9. Социально-экономическая эффективность ревакцинации от коклюша. Выделены периоды достижения баланса выгод и затрат

Table 9. Socio-economic efficiency of pertussis revaccination. The periods of achieving a balance of benefits and costs are highlighted

Год Year	Сценарий 1 – суммарный социально-экономический эффект при ревакцинации в 6–7 лет Scenario 1 – the total socio-economic effect of revaccination in 6–7 years	Сценарий 2 – суммарный социально-экономический эффект при ревакцинации в 6–7 и в 14 лет Scenario 2 – the total socio-economic effect of revaccination in 6–7 and 14 years	Сценарий 1 – общая стоимость вакцин Scenario 1 – Total cost of vaccines	Сценарий 2 – общая стоимость вакцин Scenario 2 – total cost of vaccines	Сценарий 1 – соотношение экономических выгод общества и расходов на вакцины Scenario 1 – the ratio of the economic benefits of society and the costs of vaccines	Сценарий 2 – соотношение экономических выгод общества и расходов на вакцины Scenario 2 – the ratio of the economic benefits of society and the costs of vaccines
2019	953,1	1395,9	7437,7	10423,2	0,13	0,13
2020	1846,7	2450,5	3326,7	5770,6	0,56	0,42
2021	2709,6	3445,3	3257,8	5671,7	0,83	0,61
2022	3358,5	4233,5	3355,6	6000,1	1,00	0,71
2023	4059,9	4977,2	3111,1	5875,6	1,30	0,85
2024	4627,3	5564,8	3008,2	5815,3	1,54	0,96
2025	4906,5	5837,2	2679,6	5453,3	1,83	1,07
2026	5136,0	6110,1	2690,2	5663,2	1,91	1,08
2027	5476,8	6507,1	2635,6	5776,8	2,08	1,13
2028	5892,9	6965,1	2543,1	5673,8	2,32	1,23
2029	6347,9	7483,9	2500,8	5661,6	2,54	1,32
2030	6878,1	8089,2	2468,4	5628,7	2,79	1,44
2031	7428,5	8694,0	2443,9	5526,1	3,04	1,57
2032	8000,9	9257,0	2401,3	5174,1	3,33	1,79
2033	8595,3	9878,1	2352,0	4990,6	3,65	1,98
2034	9200,9	10525,6	2317,6	4888,1	3,97	2,15

сделать сложно. В качестве альтернативного решения проблемы предотвращения роста заболеваемости коклюшем детей до года в ряде развитых и развивающихся стран (Англия, США, Бразилия, Чили) введена ревакцинация против коклюша беременных. Обоснованием для внедрения иммунизации беременных АбкдС является прямая защита новорожденных с помощью трансплацентарного переноса материнских антител к антигенам возбудителя коклюша. На сегодняшний день анализ результатов внедрения иммунизации беременных показал, что данная стратегия продемонстрировала свою эффективность в профилактике лабораторно подтвержденного коклюша у детей раннего возраста на уровне 90% и является экономически эффективной в странах с высоким уровнем дохода [32,33].

Представленные модельные расчеты показывают, что и в России экономический потенциал стратегии расширения бустерной иммунизации против коклюша тоже достаточно велик.

Очевидно, что стоимость вакцины АбкдС является важным фактором, ограничивающим широкое внедрение в практику ревакцинаций в 6–7 и в 14 лет. Одновременно цена на препараты определяет и скорость возврата инвестиций бюджета в закупки вакцины. Наиболее рациональным решением в среднесрочной перспективе могла бы стать договоренность с зарубежными производителями о существенном снижении цены препаратов для массовой ревакцинации и одновременное стимулирование разработки отечественной ацеллюлярной коклюшной вакцины для бустерной иммунизации детей старше 4 лет и взрослого населения. Это позволило бы расширить спектр стратегий ревакцинации против коклюша и повысить результативность борьбы с инфекцией.

Закключение

В среднесрочной перспективе дополнительное введение в Национальный календарь профилактических

прививок ревакцинаций против коклюша сопряжено не только с высокими расходами на препараты, но и приносит обществу значимую социально-экономическую выгоду, которая, в конечном счете, превосходит необходимые вложения. Помимо экономического выигрыша, при любом сценарии расширения НКПП, предусматривающего дополнительные ревакцинации против коклюша, общество получает значительную эпидемиологическую выгоду.

Последний аспект особенно важен в свете появляющихся сообщений о возможном позитивном влиянии вакцинации от коклюша на характер протекания новой коронавирусной инфекции COVID-19. Так, в некоторых работах последних месяцев [34,35] делается предположение, что благодаря защитному эффекту подавления цитокинового шторма, вакцины против *Bordetella pertussis* могут являться

одним из факторов, влияющих на низкую летальность при COVID-19 у привитого детского населения. Постепенно внимание исследователей привлекают перекрестная реактивность и гетерологичный иммунный ответ, которые могут наблюдаться при инфицировании микроорганизмами сильно различающихся таксономических групп, таких как бактерии и вирусы [36]. Вполне вероятно, что в скором времени появятся новые аргументы в пользу расширения практики вакцинации от коклюша, в том числе для ослабления бремени COVID-19 среди населения. Однако даже те модельные расчеты, не учитывающие неспецифические (гетерологичные) эффекты коклюшных вакцин, которые удается провести, демонстрируют важность и перспективность использования дополнительных ревакцинаций против коклюша в практике российского здравоохранения.

Литература

1. Pertussis vaccines: WHO position paper – August 2015. *Weekly epidemiological record*. 2015;90(35):433–460.
2. Басов А. А., Пименова А. С., Цвиркун О. В. и др. Эпидемический процесс коклюша в Российской Федерации в условиях массовой специфической профилактики. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2012;4(65):23–28. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2015-14-3-84-88>.
3. Степенко А. В., Миндлина А. Я. Эпидемиологическая характеристика коклюша в Российской Федерации на современном этапе. *Журнал инфектологии*. 2020;12(2):142–150. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2020-12-2-142-150>.
4. Таточенко В. К. Коклюш – недоуправляемая инфекция. *Вопросы современной педиатрии*. 2014;13(2):78–82. <https://doi.org/10.15690/vsp.v13i2.975>.
5. Костинов А. М., Костинов М. П. Заболеваемость коклюшем и эффект от ревакцинации детей дошкольного и школьного возраста. *Инфекция и иммунитет*. 2018;8(3):284–294. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-2018-3-284-294>.
6. Михеева И. В., Салтыкова Т. С., Михеева М. А. Целесообразность и перспективы вакцинопрофилактики коклюша без возрастных ограничений. *Журнал инфектологии*. 2018;10(4):14–23. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2018-10-4-14-23>.
7. Субботина К. А., Фельдблюм И. В., Кочергина Е. А. и др. Эпидемиологическое обоснование к изменению стратегии и тактики специфической профилактики коклюша в современных условиях. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2019;18(2):27–33. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-2-27-33>.
8. Зайцев Е. М., Мазурова И. К., Петрова М. С. Совершенствование диагностики коклюша у взрослых с длительным кашлем. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2009;2:70–75.
9. Kurova N, Timofeeva E V, Guiso N, et al. A cross-sectional study of *Bordetella pertussis* seroprevalence and estimated duration of vaccine protection against pertussis in St. Petersburg, Russia. 2018;36(52):7936–7942. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.11.007>.
10. Иоэфович О. В., Харит С. М., Каплина С. П. и др. Распространенность коклюша у длительно кашляющих детей 6–17 лет, привитых в раннем возрасте АКДС-вакциной. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2012;5(66):56–59.
11. Rothstein E, Edwards K. Health burden of pertussis in adolescents and adults. *Pediatr Infect Dis J*. 2005;24(5):44–S47. <https://doi.org/10.1097/01.inf.0000160912.58660.87>.
12. Vittucci AC, Vennarucci SV, Grandin A, et al. Pertussis in infants: an underestimated disease. *BMC Infect Dis*. 2016;16(1):414. <http://doi.org/10.1186/s12879-016-1710-0>.
13. Siritakorn N, Leethong P, Tantawichien T, et al. Adult pertussis is unrecognized public health problem in Thailand. *BMC Infect Dis*. 2015;16:25. <https://doi.org/10.1186/s12879-016-1357-x>.
14. Cherry JD. The Epidemiology of pertussis: A comparison of the epidemiology of the disease pertussis with the epidemiology of *Bordetella pertussis* infection. *Pediatrics*. 2005;115(6):1422–1427. <https://doi.org/10.1542/peds.2004-2648>.
15. Guiso N. Whooping cough from infants to adults. *Bull Acad Natl Med*. 2008;192(7):1437–49.
16. Попова О. П., Мазанкова Л. Н., Скурда Т. А. и др. Клинико-диагностические особенности коклюша у детей старшего возраста. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2019;64(4):70–75. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2019-64-4-70-75>.
17. Михеева И. В., Михеева М. А. Оценка экономической эффективности ревакцинации против коклюша детей дошкольного возраста. *Вопросы современной педиатрии*. 2019;18(6):470–477. <https://doi.org/10.15690/vsp.v18i6.2068>.
18. Prevention of pertussis, tetanus, and diphtheria with vaccines in the United States: Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP). *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2018;67(2):1–44. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6702a1>.
19. Walker TY, Elam-Evans LD, Yankey D, et al. National, regional, state, and selected local area vaccination coverage among adolescents aged 13–17 years - United States, 2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2019;68(29):718–723. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6829a3>.
20. Намазова-Баранова Л. С., Федосеев М. В., Баранов А. А. Новые горизонты Национального календаря профилактических прививок. *Вопросы современной педиатрии*. 2019;18(1):13–30. <https://doi.org/10.15690/vsp.v18i1.1988>.
21. Брик Н. И., Фельдблюм И. В. Современная концепция развития вакцинопрофилактики в России. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2019;18(5):4–13. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-5-4-13>.
22. Bell CA, Russell ML, Drews SJ, Simmonds KA, Svenson LW, Schwartz KL, et al. Acellular pertussis vaccine effectiveness and waning immunity in Alberta, Canada: 2010–2015, a Canadian Immunization Research Network (CIRN) study. *Vaccine*. 2019;37(30):4140–4146. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.05.067>.
23. Брик Н. И., Волкова О. И., Королева И. С., Курилович Е. О., Попович Л. Д., Фельдблюм И. В. Оценка потенциальных выгод вакцинации против менингококковой инфекции детей в 9 и 12 месяцев с использованием прогностической математической модели. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2020;19(5):84–92. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2020-19-5-84-92>.
24. The Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) [Электронный ресурс] URL: <http://www.healthdata.org/>
25. Carlsson R M, von Segebaden K, Bergström J, Kling A M, Nilsson L. Surveillance of infant pertussis in Sweden 1998–2012; severity of disease in relation to the national vaccination programme. *Eurosurveillance*. 2015;20(6):21032. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es2015.20.6.21032>.
26. Сенягина Н. Е. Коклюш. Современное состояние проблемы. Что важно знать практическому врачу. Презентация на X межрегиональном форуме педиатров ПФО «Неделя детского здоровья 2020» «Здоровые дети – будущее России», 27–28 мая 2020 г.
27. Прохоров Б. Б., Шамаков Д. И. Оценка стоимости статистической жизни и экономического ущерба от потерь здоровья. *Проблемы прогнозирования*. 2002;3:125–135.
28. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года» Минэкономразвития России (базовый сценарий). <https://www.economy.gov.ru/material/file/a5f3add5deab665b344b47a8786dc902/prognoz2036.pdf>.
29. Millier A, Aballea S, Annemans L, Toumi M, Quilici S. A critical literature review of health economic evaluations in pertussis booster vaccination, *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*. 2012;12(1):71–94. <https://doi.org/10.1586/erp.11.94>.
30. Fernandes EG, Rodrigues CCM, Sartori AMC, de Sodre PC, Novaes Hillelgonda MD. Economic evaluation of adolescents and adults' pertussis vaccination: A systematic review of current strategies, *Human Vaccines & Immunotherapeutics*. 2019;15(1):14–27. <https://doi.org/10.1080/21645515.2018.1509646>.
31. Zepp F, Heininger U, Mertsola J, et al. Rationale for pertussis booster vaccination throughout life in Europe. *Lancet Infect*. 2011;11(7):557–570. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(11\)70007-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70007-X).
32. Atkins K.E. Cost-effectiveness of pertussis vaccination during pregnancy in the United States. *Am J Epidemiol*. 2016;183(12):1159–1170. <https://doi.org/10.1093/aje/kwv347>.
33. van Hoek A.J. Cost-effectiveness and programmatic benefits of maternal vaccination against pertussis in England. *J Infect*. 2016;73(1):28–37. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2016.04.012>.
34. Okyay RA, Sahin AS, Rene A, Aguinada RA, Tasdogan M. Why are children less affected by COVID-19? Could there be an overlooked bacterial co-infection? *EJMO*. 2020;4:104–105.
35. Salama ME, Hagar MAT, Khaled ME. Could *Bordetella pertussis* vaccine protect against coronavirus COVID-19? *J Glob Antimicrob Resist*. 2020;22:803–805. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2020.07.005>.
36. Ismail MB, Omari SA, Rafel R, Dabboussi F, Hamze M. COVID-19 in children: Could pertussis vaccine play the protective role? *Med Hypotheses*. 2020;145:110305. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110305>.

References

1. Pertussis vaccines: WHO position paper – August 2015. *Weekly epidemiological record*. 2015;90(35):433–460.
2. Basov A.A., Pimenova A.C., Tsvirkun O.V., et al. The epidemic process of whooping cough in the Russian Federation under conditions of mass specific prevention. *Epidemiology and vaccination prevention*. 2012;4(65):23–28 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2015-14-3-84-88>.
3. Stepenko A.V., Mindlina A. Ya. Epidemiological characteristics of whooping cough in the Russian Federation at the present stage. *Journal of Infectology*. 2020;12(2):142–150 (In Russ.). <https://doi.org/10.15789/2072-6732-2020-12-2-142-150>.
4. Tatochenko V.K. Whooping cough is an unmanageable infection. *Issues of modern pediatrics*. 2014;13(2):78–82 (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/vsp.v13i2.975>.
5. Kostinov A.M., Kostinov M.P. The incidence of whooping cough and the effect of revaccination of preschool and school-age children. *Infection and immunity*. 2018;8(3):284–294 (In Russ.). <https://doi.org/10.15789/2072-6732-2018-10-4-14-23>.
6. Mikheeva I.V., Saltykova T.S., Mikheeva M.A. Expediency and prospects of pertussis vaccination without age restrictions. *Journal of Infectology*. 2018;10(4):14–23 (In Russ.). <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2018-10-4-14-23>.
7. Subbotina K.A., Feldblum I.V., Kochergina E.A., et al. Epidemiological justification for changing the strategy and tactics of specific prevention of whooping cough in modern conditions. *Epidemiology and vaccination prevention*. 2019;18(2):27–33 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-2-27-33>.
8. Zaitsev E.M., Mazurova I.K., Petrova M.S. Improving the diagnosis of whooping cough in adults with prolonged cough. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2009;2:70–75 (In Russ.).
9. Kurova N., Timofeeva E.V., Guiso N., et al. A cross-sectional study of *Bordetella pertussis* seroprevalence and estimated duration of vaccine protection against pertussis in St. Petersburg, Russia. 2018;(36)52:7936–7942. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.11.007>.
10. Josefovich O.V., Harit S.M., Kaplina S.P., et al. The prevalence of whooping cough in long-term coughing children 6–17 years old, vaccinated at an early age with the DPT vaccine. *Epidemiology and vaccination prevention*. 2012;5(66):56–59 (In Russ.).
11. Rothstein E., Edwards K. Health burden of pertussis in adolescents and adults. *Pediatr Infect Dis J*. 2005;24(5):44–547. <https://doi.org/10.1097/01.inf.0000160912.58660.87>.
12. Vittucci AC, Vennarucci SV, Grandin A., et al. Pertussis in infants: an underestimated disease. *BMC Infect Dis*. 2016;16(1):414. <http://doi.org/10.1186/s12879-016-1710-0>.
13. Siriyakorn N., Leethong P., Tantawichien T., et al. Adult pertussis is unrecognized public health problem in Thailand. *BMC Infect Dis*. 2015;16:25. <https://doi.org/10.1186/s12879-016-1357-x>.
14. Cherry JD. The Epidemiology of pertussis: A comparison of the epidemiology of the disease pertussis with the epidemiology of *Bordetella pertussis* infection. *Pediatrics*. 2005;115(6):1422–1427. <https://doi.org/10.1542/peds.2004-2648>.
15. Guiso N. Whooping cough from infants to adults. *Bull Acad Natl Med*. 2008;192(7):1437–49.
16. Popova O.P., Mazankova L.N., Skirda T.A., et al. Clinical and diagnostic features of whooping cough in older children. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2019;64(4):70–75 (In Russ.). <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2019-64-4-70-75>.
17. Mikheeva I.V., Mikheeva M.A. Evaluation of the economic efficiency of revaccination against whooping cough in preschool children. *Issues of modern pediatrics*. 2019;18(6):470–477 (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/vsp.v18i6.2068>.
18. Prevention of pertussis, tetanus, and diphtheria with vaccines in the United States: Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP). *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2018;67(2):1–44. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6702a1>.
19. Walker TY, Elam-Evans LD, Yankey D, et al. National, regional, state, and selected local area vaccination coverage among adolescents aged 13–17 years – United States, 2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2019;68(29):718–723. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6829a3>.
20. Namazova-Baranova L. S., Fedoseenko M. V., Baranov A. A. New horizons of the National Calendar of preventive vaccinations. *Issues of modern pediatrics*. 2019;18(1):13–30 (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/vsp.v18i1.1988>.
21. Briko N. I., Feldblum I. V. Modern concept of vaccine prevention development in Russia. *Epidemiology and vaccination prevention*. 2019;18(5):4–13 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2019-18-5-4-13>.
22. Bell CA, Russell ML, Drews SJ, Simmonds KA, Svenson LW, Schwartz KL, Kwong JC, Mahmud SM, Crowcroft NS. Acellular pertussis vaccine effectiveness and waning immunity in Alberta, Canada: 2010–2015, a Canadian Immunization Research Network (CIRN) study. *Vaccine*. 2019;37(30):4140–4146. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.05.067>.
23. Briko N. I., Volkova O. I., Koroleva I. S., Kurilovich E. O., Popovich L. D., Feldblum I. V. Evaluation of the potential benefits of vaccination against meningococcal infection in children at 9 and 12 months using a predictive mathematical model. *Epidemiology and vaccination prevention*. 2020;19(5):84–92 (In Russ.). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2020-19-5-84-92>.
24. The Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) [Electronic resource] URL: <http://www.healthdata.org/>.
25. Carlsson R M, von Segebaden K, Bergström J, Kling A M, Nilsson L. Surveillance of infant pertussis in Sweden 1998–2012; severity of disease in relation to the national vaccination programme. *Eurosurveillance*. 2015;20(6):21032. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.es2015.20.6.21032>.
26. Senyagina N.E. Whooping cough. The current state of the problem. What is important for a practical doctor to know. Presentation at the X Interregional Forum of Pediatricians of the Volga Federal District «CHILDREN'S HEALTH WEEK 2020» «Healthy children - the future of Russia», May 27–28, 2020 (In Russ.).
27. Prokhorov B.B., Shmakov D.I. Estimation of the cost of statistical life and economic damage from health losses. *Forecasting problems*. 2002;3:125–135 (In Russ.).
28. Forecast of socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2036» Ministry of Economic Development of Russia (baseline scenario) (In Russ.). <https://www.economy.gov.ru/material/file/a5f3add5deab665b344b47a8786dc902/prognoz2036.pdf>.
29. Millier A, Aballea S, Annemans L, Toumi M., Quilici S. A critical literature review of health economic evaluations in pertussis booster vaccination, Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research. 2012;12(1):71–94. <https://doi.org/10.1586/erp.11.94>.
30. Fernandes EG, Rodrigues CCM, Sartori AMC, de Soárez PC, Novaes Hillegonda MD. Economic evaluation of adolescents and adults' pertussis vaccination: A systematic review of current strategies, Human Vaccines & Immunotherapeutics. 2019;15(1):14–27 <https://doi.org/10.1080/21645515.2018.1509646>.
31. Zepp F, Heininger U, Mertsola J, et al. Rationale for pertussis booster vaccination throughout life in Europe. *Lancet Infect*. 2011;11(7):557–570. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(11\)70007-X](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70007-X).
32. Atkins K.E. Cost-effectiveness of pertussis vaccination during pregnancy in the United States. *Am J Epidemiol*. 2016;183(12):1159–1170. <https://doi.org/10.1093/aje/kwv347>.
33. van Hoek A.J. Cost-effectiveness and programmatic benefits of maternal vaccination against pertussis in England. *J Infect*. 2016;73(1):28–37. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2016.04.012>.
34. Okyay RA, Sahin AS, Rene A, Aguinada RA, Tasdogan M. Why are children less affected by COVID-19? Could there be an overlooked bacterial co-infection? *EJMO*. 2020;4:104–105.
35. Salama ME, Hagar MAT, Khaled ME. Could *Bordetella pertussis* vaccine protect against coronavirus COVID-19? *J Glob Antimicrob Resist*. 2020;22:803–805. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2020.07.005>.
36. Ismail MB, Omari SA, Rafei R, Dabboussi F, Hamze M. COVID-19 in children: Could pertussis vaccine play the protective role? *Med Hypotheses*. 2020;145:110305. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110305>.

Об авторах

- **Николай Иванович Брико** – академик РАН, д. м. н., профессор, директор института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана, заведующий кафедрой эпидемиологии и доказательной медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). nbrico@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6446-2744.
- **Алла Яковлевна Миндлина** – д. м. н., заместитель директора (руководитель образовательного департамента) Института общественного здоровья им. Ф.Ф. Эрисмана, профессор кафедры эпидемиологии и доказательной медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Российская Федерация, Москва. mindlina@list.ru. ORCID: 0000-0001-7081-3582.
- **Ирина Викторовна Михеева** – заведующая лабораторией иммунопрофилактики ЦНИИ эпидемиологии. irinaMikheeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8736-4007.
- **Лариса Дмитриевна Попович** – директор Института экономики здравоохранения НИУ ВШЭ. ldpopovich@hse.ru. ORCID: 0000-0002-4566-8704.
- **Алена Вячеславовна Ломоносова** – к. м. н., старший преподаватель кафедры эпидемиологии и доказательной медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). astepenko@rambler.ru. ORCID: 0000-0002-6280-4325.

Поступила: 08.08.2021 Принята к печати: 08.10.2021.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

About the Authors

- **Nikolai I. Briko** – Academician of the Russian Academy of Sciences Dr. Sci. (Med.), Professor, Director of F. Erismann Institute of Public Health, Head of the Department of Epidemiology and Evidence-based Medicine of the I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). nbrico@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6446-2744.
- **Alla Ya. Mindlina** – Dr. Sci. (Med.), Deputy Director of F. Erismann Institute of Public Health, Professor of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine of the I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). mindlina@list.ru. ORCID: 0000-0001-7081-3582.
- **Irina V. Mikheeva** – Head of the Laboratory of Immunoprophylaxis of the Central Research Institute of Epidemiology. irinaMikheeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8736-4007.
- **Larisa D. Popovich** – Director of the Institute of Health Economics. ldpopovich@hse.ru. ORCID: 0000-0002-4566-8704.
- **Alyona V. Lomonosova** – Cand. Sci. (Med.), senior lecturer of the Department of Epidemiology and Evidence-Based Medicine of the Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). astepenko@rambler.ru. ORCID: 0000-0002-6280-4325.

Received: 08.08.2021 Accepted: 08.10.2021.

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.