

Экономическая оценка вакцинации детей от коклюшной инфекции в городе Москва

Светличная С. В. ¹, Мазанкова Л. Н. ², Попович Л. Д. ³, Елагина Л. А. ¹

¹ - Независимый Институт социальных инноваций (НИСИ), Москва, Российская Федерация

² - ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, Москва, Российская Федерация

³ - ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. Ранее нами были рассчитаны экономические последствия бустерной вакцинации против коклюшной инфекции (КИ) вакциной для профилактики дифтерии (с уменьшенным содержанием антигена), столбняка и коклюша (бесклеточной), комбинированной, адсорбированной (МНН) в некоторых регионах РФ, показавшие, что общественный выигрыш в течение 7 лет после иммунизации потенциально может превысить затраты на вакцинацию в 1,23 раза. Вместе с тем важным представляется экономическое обоснование вакцинации для мегаполиса, каковым является Москва, при недоучёте диагностики болезни в условиях высокой плотности населения, способствующей распространению инфекции. **Материалы и методы.** Оценка экономических выгод от получения эпидемиологического выигрыша при ревакцинации проводилась в рамках рыночной экономики с использованием оценки стоимости болезни. За основу расчётов были взяты данные стоимости лечения КИ в Москве, с учётом случаев осложнённого и лёгкого течения и на основе актуальных тарифов системы ОМС. Произведено моделирование в расчёте на показатели заболеваемости с учётом недооценки выявляемости в когорте детей 14 лет численностью в 100 тысяч человек. Сравнивались два сценария, предусматривающих сохранение существующего порядка ревакцинации лишь в 6 лет (95%-ный охват) и сценария, при котором проводилась вторая ревакцинация всех подростков в 14 лет. С помощью модели определялись эпидемиологические показатели изменения заболеваемости КИ, на их основе рассчитывались прямые и косвенные затраты. При проверке чувствительности модели при расчётах использовались и другие уровни вакцинации детей 14-летнего возраста. **Результаты.** Бустерная ревакцинация условной когорты в 100 тысяч детей в возрасте 14 лет вакциной для профилактики дифтерии (с уменьшенным содержанием антигена), столбняка и коклюша (бесклеточной), комбинированной, адсорбированной (МНН) позволит снизить заболеваемость коклюшем в период сохранения иммунной защиты (7 лет) на 53,7% (с 1702,5 до 788,4 случая на 100 тысяч населения этих возрастов). Этот эпидемиологический выигрыш будет сопровождаться экономической выгодой, рассчитанной в метрике суммарной стоимости предотвращённых случаев болезни, которая составит 155,4 млн. руб. для когорты в 100 тысяч ревакцинированных подростков 14 лет. Экономические выгоды, сопровождающие потенциальное снижение заболеваемости малышей, могут составить от 254,4 до 470,5 млн. руб. в зависимости от характера и интенсивности контактов подростков с младшими детьми. **Вывод.** При заданных параметрах недооценки диагностики и стоимости вакцины у населения старше 14 лет в Москве ревакцинация подростков является экономически обоснованной мерой.

Ключевые слова: коклюшная инфекция; оценка технологии здравоохранения; вакцинопрофилактика

Для цитирования:

Светличная С. В., Мазанкова Л. Н., Попович Л. Д., Елагина Л. А. Экономическая оценка вакцинации детей от коклюшной инфекции в городе Москва. *Реальная клиническая практика: данные и доказательства*. 2023;3(3):8–19. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrdw-37>

Поступила: 29 сентября 2023 г. Принята: 05 октября 2023 г. Опубликовано: 12 октября 2023 г.

The economic evaluation of a vaccination against pertussis infection in children in Moscow

Svetlana V. Svetlichnaya ¹, Lyudmila N. Mazankova ², Larissa D. Popovich ³, Lybov A. Elagina ¹

¹ - Independent Institute for Social Innovations (IISI), Moscow, Russian Federation

² - The Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russian Federation

³ - National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russian Federation

Abstract

Actuality. Previously, we calculated the economic consequences of the booster vaccination against pertussis infection (CI) with the tetanus toxoid, reduced diphtheria toxoid and acellular pertussis vaccine, combined, adsorbed (INN) in some regions of the Russian Federation, which showed that the public benefit within 7 years after immunization could potentially exceed the cost of vaccination 1.23 times. At the same time, it is important to provide an economic justification for vaccination for a megalopolis, such as Moscow, with an underestimation of the diagnosis of the disease in conditions of high population density, contributing to the spread of infection. **Materials and methods.** The assessment of the economic benefits of obtaining an

epidemiological gain during revaccination was carried out within the framework of a market economy using an assessment of the cost of the disease. The calculations were based on data on the cost of CI treatment in Moscow, considering cases of complicated and mild course and on the basis of current tariffs of the OMI system. Modeling was performed based on morbidity rates, taking into account the underestimation of detectability in a cohort of 14-year-olds numbering 100 thousand people. Two scenarios were compared, providing for the preservation of the existing procedure of revaccination only at 6 years (95% coverage) and the scenario in which the second revaccination of all adolescents was carried out at 14 years. Using the model, epidemiological indicators of changes in the incidence of CI were determined, and direct and indirect costs were calculated on their basis. When testing the sensitivity of the model, other levels of vaccination of 14-year-old children were also used in the calculations. **Results.** Booster revaccination of a conditional cohort of 100,000 children aged 14 years with the mentioned vaccine will reduce the incidence of pertussis during the period of saving immune protection (7 years) by 53.7% (from 1702.5 to 788.4 cases per 100 thousand of the population of these ages). This epidemiological gain will be accompanied by an economic benefit calculated in the metric of the total cost of prevented cases of the disease, which will amount to 155.4 million rubles. for a cohort of 100 thousand revaccinated adolescents of 14 years. The economic benefits accompanying a potential reduction in the incidence of infants can range from 254.4 to 470.5 million rubles, depending on the nature and intensity of contacts between adolescents and younger children. **Conclusion.** With the given parameters of underestimating the diagnosis and cost of the vaccine in the population over 14 years of age in Moscow, revaccination of adolescents is an economically justified measure.

Keywords: pertussis infection; health technology assessment; vaccination

For citation:

Svetlichnaya SV, Mazankova LN, Popovich LD, Elagina LA. The economic evaluation of a vaccination against pertussis infection in children in Moscow. *Real-World Data & Evidence*. 2023;3(3):8–19. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrwd-37>

Received: September 29, 2023. **Accepted:** October 05, 2023. **Published:** October 12, 2023.

Актуальность

Внедрение в нашей стране массовой вакцинации от коклюша — одной из самых распространённых бактериальных инфекций, в 60-е гг. XX века позволило снизить частоту этой инфекции, по официальным данным, с 400–450 до 5–10 на 100 тыс. населения. Однако уменьшение охвата детей противокклюшными прививками в 80–90-е гг. привело к росту заболеваемости, в связи с чем становится очевидной необходимость ревакцинации. Нами ранее были рассчитаны экономические последствия бустерной вакцинации против коклюшной инфек-

ции (КИ) вакциной для профилактики дифтерии (с уменьшенным содержанием антигена), столбняка и коклюша (бесклеточной), комбинированной, адсорбированной (МНН) в некоторых регионах Российской Федерации (РФ), показавшие, что общественный выигрыш в течение 7 лет после иммунизации потенциально может превысить затраты на вакцинацию в 1,23 раза [1]. Москва на протяжении достаточно долгого периода времени входит в число регионов с высоким уровнем заболеваемости коклюшем, превышающем среднероссийские

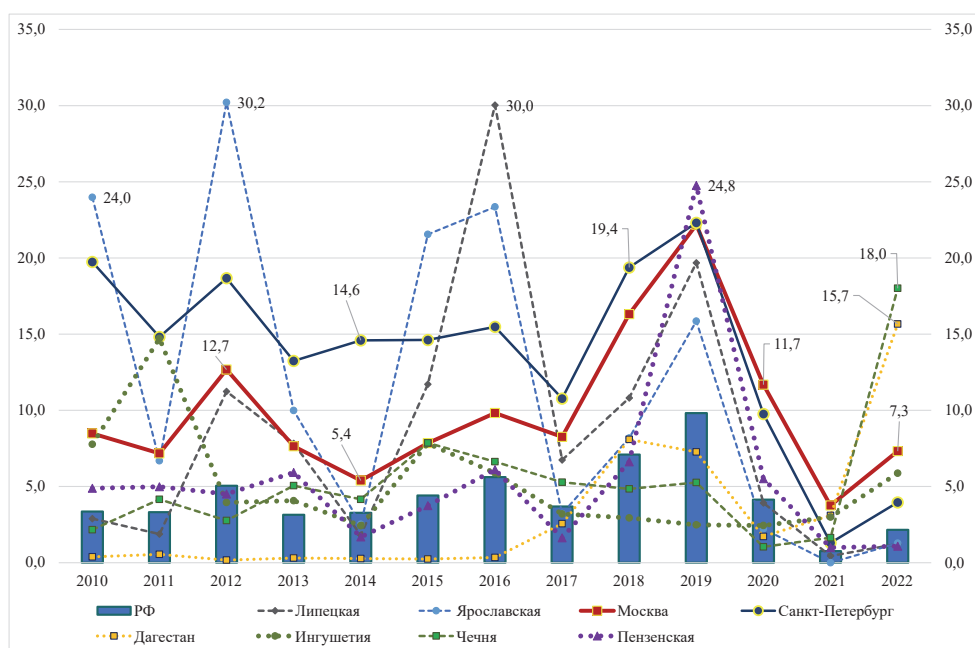


Рис. 1. Динамика заболеваемости коклюшем в некоторых регионах Российской Федерации, на 100 тысяч населения [2]

показатели (рис. 1). Даже в период пандемии, когда показатели заболеваемости иными инфекциями упали благодаря массовым локдаунам, Москва продолжала находиться в группе лидеров по выявляемости КИ. В 2021 году показатель этой заболеваемости КИ в Москве превысил общероссийский параметр в 4,9 раза и вклад заразившихся москвичей в общероссийскую заболеваемость КИ составил 43,2%. Учитывая всё это, можно ожидать, что позитивный клинический эффект от вакцинации в городе будет значимым и для всей страны.

Серьёзным достижением городского здравоохранения можно считать начавшуюся с 2020 года вторую ревакцинацию против КИ детей в возрасте 6-7 лет [3]. Этот факт особенно значим, учитывая, что в последние годы отмечается не только рост заболеваемости, но и её смещение в старшие возрастные группы детского населения. Как отмечается в докладе Управления Роспотребнадзора по городу Москве [4], причиной может быть угасание поствакцинального иммунитета через 5-7 лет после второй ревакцинации.

Детальный анализ возрастного распределения выявляемых случаев коклюша в Москве показывает, что основную долю случаев диагностируют в возрасте 3-6 лет (возраст детского сада — 34,4%) и 7-14 лет (школьники — 41,3%). Очевидно, что рост заболеваемости в этот период связан с более обширными контактами детей в организованных коллективах. При этом, как можно видеть, более 10% зарегистрированных случаев выявляется у населения старше 14 лет, в период, когда происходит снижение напряженности иммунитета, даже несмотря на ревакцинацию в 6-7 лет (рис. 2).

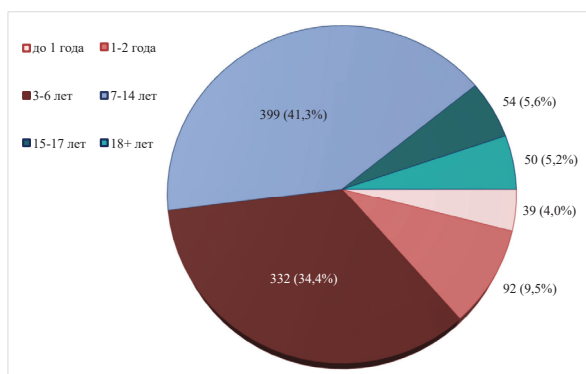


Рис. 2. Возрастная структура распределения зарегистрированных случаев коклюша в Москве в 2022 году [5]

Сравнение возрастной структуры распределения случаев коклюша показывает, что регионы, где достаточно хорошо развита диагностическая база, демонстрируют значительно более высокие показатели заболеваемости в подростковых и более стар-

ших возрастах. Так, в 2022 году доля выявленных случаев КИ населения старше 14 лет в Москве, Московской области и Санкт-Петербурге превысила 60% от общего числа случаев, по стране, при том, что доля населения этих возрастных групп составляла в сумме всего 18,1%. Безусловно, можно говорить о значительной недооценке заболеваемости коклюшем, в первую очередь в старших детских возрастах и у взрослых, и этот факт уже не вызывает сомнений у специалистов [6, 7]. В Резолюции междисциплинарного совещания специалистов «Нерешённые вопросы эпидемиологии коклюша в РФ и новые возможности его вакцинопрофилактики», принятой ещё в 2018 году [8], заявляется: «Истинная заболеваемость коклюшем у детей дошкольного, школьного возраста и взрослых остаётся недооценённой из-за преобладания лёгких и стёртых форм заболевания, низкой чувствительности бактериологического метода подтверждения диагноза, а также ограниченным применением ПЦР-диагностики и серологического метода (ИФА), предусмотренных СП 3.1.2.3162-14 «Профилактика коклюша». В исследованиях ЦНИИ эпидемиологии [9] на основе анализа данных многих международных исследований утверждается, что реальный уровень заболеваемости КИ в 10-1000 раз выше регистрируемого при пассивном эпидемиологическом надзоре.

Учитывая высокую вероятность скрытой циркуляции возбудителя коклюша, эксперты Глобальной коклюшной инициативы (англ. Global Pertussis Initiative; GPI) рекомендуют в странах с достаточным уровнем дохода и с высоким охватом вакцинацией младенцев и детей младшего возраста проводить повторную ревакцинацию для подростков с бустерной ревакцинацией каждые 10 лет [10].

Масштабы потенциальной недооценки заболеваемости в регионах России могут быть разными. Так, в исследовании [11] проведённого на модели Московской области, показано, что серологический мониторинг методом ИФА сывороток крови у подростков 15-17 лет и взрослых 18 лет позволяет выявить серопозитивные пробы более, чем в 80% случаев, что с учётом снижения поствакцинального иммунитета через 5-7 лет после вакцинации в младшем возрасте, скорее всего, говорит о формировании постинфекционного иммунитета после встречи с возбудителем коклюша. Расчёты эффекта «скрытой» заболеваемости, сделанные автором в предположении о бустерной вакцинации в 6-7 лет, показывают, что к 14 годам реальная заболеваемость, в сравнении с фиксируемой, увеличивается, как минимум, в три раза. В Санкт-Петербурге [12] при лабораторной верификации диагноза у $\frac{3}{4}$ зарегистрированных больных и широком применении (более чем в 50% случаев) ПЦР-метода диагностики показатели заболеваемости коклюшем превысили общероссийские

в 3-5 раз. В этой связи при моделировании эпидемиологических и экономических эффектов от расширения иммунной защиты в Москве была принята гипотеза о том, что в старших возрастных группах уровень недооценки заболеваемости составлял 3 раза, а заболеваемость в возрасте 0-7 лет была принята на уровне официально зарегистрированной в 2019 году (исходный год, выбранный с целью нивелировать смещение показателей из-за пандемии COVID-19).

Материалы и методы

Модель для расчёта эпидемиологической ситуации с коклюшем в Москве (в дальнейшем изложении — Модель) разработана в расчёте на показатели заболеваемости в 2019 году и когорту детей 14 лет численностью в 100 тысяч человек. В Модели проводилось сравнение двух сценариев, предусматривающих сохранение существующего порядка ревакцинации лишь в 6 лет, и сценария, при котором проводилась вторая ревакцинация всех подростков условной когорты в 14 лет. В базовом варианте 95% этой условной когорты подростков «получит» однократно вакцину для профилактики дифтерии (с уменьшенным содержанием антигена), столбняка и коклюша (бесклеточной), комбинированной, адсорбированной (МНН). Соответственно, стоимость вакцинации, параметры эффективности поствакцинального иммунитета, включённые в расчёты, основывались на показателях именно этой вакцины. При проверке чувствительности модели при расчётах использовались и другие уровни вакцинации детей 14-летнего возраста.

Для перехода от официально регистрируемой к потенциальной заболеваемости КИ использовались данные о численности населения Москвы и учитывался принятый для расчётов уровень недооценки диагностики.

При разработке Модели учитывались данные об эффективности постпрививочного иммунитета в случае применения вакцины против коклюша [13]. Эти показатели составляли: первый год — 91%, второй — 89%, третий — 81%, четвёртый — 51%, пятый — 40%, шестой — 27%, седьмой — 9%. Таким образом, длительность эффекта вакцинации (а, следовательно, и потенциального эффекта ревакцинации) для горизонта моделирования эпидемиологического эффекта составлял 7 лет и ограничивался возрастными периодами 14-20 лет.

Пересчёт потенциального числа заболеваний, которые могут быть выявлены после ревакцинации в условных когортах детей (Сценарий 2), проводился на основе выявляемого числа заболеваний без

ревакцинации, но с учётом принятого уровня недооценки (Сценарий 1). При этом рассчитывалось число подростков, которые не заболеют с учётом постпрививочного иммунитета (эффективность вакцины) в соответствующем году наблюдения. В оставшейся когорте определяли число потенциально заболевших с учётом скорректированной заболеваемости для соответствующего возраста, а численность тех, кто не заболел, прибавляли к группе изначально не заболевших. На следующий год процесс расчёта повторялся с учётом изменения двух параметров — эффективности вакцины и уровня заболеваемости в соответствующем возрасте.

Поскольку совокупное число вакцинируемых препятствует распространению инфекции, в расчётах учитывался потенциальный эффект влияния ревакцинации когорты 14-летних детей на заболеваемость детей младшего возраста. Эффективность бустерной ревакцинации в отношении снижения заражений детей младших возрастов рассчитывалась на основе доступных публикаций, с учётом отмеченного снижения примерно вдвое числа заболеваний в возрасте до года [14] и примерно на треть в дальнейшем в когорте от года до 5-ти лет¹. Пересчёт в соответствии с длительностью поствакцинального иммунитета и распределение риска заражения по годам дали в результате следующие величины риска для детей в возрасте:

- до 1 года — 45,8%;
- 1-2 года — 4,5%;
- 3 года — 4,7%;
- 4 года — 8,1%;
- 5 лет — 21%.

Соответственно, снижение вероятности заражения рассчитывалось как разница этих величин риска и 100% риска. В Модели принята гипотеза, что условная популяция 14-летних подростков за весь период действия вакцины может иметь контакты разной интенсивности с детьми младших возрастов. В этом случае можно рассчитывать, что при максимально широких контактах заболеваемость будет снижаться в каждой из младших возрастных групп детей, пропорционально уровню влияния вакцины. При этом число потенциальных случаев болезни будет меньше сложившихся показателей (с учётом уровня недооценки диагностики), и может быть получен эпидемиологический выигрыш на протяжении всего периода сохранения поствакцинального иммунитета.

Оценка экономических выгод от эпидемиологического выигрыша при ревакцинации проводилась в рамках рыночной экономики с использованием оценки стоимости болезни. За основу расчётов

¹ оценочно: 4,5% — потенциальный риск заражения с учётом средней эффективности вакцин, 4,7%/8,1%/21,0% — расчёт на основе данных о 33,8% заболевших из числа привитых детей в возрасте 3-6 лет, которые впоследствии распределены по годам, исходя из длительности поствакцинального иммунитета

были взяты данные стоимости лечения коклюша в Москве, с учётом случаев осложнённого и лёгкого течения и на основе актуальных тарифов системы ОМС в Москве в 2017 году [15]. Была проведена актуализация данных для 2023 года с учётом изменения тарифов ОМС (инфляция подушевого норматива ОМС в Москве). В качестве расчётного параметра был взят подушевой валовой региональный продукт Москвы (ВРП).

Результаты

В табл. 1 приведён результат расчёта потенциального уровня заболеваемости детей разного возраста при учёте принятой гипотезы о 3-кратной недооценке заболеваемости детей старше 7 лет в Москве. Расчёты сделаны на основе данных Роспотребнадзора (РПН).

В табл. 2 представлены результаты расчёта числа случаев заболеваний в условной возрастной когорте подростков для Сценария 1 (без ревакцинации)

и для Сценария 2 (ревакцинация в 14 лет). В этой же таблице представлена разница между числом потенциально заболевших детей соответствующего возраста в Сценарии 1 и в Сценарии 2, т. е. эпидемиологический выигрыш в числе болезней.

Помимо моделируемой ситуации с ревакцинацией в 14 лет, в Москве с 2020 года проводится ревакцинация детей в возрасте 6 лет. Позитивный эпидемиологический эффект этого бустера существенно улучшит результат ревакцинации в 14 лет, при этом в Модели, при оценке затрат на вакцинацию в 14 лет не учитываются расходы на вакцинацию в возрасте 6 лет, поскольку они уже заложены в бюджете. Результаты сравнения приведены в табл. 3.

В табл. 4 приведён расчёт эпидемиологического эффекта в первый год ревакцинации, когда можно рассчитывать на максимальный эффект для коллективной защиты детей младшей группы при иммунизации дошкольников.

Таблица 1. Численность детей, зарегистрированных в Москве, на 1 января 2019 года, структура по возрастной заболеваемости, прогнозный уровень заболеваемости коклюшем

Возраст	Число детей	Сложившаяся по отчету РПН структура по возрастной заболеваемости, %	Потенциальный уровень заболеваемости (на 100 тысяч человек в возрастной группе)
0 лет	130681	10,2	218,85
1 год	131525	5,8	122,42
2 года	142933	6,3	122,42
3 года	141762	5,6	110,15
4 года	138041	5,4	110,15
5 лет	136706	5,4	110,15
6 лет	135475	5,3	110,15
7 лет	128790	5,6	364,94
8 лет	100874	4,4	121,65
9 лет	108699	4,7	121,65
10 лет	109078	4,7	121,65
11 лет	104826	4,6	364,94
12 лет	102958	4,5	121,65
13 лет	109681	4,8	121,65
14 лет	102352	4,4	364,94
15 лет	101003	2,0	168,20
16 лет	99646	2,0	168,20
17 лет	97214	1,9	168,20
18 лет	108845	3,6	277,64
19 лет	101475	3,4	277,64
20 лет	101950	3,4	277,64
21 год	94678	3,4	180,61
ИТОГО население	12 615 279		

Таблица 2. Потенциальное число случаев коклюшной инфекции у подростков возраста 14 лет в условный 7-летний период их жизни в соответствии со скорректированным уровнем заболеваемости в соответствующем возрасте (Сценарий 1) и после ревакцинации в 14-летнем возрасте (Сценарий 2)

Возраст, лет	Сценарий 1	Сценарий 2	Эпидемиологический выигрыш в числе болезней
	Потенциальное число случаев болезни в когорте 100 тысяч подростков		
14	364,9	32,8	332,1
15	168,2	18,6	149,6
16	168,2	32,0	136,2
17	168,2	82,5	85,7
18	277,6	166,8	110,9
19	277,6	202,9	74,7
20	277,6	252,8	24,9
ВСЕГО	1702,5	788,4	914,1

Таблица 3. Эпидемиологический выигрыш в числе заболеваний коклюшной инфекцией у детей 6 лет после ревакцинации

Возраст, лет	Потенциальное число случаев болезни		Эпидемиологический выигрыш в числе болезней на 100 тысяч детей в возрасте 6–13 лет
	Когорта из 100 тысяч детей, не вакцинированных в 6 лет (Сценарий 1)	Когорта из 100 тысяч детей, вакцинированных в 6 лет (Сценарий 2)	
6	110,2	9,9	100,3
7	365,0	40,2	324,8
8	121,7	23,2	98,5
9	121,7	59,7	62,0
10	121,7	73,1	48,7
11	364,9	266,6	98,3
12	121,7	110,8	10,9
13	121,6	121,5	0,1

Таблица 4. Дополнительный эпидемиологический выигрыш от ревакцинации за счёт снижения заболеваемости коклюшной инфекцией при заражении младших детей старшими

Возраст, лет	Потенциальное число случаев болезни без ревакцинации старших детей	Потенциальное число случаев болезни при ревакцинации старших детей	Потенциальный эпидемиологический выигрыш (число потенциально предотвращенных случаев болезни при ревакцинации старших детей)
0	218,9	100,2	118,6
1	122,4	5,5	116,9
2	122,4	5,5	116,9
3	110,1	5,2	105,0
4	110,1	8,9	101,2
5	110,1	23,1	87,0

Учитывая вероятность контактов вакцинированных подростков 14 лет с детьми младших возрастных групп очевидно, что эффект от снижения заражаемости необходимо рассматривать в течение всего периода действия вакцины. Поэтому в Модели использован параметр изменения уровня поствакци-

нального иммунитета (понижающий коэффициент). Если напряженность иммунитета в первый год принять за единицу, то в последующие годы соответствующие коэффициенты составят: 0,98; 0,89; 0,56; 0,44; 0,30; 0,10. Результат такого подхода к расчёту числа предотвращенных случаев представлен в табл. 5.

Таблица 5. Влияние ревакцинации подростков 14 лет на предотвращение случаев коклюша у младших детей в период сохранения поствакцинального иммунитета

Возраст детей младшей когорты, лет	Предотвращённые случаи болезни детей младших возрастов в период сохранения поствакцинального иммунитета подростков в 14 лет							
	Период действия поствакцинального иммунитета после ревакцинации подростков в 14 лет							Итого, случаев
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	
0	118,6	116,0	105,6	66,5	52,1	35,2	11,7	505,8
1	116,9	114,3	104,1	65,5	51,4	34,7	11,6	498,5
2	116,9	114,3	104,1	65,5	51,4	34,7	11,6	498,5
3	105,0	102,7	93,4	58,8	46,1	31,1	10,4	447,6
4	101,2	99,0	90,1	56,7	44,5	30,0	10,0	431,6
5	87,0	85,1	77,5	48,8	38,2	25,8	8,6	371,0
Итого, случаев	645,7	631,5	574,7	361,9	283,8	191,6	63,9	2752,9

Суммарный экономический ущерб от КИ в Москве, с учётом принятой базы расчёта косвенного ущерба в метрике подушевого ВРП, составил в 2017 году 88,01 тыс. рублей на 1 случай болезни. При этом прямой медицинский ущерб составил 37,248 тыс. рублей, косвенный ущерб в связи с болезнью — 61,764 тыс. рублей. Расчёт прямого медицинского ущерба на один случай КИ рассчитывался с учётом темпов роста подушевого норматива в си-

стеме ОМС, косвенный подушевой ущерб — с учётом реальной величины подушевого ВРП в Москве в период 2017-2023 гг. В табл. 6 приведена динамика изменения подушевого норматива базовой и территориальной Программ государственных гарантий бесплатного оказания медицинской помощи в Российской Федерации и в Москве в период 2017-2023 гг. Можно видеть, что нормативы в Москве стабильно превышают нормативы по стране более, чем в 2,3 раза.

Таблица 6. Подушевые нормативы финансирования Программы государственных гарантий оказания бесплатной медицинской помощи в РФ и в Москве, руб.

Подушевые нормативы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Подушевой норматив базовой ПГГ в РФ	12384,6	14301,3	15288,8	16292,5	17490,9	18938,2	20854,6
Подушевой норматив территориальной ПГГ в Москве	25646,9	29487,8	33233,8	39214,7	40184,8	42584,6	47065,3
Соотношение подушевых нормативов в РФ и Москве	2,1	2,1	2,2	2,4	2,3	2,2	2,3

Итоговые расчёты экономического ущерба по методикам определения прямых и непрямых затрат [16] приведены в табл. 7. В этой же таблице для сопоставления приведены расчёты подушевого ущерба от коклюша, полученные из серии Государственных докладов РПН «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» за период 2017-2022 гг. Достаточно стабильное соотношение величин подушевого ущерба от коклюша в Москве и в РФ, сопоставимое с различиями в подушевых нормативах и подушевых ВРП в Москве в сравнении со среднероссийскими показателями, может служить свидетельством корректности произведённой актуализации экономической метрики.

Экстраполируя полученные результаты, можно получить расчётный подушевой ущерб от одного случая КИ в Москве, который составит в 2023 г. — 157,7 тыс. руб., а в 2027 году вырастет до 186 тыс. руб. Если учесть эпидемиологический выигрыш от ревакцинации, который измеряется в числе предотвращённых случаев болезни в каждый год действия поствакцинального иммунитета, то общий экономический эффект может быть получен путём умножения числа предотвращённых случаев болезни на подушевую стоимость ущерба от неё в соответствующий год.

Результаты расчёта экономических выгод от ревакцинации подростков приведены в табл. 8, а экономические выгоды от ревакцинации детей в 6 лет приведены в табл. 9.

Таблица 7. Расчёт подушевого ущерба от одного случая коклюша в Москве

Экономический ущерб на один случай коклюша, тыс. руб.	2017	2018	2019	2020	2021	2022
в Российской Федерации*	34,22	57,95	59,69	62,58	68,41	
в Москве	99,01	112,30	121,01	129,80	134,78	147,38
в том числе:						
прямой ущерб	37,25	42,83	48,27	56,95	58,36	61,85
косвенный ущерб	61,76	69,47	72,75	72,85	76,42	85,53
Соотношение величины суммарного ущерба в РФ и Москве	2,9	1,9	2,0	2,1	2,0	

Примечание: * — пересчёт на основе данных Государственных докладов Роспотребнадзора «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации», опубликованных в период 2017-2022 годов.
[Источник: сайт Роспотребнадзора <https://www.rospotrebnadzor.ru/>]

Таблица 8. Расчёт экономических выгод от предотвращённых случаев болезни подростков при ревакцинации в 14-летнем возрасте

Период после вакцинации	Возраст подростков в когорте вакцинированных при ревакцинации в 14-летнем возрасте, лет	Эпидемиологический выигрыш в метрике предотвращённых случаев болезни, случаев	Экономический выигрыш в метрике суммарной стоимости предотвращённых случаев болезни, тыс. руб.
первый год	14	332,1	52 369,9
второй год	15	149,6	24 613,2
третий год	16	136,2	23 292,5
четвертый год	17	85,7	15 247,4
пятый год	18	110,9	20 512,9
шестой год	19	74,7	14 376,0
седьмой год	20	24,9	4 973,5
ИТОГО		914,1	155 385,36

Таблица 9. Расчёт экономических выгод от предотвращённых случаев болезни дошкольников при ревакцинации в 6-летнем возрасте

Период после вакцинации	Возраст ребенка в когорте вакцинированных при ревакцинации в 6-летнем возрасте, лет	Эпидемиологический выигрыш в метрике предотвращённых случаев болезни, случаев	Экономический выигрыш в метрике суммарной стоимости предотвращённых случаев болезни, тыс. руб.
первый год	6	100,2	15 806,4
второй год	7	324,8	53 416,0
третий год	8	98,5	16 846,3
четвёртый год	9	62,0	11 028,6
пятый год	10	48,6	8 990,5
шестой год	11	98,3	18 920,2
седьмой год	12	10,9	2 180,50
восьмой год	13	0,1	25,17
ИТОГО		743,4	127 213,8

При расчётах исходили из научного предположения, что контакты подростков с детьми младшей возрастной когорты происходят с разной интенсивностью и в различных условиях. Были выделены три ситуации. В первой из них предполагалось, что подростки и младшие дети разных возрастов могли максимально часто контактировать. Во второй рассматриваемой ситуации исходили из того, что подросток живёт в семье, где есть ещё один ребёнок младшего возраста. При этом рассчитывали 7 вариантов этой ситуации, при которых подросток находился в семье, где второй ребёнок мог быть в возрасте от 0 до 6 лет в год ревакцинации. Прослеживалась динамика изменения потенциального экономического выигрыша в зависимости от риска заражения при снижении напряжённости поствакцинального иммунитета. В третьей из гипотетических ситуаций делалось предположение, что подросток единственный ребёнок в семье.

Суммарная макроэкономическая выгода в связи с потенциально предотвращёнными случаями КИ в условной когорте из 100 тысяч подростков, ревак-

цинированных рассматриваемой вакциной в 14 лет, за весь период действия поствакцинального иммунитета (за 7 лет) составил 155,39 млн. руб. Экономический выигрыш в связи с потенциально предотвращёнными случаями болезни в младших возрастных группах различался в зависимости от рассматриваемых вариантов коммуникации вакцинированных в 14 лет подростков с детьми до 5 лет и находился в диапазоне от 254,42 млн. руб. (ситуация, когда в семье с двумя детьми новорождённый появляется в год вакцинации подростка) до 470,5 млн. руб. (вариант с максимально частыми контактами подростков и детей младшего возраста).

Исходя из стоимости одной дозы вакцины затраты, необходимые для ревакцинации условной когорты из 100 тысяч подростков в 14 лет, должны составить 170 млн. руб. Сопоставление суммарных экономических выгод с затратами на ревакцинацию (условный показатель «возврата на инвестиции» (англ. Return On Investment; ROI) в этом случае будет также зависеть от варианта коммуникации подростков с младшими детьми (табл. 10).

Таблица 10. Суммарный экономический эффект ревакцинации подростков 14 лет за период сохранения иммунной защиты		
Наличие коммуникаций подростков с младшими детьми	Суммарные экономические выгоды от предотвращения болезни подростка и младших детей, тыс. руб.	Соотношение экономических выгод к затратам на ревакцинацию (ROI)
Ситуация 1 (высокий риск кросс-заражения)		
подростки и дети в возрасте 0-5 лет	625 888,01	3,68
Ситуация 2 (риск заражения ограниченный)		
кроме подростка, ещё в семье имеется:		
вариант «новорождённый»	409 807,21	2,41
вариант «ребёнок 1 года»	465 440,68	2,74
вариант «ребёнок 2 года»	470 922,55	2,77
вариант «ребёнок 3 года»	466 128,83	2,74
вариант «ребёнок 4 года»	455 525,04	2,68
вариант «ребёнок 5 лет»	454 548,69	2,67
вариант «ребёнок 6 лет»	437 959,38	2,58
Ситуация 3 (отсутствие коммуникаций детей и подростков)		
вариант «семья с одним подростком 14 лет, вакцинированным в 2023 году»	155 385,36	0,91

На 1 января 2022 года в Москве, по данным Росстат, зарегистрировано 109 729 подростков 13 лет. При учёте коэффициента уменьшения численности 14-летних по сравнению с 13-летними за предыдущие годы можно предположить, что в 2023 году численность 14-летних подростков может соста-

вить 107,6 тыс. человек. В этом случае для ревакцинации 95% из них потребуется 173,8 млн. руб. бюджетных вложений. При этом экономический эффект может быть достаточно значительным, особенно при условии предотвращения риска кросс-заражения детей младшего возраста. Необходимо

отметить, что представленные величины ROI получены в предположении, что уровень недооценки заболеваемости не превышает 3 раз, причём только в старших возрастах.

Анализ чувствительности

Для оценки чувствительности Модели исследовалось, какое влияние на потенциальные эконо-

номические выгоды от ревакцинации подростков в 14 лет оказывают изменения уровня недооценки выявляемости коклюша в разных возрастных группах населения. Кроме того, оценивался пороговый уровень недооценки, при котором ROI от ревакцинации подростков будет равен 1 даже без учёта потенциального их влияния на младшую группу детей (табл. 11).

Таблица 11. Влияние на экономическую эффективность ревакцинации подростков изменения уровня недооценки заболеваемости, начиная с возраста 8 лет

Цена 1 дозы 1,7 тыс. рублей / 2,6 тыс. рублей
Уровень недооценки заболеваемости
в возрасте 0–7 лет = 1
в возрасте 8–13 лет = 3
в возрасте 14+ лет = 5

Наличие коммуникаций подростков с младшими детьми	Базовое соотношение экономических выгод к затратам на ревакцинацию (ROI)	Измененное соотношение экономических выгод к затратам на ревакцинацию (ROI)
Ситуация 1 (высокий риск кросс-заражения)		
подростки и дети в возрасте 0–5 лет	3,68	4,29 / 2,81
Ситуация 2 (риск заражения ограниченный)		
кроме подростка, ещё в семье имеется:		
вариант «новорожденный»	2,41	3,63 / 2,37
вариант «ребенок 1 года»	2,74	3,70 / 2,42
вариант «ребенок 2 года»	2,77	3,97 / 2,60
вариант «ребенок 3 года»	2,74	4,09 / 2,68
вариант «ребенок 4 года»	2,68	4,14 / 2,71
вариант «ребенок 5 лет»	2,67	4,12 / 2,70
вариант «ребенок 6 лет»	2,58	4,04 / 2,64
Ситуация 3		
вариант «семья с одним подростком 14 лет»	0,91	1,52 / 1,00

Анализ чувствительности показал, что при различных уровнях недооценки заболеваемости ревакцинация подростков экономически целесообразна даже без учёта влияния на заболеваемость младших групп детей (вариант «семья с одним подростком 14 лет»), причём в этом случае ROI свидетельствует о сохранении экономической эффективности при увеличении цены одной дозы вакцины до 2,6 тыс. руб.

Выводы

Бустерная ревакцинация условной когорты в 100 тысяч детей в возрасте 14 лет вакциной для профилактики дифтерии (с уменьшенным содержанием антигена), столбняка и коклюша (бесклеточной), комбинированной, адсорбированной (МНН) позволит снизить заболеваемость коклюшем в период сохранения иммунной защиты (7 лет) на 53,7%

(с 1702,5 до 788,4 случая на 100 тысяч населения этих возрастов).

Этот эпидемиологический выигрыш будет сопровождаться экономической выгодой, рассчитанной в метрике суммарной стоимости предотвращённых случаев болезни, которая составит 155,4 млн. руб. для когорты в 100 тысяч ревакцинированных подростков 14 лет.

Экономические выгоды, сопровождающие потенциальное снижение заболеваемости малышей, могут составить от 254,4 до 470,5 млн. руб. в зависимости от характера и интенсивности контактов подростков с младшими детьми.

При заданных параметрах недооценки диагностики и стоимости вакцины у населения старше 14 лет в Москве ревакцинация подростков является экономически обоснованной мерой.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов.

Участие автора. Светличная С.В. — разработка дизайна исследования, расчёты, анализ, написание статьи; Мазанкова Л.Н. — анализ, написание статьи; Попович Л.Д. — концепция исследования, написание, редактирование статьи; Елагина Л.А. — расчёты.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Светличная Светлана Валентиновна — Директор Независимого Института социальных инноваций, Москва, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку

e-mail: svetlichnayasv@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3977-819X>

Мазанкова Людмила Николаевна — д. м. н., профессор, зав. кафедрой детских инфекционных болезней ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, заслуженный врач РФ, главный внештатный специалист по инфекционным болезням у детей ЦФО РФ и Департамента здравоохранения Москвы, Москва, Российская Федерация

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0895-6707>

РИНЦ AuthorID: 373549

Попович Лариса Дмитриевна — к. б. н., директор Института экономики здравоохранения ФГАУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

e-mail: ldpopovich@hse.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4566-8704>

РИНЦ AuthorID: 976203

Елагина Любовь Александровна — эксперт Независимого Института социальных инноваций, Москва, Российская Федерация

e-mail: elaginaluba@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9692-4157>

Литература/References

1. Светличная С.В., Елагина Л.А., Попович Л.Д. Оценка экономической эффективности вакцинации против коклюша на основе данных реальной клинической практики. *Реальная клиническая практика: данные и доказательства*. 2023;3(1):9-19. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrdw-27> [Svetlichnaya SV, Elagina LA, Popovich LD. Evaluation of the economic efficacy of vaccination against pertussis based on real-world data. *Real-World Data & Evidence*. 2023;3(1):9-19. (In Russ.)].
2. Федеральная служба государственной статистики <https://rosstat.gov.ru/>. Дата обращения: 14.03.2023.
3. Приказ департамента здравоохранения города Москвы от 18.11.2019 № 975 «Об утверждении реги-

ADDITIONAL INFORMATION

Conflict of interests.

The authors declare that there is no potential conflict of interest.

Participation of author. Svetlichnaya SV — research design development, calculations, analysis, writing of the article; Mazankova LN — analysis, writing of the article; Popovich LD — research concept, writing, editing of the article; Elagina LA — calculations

ABOUT THE AUTHORS

Svetlana V. Svetlichnaya — Head of Independent Institute for Social Innovation, Moscow, Russian Federation

Corresponding author

e-mail: svetlichnayasv@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3977-819X>

Lyudmila N. Mazankova — MD, PhD, DrSci, professor, Head of pediatric infectious diseases Dept. in The Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Chief specialist in infectious diseases in children of the Central Federal District of the Russian Federation and Dept. of Health of Moscow, Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0895-6707>

RSCI AuthorID: 373549

Larissa D. Popovich — PhD Biological Sci., Head of Institute of Health Care Economics in the National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russian Federation

e-mail: ldpopovich@hse.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4566-8704>

RSCI AuthorID: 976203

Lybov A. Elagina — Expert of the Independent Institute for Social Innovation, Moscow, Russian Federation

e-mail: elaginaluba@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9692-4157>

онального календаря профилактических прививок и регионального календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям». <https://base.garant.ru/73322997/>. Дата обращения: 10.03.2023.

4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Москве в 2021 году». Управление Роспотребнадзора по г. Москве. <https://77.rospotrebnadzor.ru/>. Дата обращения: 12.03.2023.
5. Статистическая Форма №2 Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях. 2018, 2019 гг. <https://rospotrebnadzor.ru/>. Дата обращения: 16.08.2022.
6. Намазова Л.С., Геворкян А.К., Галеева Е.А. Является ли коклюш проблемой для российской педи-

- атрии, и можем ли мы его победить? *Педиатрическая фармакология*. 2006; 3(4):6-9.
7. Cherry JD. The epidemiology of pertussis: a comparison of the epidemiology of the disease pertussis with the epidemiology of *Bordetella pertussis* infection. *Pediatrics*. 2005 May;115(5):1422-1427. DOI: 10.1542/peds.2004-2648. PMID: 15867059.
 8. Резолюция междисциплинарного совещания специалистов «Нерешенные вопросы эпидемиологии коклюша в РФ и новые возможности его вакцинопрофилактики». *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2018;17(4):63-67. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2018-17-4-63-67> [The interdisciplinary Meeting of Experts's Resolution «Unresolved Questions of Pertussis Epidemiology in the Russian Federation and the New Possibilities for Vaccination». *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2018;17(4):63-67. (In Russ.)].
 9. 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> [Mikheeva IV, Mikheeva MA. Cost-Effectiveness Analysis of Revaccination Against Pertussis in Preschool Children. *Current Pediatrics*. 2019;18(6):470-477. (In Russ.)].
 10. Forsyth KD, Tan T, von König CW, Heininger U, Chitkara AJ, Plotkin S. Recommendations to control pertussis prioritized relative to economies: A Global Pertussis Initiative update. *Vaccine*. 2018 Nov 19;36(48):7270-7275. doi: 10.1016/j.vaccine.2018.10.028. Epub 2018 Oct 15. PMID: 30337176.
 11. Басов А.А. Эпидемический процесс коклюша на современном этапе. Автореф. дисс. канд. мед наук. М., 2016. 20 с. [https://www.crie.ru/pdf/diss1\(basov\).pdf](https://www.crie.ru/pdf/diss1(basov).pdf).
 12. Таточенко В.К. Коклюш — недоуправляемая инфекция. *Вопросы современной педиатрии*. 2014; 13(2):78-82. <https://doi.org/10.15690/vsp.v13i2.975> [Tatochenko VK. Pertussis — infection not under complete control. *Current Pediatrics*. 2014;13(2):78-82. (In Russ.)].
 13. Брико Н.И., Миндлина А.Я., Михеева И.В., Попович Л.Д., Ломоносова А.В. 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> [Briko NI, Mindlina AY, Mikheeva IV, Popovich LD, Lomonosova AV. 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. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2021;20(5):4-20. (In Russ.)].
 14. Carlsson RM, von Segebaden K, Bergstrom J, Kling AM, Nilsson L. Surveillance of infant pertussis in Sweden 1998-2012; severity of disease in relation to the national vaccination programme. *Euro Surveill*. 2015 Feb 12;20(6):21032. doi: 10.2807/1560-7917.es2015.20.6.21032. PMID: 25695476.
 15. Михеева И.В., Фомкина Н.Н., Михеева М.А. Современная эпидемиологическая и экономическая характеристика коклюша в Москве. *Журнал инфектологии*. 2019;11(1):84-91. <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2019-11-1-84-91> [Mikheeva IV, Fomkina NN, Mikheeva MA. Modern epidemiological and economic characteristics of whooping cough in Moscow. *Journal Infectology*. 2019;11(1):84-91. (In Russ.)].
 16. Фармакоэкономика и фармакоэпидемиология — практика приемлемых решений / Ред. В.Б. Герасимов, А.Л. Хохлов, О.И. Карпов. — М.: Медицина; 2005, 352 с. [myrwd](https://myrwd.ru)