

Оценка потенциального экономического эффекта при расширении профилактики менингококковой инфекции у детей на основе реальных эпидемиологических данных

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

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

² – ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

Аннотация

Менингококковая инфекция (МИ) является одной из самых тяжёлых по клиническим проявлениям и их последствиям. Актуальность проблемы экономических последствий как МИ, так и её профилактики, сохраняется и требует дальнейшего изучения. При этом важен анализ на основе данных реальной практики, включающих в себя эпидемиологические показатели и информацию об особенностях оказания медицинской помощи, а также региональные показатели, характеризующие другие социально-экономические процессы. **Целью** настоящей работы была оценка возможных экономических последствий вакцинопрофилактики МИ в регионах Дальневосточного федерального округа Российской Федерации (ДФО). В рамках моделирования ставилась задача определения потенциальных общественных выгод от финансовых вложений в расширение охвата вакцинацией против МИ у детей. **Материалы и методы:** Проведено моделирование эпидемиологических и экономических последствий вакцинации против МИ 95% детей в возрасте 3 года одной дозой четырехвалентной менингококковой конъюгированной вакциной MenACWY-D в ДФО. Учтена стоимость вакцинации, её эффективность, заболеваемость и летальность от МИ с и без вакцинопрофилактики. Рассчитан экономический выигрыш вакцинации в метриках предотвращенных потерь лет жизни и монетарного эквивалента подушевого внутреннего регионального продукта. **Результаты:** Внедрение вакцинации от МИ у 100 тыс. детей в возрасте 3-х лет в течение 8 лет сократит количество случаев заболевания на 64,5%, а смертность — на 75%. Монетарный эквивалент общественных выгод — 5,8 млн руб. от предотвращенных МИ, а от предотвращенных смертей — 1,3 млрд руб. **Заключение:** Сопоставление монетарного эквивалента общей выгоды с затратами на закупку вакцин для проведения однократной вакцинации 100 тыс. детей в возрасте 3-х лет демонстрирует значительное преимущество от внедрения вакцинации — экономическая выгода в 4,3 раза превышает затраты на вакцинацию.

Ключевые слова: менингококковая инфекция; вакцинация; экономический анализ; RWD

Для цитирования:

Светличная С. В., Елагина Л. А., Попович Л. Д. Оценка потенциального экономического эффекта при расширении профилактики менингококковой инфекции у детей на основе реальных эпидемиологических данных. *Реальная клиническая практика: данные и доказательства*. 2023;3(2):31-41. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrd-34>

Поступила: 24 марта 2023 г. **Принята:** 30 марта 2023 г. **Опубликована:** 30 августа 2023 г.

Evaluation of the potential economic effects in the increased vaccination against meningococcal infection based on real epidemiological data

Svetlichnaya S. V. ¹, Elagina L. A. ¹, Popovich L. D. ²

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

² – National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russian Federation

Abstract

Meningococcal infection (MI) is one of the heaviest illnesses with specific clinical picture and outcomes. MI prophylaxis is also actual from a social-economic viewpoint. Analysis based on RWD is important and should include epidemiological, medical, regional economic parameters as well as demographic data. **Aim:** economic evaluation of the potential outcomes of vaccination against MI in Far East Federal District of Russia (FER) in frames of vaccination growth in children. **Materials and methods:** Modelling of epidemiological and economic outcomes of MI vaccination with MenACWY-D vaccine in 95% of 3-year-old children in FER. Economic model usage cost vaccination, its efficacy, morbidity after vaccine usage, and mortality with such kind of parameters comparison w/o vaccination. The economic gain of vaccination is calculated in terms of the prevented loss of life years and the monetary equivalent of the per capita domestic regional product. **Results:** Vaccination

against MI in 100 thousand children aged 3 years will decrease morbidity by 64,5% and mortality by 75% during 8 years after vaccination. Social gain is 5,8 mln RUR due to morbidity decrease and 1,3 bln RUR due to saving lives. **Conclusion:** Vaccination has an economic advantage — benefit after 100 thousand children vaccination up to 4,3 times higher than cost of vaccination in FER.

Keywords: meningococcal infection; vaccination; economic analysis; RWD

For citations:

Svetlichnaya SV, Elagina LA, Popovich LD. Evaluation of the potential economic effects in the increased vaccination against meningococcal infection based on real epidemiological data. *Real-World Data & Evidence*. 2023;3(2):31–41. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrd-34>

Received: March 24, 2023. **Accepted:** March 30, 2023. **Published:** August 30, 2023.

Введение

Менингококковая инфекция (МИ) является одной из самых тяжёлых по клиническим проявлениям и их последствиям. Проблема её распространения остаётся актуальной во всём мире, что связано с трудностями эпидемиологического надзора, лабораторного контроля, серологической разнообразностью возбудителя, многообразием источников инфекции [1]. Характерной особенностью течения МИ является высокий риск развития критических состояний в первые часы её манифестации, что может приводить к смертельному исходу [2]. При этом состояние больных генерализованными её формами требует интенсивной терапии. У части пациентов, перенёвших менингококковый менингит, формируются необратимые нарушения зрения, слуха, ментального развития, эпилептический синдром и другие расстройства нервной системы, приводящие к снижению качества жизни и инвалидизации [3].

Всё вышесказанное сопровождается как высокими затратами системы здравоохранения в целом, так и расходами на оплату временной и стойкой утраты трудоспособности, потерями в связи с выбытием из производственной деятельности и т. д. — иными словами, всем, что называется социально-экономическим бременем заболевания. В современных условиях наиболее действенной мерой борьбы с тяжёлыми формами менингококковой инфекции является специфическая иммунизация [4].

Экономические аспекты специфической вакцинопрофилактики МИ были нами изучены ранее [5]. В масштабах страны было показано, что расходы на вакцинопрофилактику четырёхвалентной конъюгированной вакциной против МИ у детей первого года жизни при определённых условиях экономически оправданы в сопоставлении с монетарным эквивалентом общественного выигрыша. Тем не менее актуальность проблемы экономических последствий как МИ, так и её профилактики, сохраняется и требует дальнейшего изучения. При этом анализ будет основан на данных реальной клинической практики, включающих в себя эпидемиологические показатели и информацию об особенностях оказа-

ния медицинской помощи, а также региональные показатели, характеризующие другие социально-экономические процессы [6].

Целью настоящей работы была оценка возможных экономических последствий вакцинопрофилактики МИ в регионах Дальневосточного федерального округа Российской Федерации (ДФО). В рамках моделирования ставилась задача определения потенциальных общественных выгод от финансовых вложений в расширение охвата вакцинацией против МИ у детей.

Выбор этого макрорегиона был обусловлен тем фактом, что в последние годы из-за отсутствия программы вакцинации против МИ в разных субъектах округа регистрировались случаи заболеваемости и смертности в детском возрасте. Вместе с тем ДФО, являясь регионом опережающего развития [7], тем не менее характеризуется неоднородным демографическим составом и обширностью территорий, обуславливающих разные потребности и разный уровень доступности медицинской помощи. При этом трансграничная миграция на большой территории создает предпосылки для распространения инфекционных заболеваний, в том числе такого опасного, как МИ. Отсутствие расширенных программ вакцинопрофилактики лишь усиливает эпидемиологические риски, а, следовательно, и экономические потери в этом специфическом макрорегионе. В этой связи выявление и устранение критических точек в стратегии сохранения жизни и здоровья населения и умножения человеческого потенциала представляется ключевой задачей для достижения поставленных целей опережающего развития. Одновременно с этим очевидно, что выделение бюджетных средств на вакцинопрофилактику требует доказательств возврата инвестиций, тем более что она должна осуществляться в детском возрасте, когда трудовая деятельность индивидуума ещё не начата.

Материалы и методы

Для прогноза результативности вакцинации, предполагающей проведение оценки эпидемиологических и экономических последствий исполь-

зован подход, предполагающий математическое моделирование [8, 9]. В разработанной в рамках настоящей работы Модели для расчёта эпидемиологического прогноза ситуации с вакцинацией против МИ в ДФО были использованы следующие входные параметры:

- заболеваемость МИ в возрастных группах вакцинируемых детей (рассчитанная с учётом недооценки диагностики);
- летальность при МИ на уровне, сниженном до среднероссийских значений;
- показатели эффективности поствакцинального иммунитета (по данным научных исследований);
- показатели длительности сохранения поствакцинального иммунитета (по данным научных исследований) [10].

В условиях низкой плотности населения в ДФО, наиболее целесообразным представляется вакцинирование организованных групп детей, например, при поступлении ребёнка в дошкольное учреждение или в школу. Лучшей возрастной группой для иммунизации могла бы быть когорта детей от 3 до 7 лет. Численность детей 3-летнего возраста на начало 2020 года в ДФО составляла 113,1 тыс. человек, а к 2023 году численность трёхлетних детей может составить 90,7 тыс. человек. В Модели в качестве условной когорты рассматривалась группа из 100 000 детей в возрасте 3-х лет, из которых предположительно будут вакцинированы до 95%. При расчёте случаев заболеваний в Модели предусматривалось применение коэффициента недооценки этого числа.

Для объективизации параметра недооценки, включаемого в модель, был проведён расчёт потенциального количества заболеваний через показатель летальности. В этом случае исходили из предположения, что учёт смертности по причинам в РФ организован лучше, чем диагностика и регистрация заболеваний. В настоящее время, несмотря на успехи терапии, коэффициенты летальности от МИ по некоторым оценкам колеблются в диапазоне 4,6-21,4% в разных странах [11].

В соответствии с данными базы РБРС РЭШ, отражёнными в Форме №2 за 2019 год, летальность от МИ в ДФО составила 47,7% (21 случай смерти на 44 случая болезни). Летальность в РФ при этом зарегистрирована на уровне 12,3% (135 случаев смерти на 1094 случая болезни). Сопоставление этих величин позволяет заключить, что уровень недооценки числа случаев заболевания составляет 3,9 раз ($47,7/12,3 = 3,88$). Эта величина и была принята в качестве коэффициента, корректирующего недооценку реального числа случаев заболеваний.

Для оценки заболеваемости использовалась численность населения по возрастам по всем субъектам ДФО [12]. Для оценки количества смертей использовался среднероссийский показатель летальности 12,3%.

Для анализа показателей заболеваемости в регионах ДФО использованы данные формы №2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» [13], которую представляет ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» (табл. 1).

Таблица 1. Заболеваемость менингококковой инфекцией по отдельным возрастным группам на 100 000 населения, 2019 г., РФ и регионы ДФО

Регион	Случаев МИ	Заболеваемость МИ на 100 000 населения				
		Всего	Дети 0-14	До года	1-2 года	3-6 лет
РФ	1094	0,75	2,26	7,37	4,96	2,38
ДФО	44	0,54	2,23	9,97	4,46	2,11
Республика Бурятия	3	0,30	0,87	7,12	3,18	0,00
Республика Саха (Якутия)	2	0,21	0,88	14,75	0,00	0,00
Забайкальский край	6	0,56	2,60	0,00	6,49	4,48
Камчатский край	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Приморский край	7	0,37	1,87	0,00	6,53	1,04
Хабаровский край	11	0,83	3,78	12,92	0,00	5,50
Амурская область	7	0,88	2,61	21,96	4,92	2,27
Магаданская область	3	2,10	7,89	0,00	30,55	13,88
Сахалинская область	3	0,61	3,30	16,14	14,71	0,00
Еврейская автономная область	1	0,62	3,13	53,45	0,00	0,00
Чукотский автономный округ	1	2,02	9,34	154,80	0,00	0,00

Эффективность вакцины была включена в Модель в соответствии с данными исследований [10], указывающих, что четырёхвалентная менингококковая конъюгированная вакцина MenACWY-D показывала следующую эффективность: первый год после вакцинации — 79%; второй-четвёртый — 69%, пятый-восьмой — 61%. Расчёт строился на том, что при вакцинации детей 3-летнего возраста поствакцинальная защита сохраняется все эти 8 лет, то есть в период до достижения вакцинированной группой детей возраста 10 лет. Расчёт количества случаев заболеваний производится с учётом эффекта вакцины:

$$(100\% - \{\text{Эффективность вакцины}_{j\text{-год}}\}) * \{\text{Заболеваемость}_{i\text{-возраст}}\} * \frac{\{\text{Количество лиц}_{i\text{-возраст}}\}}{\{\text{Заболеваний случаев}\}} \quad (1)$$

Сравнивались клинические и экономические последствия вакцинации условной когорты в 100 000 детей в возрасте 3 года одной дозой вакцины (сценарий 1, доля вакцинированных 95%) с базовым (сценарий 0), при котором, как сейчас, отсутствует массовая вакцинация против МИ. Рассматривалась среднероссийская структура заболеваемости МИ в 2019 году и коэффициент недооценки случаев заболевания применительно к числу случаев заболеваний в ДФО в 2019 году.

Эпидемиологические последствия в обоих сценариях, относились к расчёту численности тех, кто:

- заболеет МИ;
- не заболеет;
- умрёт в результате заболевания;
- не умрёт в результате заболевания.

Вероятность заболеть без вакцинации принята на уровне эпидемиологических данных с поправкой на недооценку случаев заболеваемости (3,9). Для оценки вероятности смерти использовался расчётный показатель летальности, который считался одинаковым для всех возрастов внутри возрастного интервала от 3 до 10 лет. Расчёт возможных случаев смерти для сценариев 1 и 0 производится путём умножения среднероссийского показателя летальности (12,3%) на число возможных случаев заболеваний.

В настоящем исследовании в двух Моделях при расчёте экономического выигрыша от вакцинации детей против МИ был применен модифицированный Метод (3), который включает экономическую оценку в двух метриках:

- потенциально предотвращённые потери лет жизни в связи с заболеваниями и потенциально сохранённые годы жизни при предотвращённой смертности;
- монетарный эквивалент этих временных метрик в метрике подушевого валового регионального продукта (ВРП), усреднённого для регионов ДФО.

В общем виде оценка экономических выгод в результате вакцинирования условных когорт из 100 тысяч детей производилась по формуле:

$$V = N * SYLD * VSLY(i) + D * \sum V_{SLY(i)} \quad где \quad (2)$$

V — экономическая выгода для общества, руб.

N — количество предотвращённых заболеваний, случаев

SYLD — «цена» одного случая заболеваний в метрике YLD, лет

VSLY(i) — стоимость статистического года (i) жизни, рублях

$\sum V_{SLY(i)}$ — стоимость жизни за период I = {1:LE}, рублях

D — количество случаев смерти, предотвращённых вакцинацией, случаев

LE — количество сохранённых лет жизни, лет

Расчёт показателя SYLD производится по формуле:

$$SYLD = YLDs / Incidence, \quad где \quad (3)$$

YLDs — годы, прожитые в состоянии болезни

Incidence — количество случаев заболеваний.

Эти данные получены из базы данных проекта GBD для России за 2019 год [14].

В Моделях проводилась оценка лет, которые в связи с вакцинацией не были потеряны по болезни (N*SYLD), и лет, которые не были потеряны в результате смерти (D*LE). Умножая эти показатели на монетарный эквивалент статистической стоимости одного года жизни, можно рассчитать социально-экономическую выгоду для общества при иммунизации, выраженную в монетарном эквиваленте.

В международных исследованиях за величину VSLY, как правило, принято брать величину ВВП на душу населения (*англ.* GDP per capita) [15]. В некоторых исследованиях, проводимых авторами [5, 8], расчёт показателя VSLY включал затраты бюджетной системы в развитие человеческого капитала (образование, здравоохранение, социальная политика, культура), а также доходы граждан за вычетом социальных пособий и льгот. Для расчёта использовались данные Казначейства РФ и Росстата [12, 16]. Расчёт проводился в среднем по Российской Федерации. В случае с оценками стоимости статистического года жизни для ДФО средний российский показатель будет значительно отклоняться от региональных значений. Так, анализ показателя прожиточного минимума по РФ отличается от аналогичного показателя по ДФО в 1,45 раза (прожиточный минимум в РФ на 2022 год составил 13919 рублей, средний по 11 регионам ДФО — 20240 рублей). Валовый региональный продукт по регионам ДФО в 2019 году был равен 730,0 тыс. рублей на человека, в то же время

оценка стоимости статистического года жизни, рассчитанная для этого же года по среднероссийским данным, составила 513,1 тыс. рублей. Разница между двумя показателями составила 1,42.

Таким образом, при учёте региональных экономических различий величина среднестатистической стоимости года жизни в России, и величина средневзвешенного показателя ВРП в ДФО практически сходны. Учитывая, что технически рассчитать показатель средневзвешенного подушевого ВРП значительно легче, чем среднестатистическую стоимость года жизни с усреднением по всем регионам ДФО, в Модели МИ было решено величину VSLY(i) формировать на основе реального средне-

взвешенного показателя величины подушевых ВРП в субъектах, входящих в ДФО.

Расчёт проводился на основе статистических данных валового регионального продукта (ВРП) [17] за 2020 год по всем регионам ДФО путём определения первоначального (для первого года вакцинации $i=1$) средневзвешенного значения ВРП (табл. 2).

Для оценки ВРП в последующие годы ($i+1$) расчёт проводился на основе прогнозной величины коэффициента инфляции: 8,4% в 2021 году, с учётом особенностей инфляционных ожиданий в 2022 году на уровне 13,4%; в 2023 году — 5,5%, в 2024 году — 4,2%. В последующие годы принят целевой уровень инфляции в 4%.

Таблица 2. Расчёт валового регионального продукта на душу населения ДФО в 2020 году

№	Регион	ВРП, млн. руб.	Население, тыс. человек	ВРП на душу, руб.
	ДФО	6 044 295,00	8169,2	741 938,3
1	Республика Бурятия	303 155,80	985,9	307 558,8
2	Республика Саха (Якутия)	1 141 265,20	972	1 168 152,5
3	Забайкальский край	425 378,20	1059,7	402 594,6
4	Камчатский край	294 476,60	313	942 802,0
5	Приморский край	1 099 944,00	1895,9	582 950,7
6	Хабаровский край	861 230,60	1315,7	658 239,5
7	Амурская область	449 059,20	790	571 362,1
8	Магаданская область	284 070,70	140,1	2 035 007,0
9	Сахалинская область	1 002 707,90	488,3	2 059 206,5
10	Еврейская автономная область	63 014,40	158,3	400 340,5
11	Чукотский автономный округ	119 992,40	50,3	2 404 271,2

Для определения потенциальных экономических выгод от применения в региональном календаре прививок вакцинации детей от менингококковой инфекции в ДФО в Модели производится расчёт затрат на вакцинацию, оценка экономических выгод по формуле (2) и сравнение выгод и затрат. В последнем случае сравнение носило условный характер, поскольку реальные затраты текущего периода сравнивались с монетарным эквивалентом будущих значений стоимости лет жизни. Однако с учётом этой условности можно говорить, что при превышении потенциальных выгод над затратами (соотношение больше единицы) экономически целесообразно такие затраты осуществлять.

Расчёт затрат на вакцинирование производится по формуле:

$$ZV = NVAC * PR, \text{ где} \quad (4)$$

ZV — затраты на вакцинирование, рублей

NVAC — количество вакцинированных, доз вакцины

PR — цена 1 дозы вакцины, рублей

Расчёт стоимости вакцинации для 100 000 человек при 95% охвате: количество подлежащих вакцинации — 95 000 человек, количество доз — 1 доза на ребёнка, стоимость 1 дозы — 3 363,69 руб. (с НДС). Для этой когорты стоимость вакцинирования составит: 3 363,69 руб. * 95 000 чел. = 319,55 млн. рублей.

Результаты

Заболеваемость генерализованной формой МИ (ГФМИ) детей по федеральным округам России неодинаковая (рис. 1). Показатель заболеваемости в ДФО с 2015 по 2019 гг. включительно превышал показатели по России, а в 2021–2022 гг. значения сравнивались и даже несколько разошлись. Скорее всего, это отражение ситуации с новой коронавирусной инфекцией, когда вследствие карантина в 2020 г. детские коллективы были долгое время разобщены, что препятствовало распространению инфекций, в том числе МИ.

Анализ статистических данных показал, что в ДФО ситуация с полноценной диагностикой

сложная. В 2019 году в регионах ДФО выявлено всего 44 случая МИ, в том числе 42 случая ГФМИ. Показатель на 100 000 населения в ДФО составил 0,54, что меньше, чем средний по России (0,75 случая). В 2019 году ни одного случая МИ не было выявлено в Камчатском крае. В 2020 году из 22 случаев заболеваний в округе 11 было выявлено в Хабаровском крае, не было зарегистрировано заболеваний в Бурятии, Республике Саха, Магаданской области, Еврейской автономной области и в Чукотском АО. В 2021 году из 14 случаев наибольшее число случаев заболеваний было отмечено в Хабаровском крае, не было заболеваний в Магаданской области и в Еврейской автономной области. Насколько активна такая картина, сказать достаточно сложно.

Как уже отмечалось выше, при оценке эпидемиологической ситуации важным является показатель смертности. По итогам 2019 года смертность от МИ по РФ составила 0,09. В ДФО этот показатель составил 0,10 случаев на 100 тысяч населения, по детскому населению на 100 тысяч детей в возрасте 0-17 лет в ДФО был максимальный показатель среди всех

округов страны — 0,30 случаев. Общее количество официально зарегистрированных случаев смерти по причине заражения МИ в 2019 году в РФ составило 127 (в том числе 124 по причине ГФМИ). В ДФО в 2019 году — 8 случаев смерти от МИ, в том числе большинство из них у детей. По другим данным количество смертей в ДФО по причине МИ в 2019 году составило 21 случай, том числе 90,5% случаев смерти относились к младенцам до года [19]. Сравнительный анализ показал наличие значительного расхождения доступных статистических данных (табл. 3).



Рис. 1. Заболеваемость детей (0-14 лет) генерализованной формой менингококковой инфекцией на 100 000 населения [18]

Таблица 3. Показатели смертности от менингококковой инфекции

Показатели	Источник	Единицы измерения	РФ	ДФО
Смертность от МИ	РБРС РЭШ	случаев	135	21
Смертность от МИ	Форма №2	случаев	127	8
Заболеваемость МИ	Форма №2	случаев	1094	44
Результат расчёта показателя летальности				
Летальность по данным РБРС РЭШ	Заболеваемость по данным Формы №2	%	12,3	47,7
Летальность по данным отчетных форм РПН	Заболеваемость по данным Формы №2	%	11,6	18,2
Летальность по данным Государственного доклада РПН	[20]	%	21	-

Аналитические данные в проекте GBD представлены динамически, в 2019 году в проекте рассматривалось 369 заболеваний и состояний, 89 факторов риска.

Согласно данным проекта GBD, в метриках DALY потери России от МИ инфекции составили в 2019 году 54 279,9 лет. Экономический эквивалент этих потерь в метрике подушевого ВВП в 2019 году можно оценить в 40,5 млрд. руб. (ВВП на душу населения, 2019 г. в текущих ценах — 746 830,4 руб. [21]). Практически все потери обусловлены смертностью — доля потерь в метрике DALY из-за смерти по причине МИ составляет 88,35%. Остальные потери, оцененные в годах жизни, относятся к годам жизни в условиях болезни (недееспособности).

В ДФО доля детей среди заболевших МИ достигает 81,8%. Легко протекающие формы болез-

ни у взрослых в дальневосточных регионах регистрируются реже или иначе маркируются. Вполне возможно, что многие легко протекающие случаи заболевания МИ относят к другим нозологическим группам при установлении диагноза и при этом не проводится лабораторная верификация возбудителя. Кроме того, маленькая плотность населения в ДФО (1,17 человека на 1 кв. км против, например, 60,1 человек на 1 кв. км в ЦФО) может приводить к снижению доступности медицинской помощи, что тоже влияет на статистику.

Заболеваемость МИ в России, по оценкам проекта GBD, построена на основе модельных данных, отражающих общие тренды и экстраполяцию эпидемиологических данных по географически близким странам. Именно поэтому значения не могут отражать фактическую заболеваемость. Этим

может быть обусловлен тот факт, что показатели официальной статистики заболеваемости в России ниже данных GBD (табл. 4).

Численность детей 3-летнего возраста на начало 2020 года в округе составляла 113,1 тыс. человек, а к 2023 году численность трёхлетних детей может

составить 90,7 тыс. человек. В табл. 5 представлена структура заболеваемости МИ по детским возрастным группам, сложившаяся в 2019 году по РФ и в ДФО.

Модельный расчёт по Сценариям 0 и 1 и оценка результатов вакцинации приведены в табл. 6.

Таблица 4. Сравнение показателей заболеваемости менингококковой инфекцией по данным официальной статистики Роспотребнадзора и данным проекта GBD, 2019 г.

Источник — регион	Заболеваемость, всего населения на 100 000 человек	Заболеваемость детей до года на 100 000 детей этого возраста
Данные GBD для России	15,7	134,6
Статистика — РФ*	0,75	7,37
Статистика — ДФО*	0,54	9,97
Примечание: * [13]		

Таблица 5. Структура заболеваемости МИ по статистическим данным за 2019 г. (форма №2)

Возраст	Число случаев заболеваний МИ		Структура заболеваний МИ, %		Расчётное число заболеваний МИ в ДФО с учётом коэффициента недооценки (3,88)	Расчётная заболеваемость МИ в ДФО на 100 тыс. детей
	РФ	ДФО	РФ	ДФО		
до года	121	10	11,1	22,7	19	20,8
1-2 года	183	10	16,7	22,7	29	13,9-14,6
3-6 лет	182	10	16,6	22,7	28	6,0=6,2
7-14 лет	98	6	9,0	13,6	15	1,6-1,7
15+	510	8	46,6	18,2	80	
Итого	1094	44	100	100	171	

Таблица 6. Результаты моделирования (базовый вариант) для когорты в 100 000 детей 3-х лет с уровнем вакцинации 95%

Возраст	3 года	4 года	5 лет	6 лет	7 лет	8 лет	9 лет	10 лет	Сумма
Заболеваемость на 100 000 человек	6,27	6,00	5,94	6,00	1,61	1,69	1,79	1,76	-
Лет после вакцинации	1	2	3	4	5	6	7	8	-
Эффективность поствакцинального иммунитета	79%	69%	69%	61%	61%	61%	61%	61%	-
Сценарий 0									
Случаев заболеваний	6,27	6,00	5,94	6,00	1,61	1,69	1,79	1,76	31
Сценарий 1									
Случаев заболеваний среди не вакцинированных (5%)	0,31	0,30	0,30	0,30	0,08	0,08	0,09	0,09	1
Случаев заболеваний среди вакцинированных	1,25	1,77	1,75	2,22	0,60	0,63	0,66	0,65	10
Всего заболеваний	1,56	2,07	2,05	2,52	0,68	0,71	0,75	0,74	11
ИТОГО эпидемиологический эффект								20 случаев	

Сценарий 0 показал, что в первый год среди 3-летних детей может быть 6,27 случаев заболеваний, во второй — 6,0 случаев. По итогу за 8 лет (период действия вакцины) общее число случаев заболеваний МИ среди 100 000 невакцинированных детей может составить 31 случай. В сравнение с этим после вакцинации 95% детей из когорты в 100 000 человек вероятность заболеть МИ в течение 8 лет будет только у 10 детей среди 95 000 вакцинированных и 1 случай на 5 000 не вакцинированных. Сравнение двух сценариев показывает, что вакцинирование потенциально могло бы предотвратить 20 случаев заболеваний, что даёт ежегодное снижение заболеваемости в этой когорте в среднем на 62,2%.

Количество смертей для Сценария 0 может составить 4 случая, для Сценария 1 — лишь один случай смерти. Таким образом, вакцинирование потенциально могло бы предотвратить 3 смертельных случая, что соответствует снижению смертности на 75%. Моделирование последствий иммунизации против МИ показывает, что вакцинация не только снижает заболеваемость, но и сохраняет детские жизни.

В соответствии с данными GBD, общее число потерянных лет жизни (YLD) в России из-за заболевания МИ составило 6326 лет, а количество случаев заболеваний МИ составляло 23015, расчётная «цена» одного случая заболевания в метрике потерянных лет жизни составляет (показатель SYLD) $6326 \div 23015 = 0,27$ года. В качестве даты потенциальной смерти, которая возможна в интервале 3–10 лет, принята средневзвешенная по численности когорт точка периода, т. е. возраст 6 лет. При ожидаемой (в расчётах) продолжительности жизни в 80 лет показатель оставшихся лет жизни составит 74 года.

Исходя из того, что значение ВРП на душу населения в ДФО в 2020 году было равно 741 938,3 руб., с учётом ежегодной инфляции для условий 2023 го-да величина VSLY — стоимость года статистической жизни — составит 956 722 рублей.

В табл. 7 показан расчёт выгод вакцинирования от снижения числа случаев заболеваний в метриках YLD и в монетарном эквиваленте статистической стоимости лет жизни, которые могли быть проведены в состоянии болезни, но были предупреждены в результате вакцинирования.

Таблица 7. Расчёт экономических выгод от сокращения количества заболеваний в результате вакцинации против менингококковой инфекции выбранной когорты в 100 000 детей

Период после вакцинации	Оценка потерь в годах жизни при болезни на 1 случай МИ, SYLD	Всего случаев предотвращённых заболеваний, N	Количество лет, прожитых без болезни, предупреждённой вакциной, N*SYLD	Статистическая стоимость года жизни с 2023 г. с учётом инфляции, руб., VSLY	Стоимость лет, проведённых с болезнью, тыс. руб.
год 1 (2023)	0,27	5	1,37	956 722	1 314,84
год 2 (2024)	0,27	4	1,10	1 009 341	1 109,73
год 3 (2025)	0,27	4	1,10	1 052 743	1 157,45
год 4 (2026)	0,27	3	0,82	1 094 853	902,81
год 5 (2027)	0,27	1	0,27	1 138 647	312,97
год 6 (2028)	0,27	1	0,27	1 184 193	325,49
год 7 (2029)	0,27	1	0,27	1 231 560	338,51
год 8 (2030)	0,27	1	0,27	1 280 823	352,05
Итого за 8 лет		20	5,50		5 813,85

За 8 лет предупреждено 20 случаев заболеваний МИ, которые обеспечили 5,5 лет жизни без болезни. Монетарная оценка этого показателя в ДФО составила в целом 5 813,85 тыс. руб. Вторая составляющая выгод от вакцинирования — предотвращение смерти в детских возрастах — рассчитывалась как суммарная величина подушевых ВРП, согласно формуле (2), за 74 года жизни.

В табл. 8 приведены расчёты монетарного эквивалента статистической стоимости оставшихся лет

жизни в метрике душевого ВРП в зависимости от возраста вакцинации, года вакцинации и количества лет дожития. При вакцинировании в 2023 году детей 3-х лет с учётом 74 лет дожития стоимость жизни 1 человека может быть оценена в 455,0 млн рублей. Для условий 2024 года — стоимость одной жизни составит 473,3 млн. руб. С учётом вклада, потенциально получаемого из-за снижения заболеваемости, общая выгода от вакцинирования 100 000 детей в возрасте 3-х лет (при 95% уровне)

Таблица 8. Матрица для оценки стоимости человеческой жизни, на основе показателей ВРП на душу населения в ДФО, руб.

Годы дожития	Монетарный эквивалент стоимости жизни от возраста, который был в 2019–2025 до 80 лет, тыс. руб.							
Ожидаемая продолжительность жизни	Возраст	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Исходный 2023 г.	2024 г.	2025 г.
80	0	497 275,28	517 310,26	538 140,28	559 796,82	582 285,38	605 594,17	604 584,83
79	1	477 330,79	496 568,00	516 568,32	537 361,99	558 953,15	581 328,66	604 584,83
78	2	458 153,41	476 623,51	495 826,06	515 790,03	536 518,32	557 996,43	580 319,31
77	3	439 713,61	457 446,12	475 881,58	495 047,77	514 946,36	535 561,60	556 987,09
76	4	421 983,03	439 006,33	456 704,19	475 103,28	494 204,10	513 989,64	534 552,25
75	5	404 934,40	421 275,75	438 264,39	455 925,89	474 259,61	493 247,38	512 980,30
74	6	388 541,49	404 227,12	420 533,81	437 486,09	455 082,22	473 302,89	492 238,03
73	7	372 779,07	387 834,21	403 485,18	419 755,52	436 642,42	454 125,50	472 293,55

могла бы составить 1 371,06 млн. руб. Затраты на вакцинирование рассматриваемой когорты детей были оценены в 319,5 млн. руб. Следовательно превышение потенциальных выгод над затратами составит 4,3 раза.

Эти результаты могут служить доказательством потенциальной целесообразности включения в программы вакцинации от МИ детей в ДФО. Вложения в эти программы могли бы окупиться благодаря значимому эпидемиологическому, экономическому, а значит, социальному эффекту.

Для оценки чувствительности Модели было исследовано, как меняются экономические результаты при изменении отдельных входных параметров. В качестве переменных параметров были использованы: изменение целевой группы (снижение числа вакцинированных), коэффициент недооценки числа случаев заболеваний, структура заболеваемости, уровень летальности и уровень инфляции на ближайшие 74 года.

Если будет уменьшен процент вакцинированных с 95 до 80%, то меняются эпидемические данные: снижение заболеваемости составляет 54%, снижение смертности — 50%. В рамках этого варианта были исследованы ситуации при трёх разных уровнях летальности в 47,7% (факт по ДФО в 2019 г.), 21% (средние данные по РФ, 2019 г.) и 14,3% (показатель ДФО в 2021 г.). При этом монетарный выигрыш вакцинации сохраняется, что свидетельствует об устойчивости полученных результатов моделирования.

Следует отметить, что снижение заболеваемости с точки зрения экономической выгоды для системы здравоохранения может считаться дополнительным эффектом, который может оказать непосредственное влияние на величину прямых

медицинских затрат при лечении МИ. По данным литературных источников, стоимость оказания медицинской помощи одному больному с гипертоксической формой менингококковой инфекции составляет 450–500 тыс. рублей, при применении современных методов лечения приближается к 1 млн. рублей [22].

Выводы

Внедрение вакцинации от менингококковой инфекции в когорте 100 тыс. детей в возрасте 3-х лет в течение времени сохранения поствакцинального эффекта (8 лет) потенциально позволит сократить количество случаев заболевания на 64,5%, т.е. средний ежегодный темп снижения уровня заболеваемости составит 62,2%, а смертность снизится на 75%.

В течение 8 лет после вакцинации от менингококковой инфекции 100 тыс. детей в возрасте 3-х лет монетарный эквивалент общественных выгод от предотвращенных случаев заболевания составит 5,8 млн руб. Наибольший уровень общественной выгоды можно получить в каждой когорте из 100 тысяч детей 3-х лет уже на первом году после вакцинации (1,3 млн руб. в метрике душевого ВРП).

Основной социально-экономический эффект связан с сохранением детских жизней и трудового потенциала. Монетарный эквивалент общественных выгод от предотвращенных случаев смерти можно оценить в 1,3 млрд руб.

Однократные затраты на проведение вакцинации когорты детей в 100 000 человек при 95% уровне вакцинации и цене одной дозы вакцины в 3 363,69 руб. составят 319,5 млн. рублей. Сопоставление монетарного эквивалента общей

выгоды с затратами на закупку вакцин для проведения однократной вакцинации 100 тыс. детей в возрасте 3-х лет демонстрирует значительное преимущество от внедрения вакцинации — экономическая выгода в 4,3 раза превышает затраты на вакцинацию.

Анализ чувствительности разработанной модели продемонстрировал наибольшую чувствительность результатов к изменению исходных параметров — уровня летальности, уровня недооценки заболеваемости и коэффициента инфляции.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Конфликт интересов.

Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

Участие автора. Светличная С.В. — расчёты, анализ, написание статьи; Елагина Л.А. — расчёты; Попович Л.Д. — написание текста, редактирование статьи.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Автор, ответственный за переписку

e-mail: svetlichnayasv@gmail.com

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

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

e-mail: elaginaluba@gmail.com

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

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

e-mail: ldpopovich@hse.ru

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

РИНЦ AuthorID: 976203

Литература/References

1. van de Beek D, Brouwer MC, Koedel U, Wall EC. Community-acquired bacterial meningitis. *Lancet*. 2021 Sep 25;398(10306):1171-1183. doi: 10.1016/S0140-6736(21)00883-7. Epub 2021 Jul 22. PMID: 34303412.
2. Hasbun R. Progress and Challenges in Bacterial Meningitis: A Review. *JAMA*. 2022 Dec 6;328(21):2147-2154. doi: 10.1001/jama.2022.20521. Erratum in: *JAMA*. 2023 Feb 14;329(6):515. PMID: 36472590.
3. Christie D, Rashid H, El-Bashir H, Sweeney F, Shore T, Booy R, Viner RM. Impact of meningitis on

Ограничения исследования

В Модели не было учтено влияние вакцинации на носительство, хотя некоторые исследователи отмечают для отдельных серогрупп менингококка потенциальное снижение этого носительства в результате вакцинации на 36,2% [23]. Тем самым в определённых ситуациях можно было бы ожидать более значимого влияния вакцинации на улучшение эпидемиологических показателей. С учётом этого факта, представляется, что полученные результаты консервативны.

ADDITIONAL INFORMATION

Conflict of interests.

The authors declare no conflict of interest.

Participation of author. Svetlichnaya SV — calculations, analysis, writing an article; Elagina LA — calculations; Popovich LD — writing the text, editing the article.

ABOUT THE AUTHORS

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

Corresponding author

e-mail: svetlichnayasv@gmail.com

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

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

e-mail: elaginaluba@gmail.com

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

Popovich Larissa D. — 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

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

RSCI AuthorID: 976203

intelligence and development: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017 Aug 24;12(8): e0175024. doi: 10.1371/journal.pone.0175024. PMID: 28837564; PMCID: PMC5570486.

4. The Lancet. A new roadmap for meningitis. *Lancet*. 2020 Apr 18;395(10232):1230. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30865-5. PMID: 32305081.
5. Попович Л. Д., Вахрушева Д. А., Светличная С. В. Ожидаемый экономический эффект от включения вакцинопрофилактики менингококковой инфекции у детей первого года жизни

- в национальный календарь профилактических прививок. *Качественная клиническая практика*. 2022;(2):4-12. <https://doi.org/10.37489/2588-0519-2022-2-4-12>.
6. Исследования реальной клинической практики / А. С. Колбин, Д. Ю. Белоусов, С. К. Зырянов, В. В. Омеляновский, Д. А. Сычёв, А. Л. Хохлов, С. Л. Плавинский, Б. К. Романов, М. В. Журавлёва, Е. В. Вербицкая, Е. А. Вольская, Д. А. Рождественский, С. В. Глаголев, М. Ю. Фролов, А. В. Рудакова, А. В. Павлыш, Ю. Е. Балыкина, А. А. Курылёв, А. В. Иванов, Д. С. Козлов, С. Б. Васильченко, Т. И. Галимов, О. А. Логиновская, С. А. Мишинова, Т. А. Гольдина, В. А. Булатов, Е. В. Лаврентьева, В. В. Горин, Л. А. Худова, В. В. Секачёв, И. В. Ефименко, Л. И. Карпенко, А. А. Поликарпова — М. : Издательство ОКИ : Буки Веди, 2020. — 208 с. : ил. ISBN 978-5-4465-2902-5.
7. Территории опережающего социально-экономического развития в ДФО — Правительство России. Постановления Правительства Российской Федерации №№64-67 от 23.01.2023 government.ru/news/47602, дата обращения 30.11.2022.
8. Брико Н. И., Попович Л. Д., Миндлина А. Я. и др. Сравнительная оценка предотвращаемого социально-экономического ущерба при различных подходах к профилактике вакциноуправляемых инфекций в рамках Национального календаря профилактических прививок. *Эпидемиология и Вакцинопрофилактика*. 2020;19(1):4-13. doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-1-4-13.
9. Брико Н. И., Волкова О. И., Королева И. С. и др. 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. doi: 10.31631/2073-3046-2020-19-5-84-92.
10. Cohn AC, MacNeil JR, Harrison LH, Lynfield R, Reingold A, Schaffner W, Zell ER, Plikaytis B, Wang X, Messonnier NE; Active Bacterial Core Surveillance (ABCs) Team and MeningNet Surveillance Partners. Effectiveness and Duration of Protection of One Dose of a Meningococcal Conjugate Vaccine. *Pediatrics*. 2017 Feb;139(2):e20162193. doi: 10.1542/peds.2016-2193. PMID: 28100689; PMCID: PMC8353579.
11. Wang B, Santoreneos R, Giles L, Haji Ali Afzali H, Marshall H. Case fatality rates of invasive meningococcal disease by serogroup and age: A systematic review and meta-analysis. *Vaccine*. 2019 May 9;37(21):2768-2782. doi: 10.1016/j.vaccine.2019.04.020. Epub 2019 Apr 13. PMID: 30987851.
12. Росстат России. Численность населения по полу и возрасту по субъектам РФ на 01.01.2020г. https://gks.ru/bgd/regl/b20_111/Main.htm, обращение к ресурсу 30.11.2022.
13. Статистическая форма №2, утверждена приказом Росстата № 792 от 29.12.2018г.
14. IHME. GBD Results. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>, дата обращения 23.08.2022.
15. Watts E, Sim SY, Constenla D at al. Economic benefits of immunization for 10 pathogens in 94 low- and middle-income countries from 2011 to 2030 using cost-of-illness and value-of-statistical-life approaches. *Value Health*. 2021;24(1):78-85. doi: 10.1016/j.jval.2020.07.009.
16. Федеральное казначейство России <http://roskazna.gov.ru>, обращение к ресурсу 21.11.2022.
17. ВРП регионов России. <http://rosinfostat.ru>, обращение к ресурсу 21.11.2022.
18. Электронная система Мониторинг, раздел Здоровье, база данных по инфекционным заболеваниям. <https://www.iminf.ru/areas-of-analysis/health/perechen-zabolevanij/sravnenie?territory=45000000>, обращение к ресурсу 21.11.2022.
19. Российская база данных по рождаемости и смертности. Центр демографических исследований Российской экономической школы, Москва (Россия). База данных доступна по адресу http://demogr.nes.ru/index.php/ru/demogr_indicat/data, обращение к ресурсу 20.08.2022.
20. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году». https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=21796, обращение к ресурсу 11.11.2022
21. <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts>, обращение к ресурсу 23.08.2022г
22. Фельдблюм И. В., Новгородова С. Д., Гореликова Е. В. Эпидемиология и новые возможности специфической профилактики менингококковой инфекции в условиях реального времени. *Инфекционные болезни органов дыхания*. 2018, Спецвыпуск № 6:24-27.
23. Read RC, Baxter D, Chadwick DR, Faust SN, Finn A, Gordon SB, Heath PT, Lewis DJ, Pollard AJ, Turner DP, Bazaz R, Ganguli A, Have-lock T, Neal KR, Okike IO, Morales-Aza B, Patel K, Snape MD, Williams J, Gilchrist S, Gray SJ, Maiden MC, Toneatto D, Wang H, McCarthy M, Dull PM, Borrow R. Effect of a quadrivalent meningococcal ACWY glycoconjugate or a serogroup B meningococcal vaccine on meningococcal carriage: an observer-blind, phase 3 randomised clinical trial. *Lancet*. 2014 Dec 13;384(9960):2123-31. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60842-4. Epub 2014 Aug 18. PMID: 25145775. 