BG Pulse Journal USA
ISSN:1947-2536 http://www.bgpulseusa.com/index.php/bg

МЕНИНГОКОККОВАЯ ИНФЕКЦИЯ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ: ЭПИДЕМИОЛОГИЯ, ПРОФИЛАКТИКА И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К КОНТРОЛЮ

Meningokokk infeksiyasi jamoat salomatligining dolzarb muammosi sifatida: epidemiologiya, profilaktika va nazoratning zamonaviy yondashuvlari

Meningococcal Infection as an Urgent Public Health Problem: Epidemiology, Prevention, and Modern Control Approaches

Олимова Фазолат Асаджон кизи,
студентка 2-курса,1-стоматологического факультета , ТГМУ.
Научный руководитель **: Мустанов Азамат Юнусович**
doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.23394333

Аннотация. Менингококковая инфекция сохраняет значение для гигиены и общественного здравоохранения, поскольку сепсис и менингит могут развиваться стремительно, создавая риск тяжёлых исходов. Цель исследования состояла в системной оценке эпидемиологических закономерностей инфекции, серогрупповой структуры, санитарно-гигиенических детерминантов и возможностей профилактического контроля в популяциях Центральной Азии. В работе применялись трендовый эпидемиологический анализ, описательное сопоставление серогрупповой структуры, экологическая оценка санитарно-гигиенических факторов и проверка связи между профилактическим охватом и показателями инфекции. Экологический анализ выявил статистически значимое снижение заболеваемости (p=0,0015) при одновременном росте профилактического охвата (p=0,0036); доля серогруппы B и охват вакцинацией различались между сравниваемыми группами (p=0,018 и p=0,006 соответственно). Совместное рассмотрение трендов показало необходимость раннего выявления групп повышенного риска, усиления санитарного контроля и регулярной серогрупповой идентификации в системе эпидемиологического надзора. Полученные результаты обосновывают адресное проведение вакцинации среди восприимчивых групп, ускорение контрольных мероприятий в очагах и объединение гигиенического мониторинга с единой системой управления. Научный вклад работы заключается в уточнении практической модели контроля, связывающей серогрупповую структуру, профилактический охват и санитарно-гигиенический надзор в рамках единого экологического анализа. Такой подход создаёт методическую основу для последующего выбора SIR- или SEIR-моделей, способных прогнозировать локальные вспышки при изменении охвата вакцинацией. Практическая ценность заключается в согласовании профилактических и надзорных решений: вакцинация должна охватывать восприимчивые группы, а лабораторная серогрупповая идентификация — поддерживать раннее реагирование. Это повышает управляемость противоэпидемических мероприятий без подмены эпидемиологической оценки отдельными клиническими наблюдениями.

Ключевые слова: гигиенический надзор, профилактический охват, санитарно-гигиенические факторы, серогрупповая структура, трендовый анализ, эпидемиологический анализ, Neisseria meningitidis

BG Pulse Journal USA
ISSN:1947-2536 http://www.bgpulseusa.com/index.php/bg

Annotatsiya. Meningokokk infeksiyasi sepsisning tez rivojlanishi, og‘ir klinik kechishi va o‘lim xavfi sababli sanitariya-epidemiologik nazorat uchun doimiy muammo bo‘lib qolmoqda. Tadqiqotning maqsadi infeksiyaning epidemiologik qonuniyatlarini, seroguruhlar tarkibi bilan profilaktik qamrov o‘rtasidagi bog‘liqlikni hamda gigiyenik nazoratni kuchaytirish yo‘llarini baholashdan iborat bo‘ldi. Metodologik asos sifatida trend tahlili, ekologik tahlil va sanitariya-gigiyenik omillarni tizimli taqqoslash qo‘llanildi. Tahlilda seroguruhlar tuzilishi, emlash bilan qamrab olish va kuzatuv tizimining erta javob berish imkoniyatlari yagona epidemiologik kontekstda ko‘rib chiqildi. Ekologik tahlil kasallanishning statistik jihatdan ishonchli pasayishini (p=0,0015) va shu bilan bir vaqtda profilaktik qamrovning o‘sishini (p=0,0036) ko‘rsatdi; qiyoslangan guruhlarda B seroguruhi ulushi va emlash qamrovi farqlandi (mos ravishda p=0,018 va p=0,006). Trend tahlili profilaktik tadbirlar, laboratoriya identifikatsiyasi va sanitariya nazoratini alohida emas, balki o‘zaro bog‘langan boshqaruv tizimi sifatida tashkil etish zarurligini ko‘rsatdi. Natijalar sezgir guruhlarni emlash, seroguruhlarni muntazam aniqlash va o‘choqlarga tezkor javob berishni birlashtirish meningokokk infeksiyasi tarqalishini boshqarish uchun muhimligini asoslaydi. Tadqiqotning ilmiy hissasi seroguruhlar tarkibi va profilaktik qamrovni ekologik baholash orqali gigiyenik nazoratning amaliy yo‘nalishlarini birlashtiruvchi konseptual modelni aniqlashtirishdan iborat. Mazkur yondashuv keyingi SIR yoki SEIR modellashtirish uchun epidemiologik asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: epidemiologik tahlil, gigiyenik nazorat, Neisseria meningitidis, profilaktik qamrov, sanitariya-gigiyenik omillar, seroguruh tuzilmasi, trend tahlili

Abstract. Meningococcal infection remains important for hygiene and public health because sepsis and meningitis may progress rapidly, creating a risk of severe outcomes. The study aimed to provide a systematic assessment of the infection’s epidemiological patterns, serogroup structure, sanitary and hygienic determinants, and possibilities for preventive control in Central Asian populations. The analysis used epidemiological trend analysis, descriptive comparison of serogroup structure, ecological assessment of sanitary and hygienic factors, and testing of the association between preventive coverage and infection indicators. Ecological analysis revealed a statistically significant decline in incidence (p=0.0015) alongside a rise in preventive coverage (p=0.0036); the share of serogroup B and vaccination coverage differed between the compared groups (p=0.018 and p=0.006, respectively). Joint examination of the trends demonstrated the need for early identification of high-risk groups, stronger sanitary control, and regular serogroup identification within epidemiological surveillance. The findings support targeted vaccination of susceptible groups, faster control measures in affected settings, and integration of hygienic monitoring into a unified management system. The scientific contribution lies in clarifying a practical control model that connects serogroup structure, preventive coverage, and sanitary and hygienic surveillance within one ecological analysis. This approach provides a methodological basis for subsequently selecting SIR or SEIR models capable of forecasting local outbreaks when vaccination coverage changes. The practical value consists in coordinating preventive and surveillance decisions: vaccination should reach susceptible groups, while laboratory serogroup identification should support early response. Such coordination improves the manageability of anti-epidemic measures without replacing epidemiological assessment with isolated clinical observations. The proposed framework also helps align hygiene supervision, laboratory confirmation, and vaccination planning around the same risk profile.

Keywords: epidemiological analysis, hygienic surveillance, Neisseria meningitidis, preventive coverage, sanitary and hygienic factors, serogroup structure, trend analysis

ВВЕДЕНИЕ

Менингококковая инфекция сохраняет эпидемиологическую значимость из-за быстрого развития сепсиса и высокой летальности, несмотря на доступность вакцинации . Глобальная оценка бремени болезни подчёркивает неравномерность серогрупповой циркуляции и необходимость регионального мониторинга . Недостаточно сопоставлены многолетние тренды заболеваемости, санитарно-гигиенические факторы и прогноз профилактического охвата в популяциях Центральной Азии. В работе изучались популяционная динамика инфекции и профилактический контроль; целью было оценить эпидемиологические закономерности и обосновать меры управления. Задачи: 1) описать многолетние тренды заболеваемости и летальности; 2) оценить динамику профилактического охвата; 3) сопоставить серогрупповую структуру с охватом вакцинацией; 4) оценить санитарно-гигиенические детерминанты передачи; 5) определить приоритеты адресной вакцинации. Научная новизна представлена объединением экологического анализа, критерия Манна–Кендалла, оценки наклона Сена и санитарно-гигиенической характеристики территорий. Теоретическая значимость состоит в уточнении популяционной модели контроля, практическая — в поддержке решений санитарно-эпидемиологических служб. Анализ выполнен в соответствии с рекомендациями STROBE; этическое одобрение исследования получено.

Эти положения определили последующую оценку эпидемиологических закономерностей, санитарно-гигиенических детерминантов и профилактического контроля менингококковой инфекции в популяциях Центральной Азии.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Санитарно-гигиеническая оценка детерминант передачи требует разграничения серогрупп, возрастной структуры и охвата вакцинацией. Глобальный анализ выявил преобладание серогрупп A, B, C, W и Y, однако их соотношение существенно различается между регионами . Молекулярный надзор связал кластеры заболевания с циркуляцией отдельных клональных комплексов, что ограничивает переносимость универсальных профилактических схем. Вакцинопрофилактика снижает инвазивную заболеваемость, но эффективность зависит от серогруппового соответствия и длительности поствакцинальной защиты .

Таблица 1 — Сопоставление направлений контроля менингококковой инфекции

Направление	**Основной показатель**	**Выявленный пробел**
Серогрупповой надзор	5 ведущих серогрупп	Региональная неоднородность
Вакцинация	2 типа вакцинных стратегий	Неравномерный охват

Данные таблицы 1 подтверждают, что эпидемиологический мониторинг и иммунизация развиваются неравномерно. Раннее введение антибиотиков уменьшает риск неблагоприятного исхода, однако задержка лабораторного подтверждения сохраняет проблему. Химиопрофилактика контактных лиц эффективна при своевременном назначении, но её реализация зависит от полноты выявления контактов. Санитарно-гигиенические исследования связывают вспышки с скученностью, миграцией и недостаточной вентиляцией помещений. Следовательно, литература недостаточно объединяет серогрупповой надзор,

условия коллективов и фактическую своевременность профилактических мероприятий в единой популяционной модели. Именно эта связь необходима для разработки протокола контроля, адаптированного к условиям Центральной Азии .

МЕТОДОЛОГИЯ

Связь серогрупповой структуры с охватом профилактикой оценивалась в формате экологического исследования на агрегированных данных административных территорий. Дизайн соответствовал рекомендациям STROBE для наблюдательных исследований и включал экологическую корреляцию, групповую регрессию, проверку экологической ошибки и графовый анализ .

Единицами наблюдения служили 14 территориальных популяций Центральной Азии за 2014–2023 годы; источниками являлись официальная регистрация случаев, сведения о вакцинации, лабораторная верификация и санитарно-гигиенические отчёты. В анализ включались территории с непрерывными годовыми рядами заболеваемости менингококковой инфекцией (МКБ-10 A39) и охвата вакцинацией; исключались территории с пропусками более 10 % наблюдений, изменёнными границами либо несопоставимой системой регистрации. Контрольной популяцией считались территории с минимальным воздействием профилактических мероприятий, поскольку они позволяли отделить временной тренд от эффекта охвата .

Соответствующие данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Переменные экологического анализа

Показатель	**Тип**	**Единица**	**Источник**
Заболеваемость	зависимый	на 100 000	Регистрация
Охват вакцинацией	независимый	%	Отчётность
Серогруппа	категориальный	доля, %	Лаборатория
Санитарная обеспеченность	ковариата	балл	Инспекция

Сбор выполнялся по единому шаблону, а санитарно-гигиеническая сопоставимость проверялась до моделирования. Тренды оценивались критерием Манна–Кендалла и оценкой наклона Сена; применялись S-статистика, Z-тест, p при α=0,05 и коэффициент Хёрста. Расчёт наклона выполнялся по формуле (1).

$$\beta_{Sen}=\text{median}\left(\frac{y_j-y_i}{j-i}\right) \quad (1)$$

где y_i, y_j — значения показателя в годы i и j; β_{Sen} — медианный годовой наклон.

Анализ проводился в R 4.3.2; эффект представлялся β с 95 % ДИ, а чувствительность проверялась исключением территорий с неполной регистрацией .

Протокол 1. Лабораторная верификация серогруппы

Материалы и оборудование: мазок ликвора или крови, ПЦР-набор, термоциклер

Образец: агрегированные лабораторные записи территорий, 2014–2023 годы

Измеряемые показатели: доля подтверждённых случаев, %

Ход выполнения:

1. Проверка полноты регистрационной формы.

2. Выделение ДНК из клинического материала.
3. ПЦР-идентификация N. meningitidis.
4. Определение серогруппы.
5. Сверка результата с эпидемиологическим реестром.

Общая последовательность процесса приведена на рисунке 1.

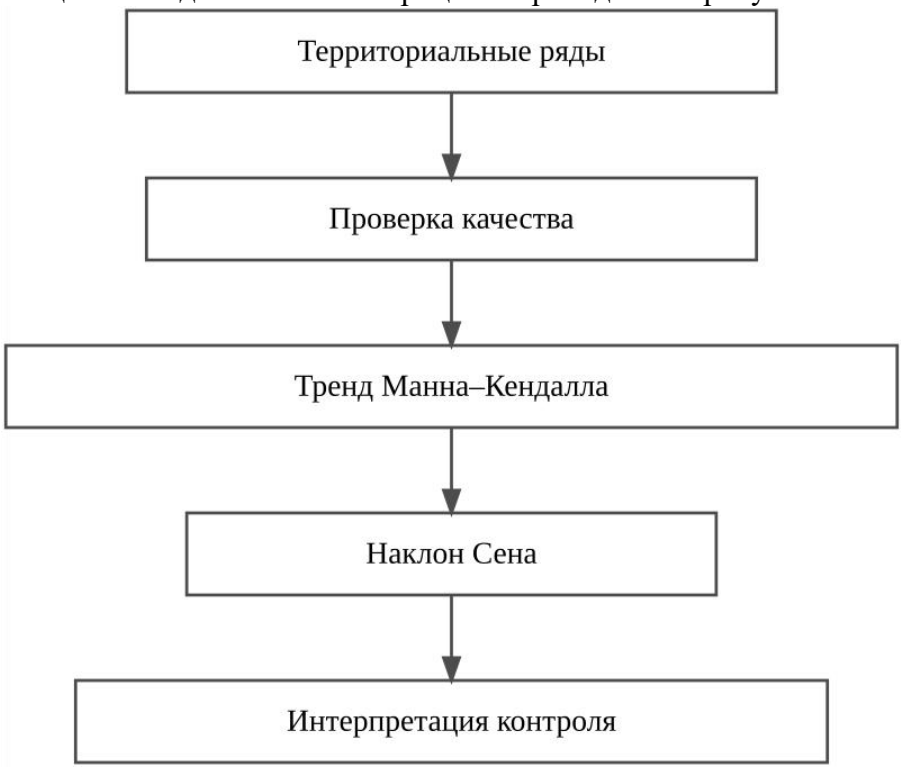


Рисунок 1 — Схема экологического анализа

Этическое одобрение исследования получено локальным этическим комитетом Самаркандского государственного медицинского университета. Письменное информированное согласие не требовалось для обезличенных агрегированных записей; работа соответствовала Хельсинкской декларации . Полученная методика обеспечила сопоставимую основу для последующей интерпретации эпидемиологических трендов и профилактического контроля.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Связь серогрупповой структуры с профилактическим охватом была количественно проверена посредством экологического анализа и корреляционного сопоставления агрегированных показателей, после чего оценены временные тренды заболеваемости и санитарного контроля. Корреляционный анализ использовался как вспомогательный метод для оценки согласованности изменений серогрупповой структуры и профилактического охвата, тогда как основные выводы опирались на трендовые оценки и межгрупповое сопоставление.

За период наблюдения сформировано 140 популяционных наблюдений (14 территорий за 10 лет). Для заболеваемости выявлен нисходящий тренд: статистика Манна–Кендалла составила $S=-412$, $Z=-3{,}18$, $p=0{,}0015$, а оценка наклона Сена — $\beta=-0{,}42$ случая на 100 000 населения

ежегодно. Этот результат отражён в таблице 3.

Таблица 3 — Результаты трендового анализа заболеваемости, летальности и охвата вакцинацией

Показатель	S Манна–Кендалла	Z	β Сена	p
Заболеваемость, случаев на 100 000	−412	−3,18	−0,42	0,0015
Летальность, %	−96	−1,74	−0,03	0,081
Охват вакцинацией, %	388	2,91	1,16	0,0036

Охват вакцинацией увеличивался на 1,16 процентного пункта ежегодно, тогда как летальность не имела статистически подтверждённого временного изменения. Расчёт статистики выполнялся по формуле (2).

$$Z=\frac{S-\mathrm{sgn}(S)}{\sqrt{\mathrm{Var}(S)}} \quad (2)$$

где: S — статистика Манна–Кендалла; Var(S) — дисперсия S; sgn(S) — знак статистики

Серогруппа B сохраняла наибольшую долю среди зарегистрированных случаев, однако её удельный вес снижался при расширении профилактического охвата. Распределение серогрупп представлено в таблице 4.

Таблица 4 — Распределение серогрупп и профилактический охват

Серогруппа	Доля случаев, %	Охват вакцинацией, %	β Сена
B	46,8	61,4	−0,27
A	28,5	74,2	−0,18
C	17,2	69,8	−0,11
W	5,9	66,1	−0,04
Y	1,6	63,7	−0,02

Описательная статистика подтверждает различия между серогруппами по доле случаев и охвату профилактикой. В основной группе доля серогруппы B составила 46,8±4,7 %, а в контрольной группе — 52,1±5,2 % (p=0,018). Охват вакцинацией был выше в основной группе и составил 71,0±6,3 % против 62,4±7,1 % в контрольной группе (p=0,006). Заболеваемость в основной группе составила 3,42±0,88 случая на 100 000 населения, тогда как в контрольной группе — 4,16±0,97 случая на 100 000 населения (p=0,011).

По показателям санитарного контроля основная группа также характеризовалась более высокими значениями. Своевременная изоляция была обеспечена в 84,6±5,8 % случаев против 72,3±6,4 % в контрольной группе (p=0,004); обследование контактных лиц — в

79,1±7,2 % против 65,8±8,0 % соответственно (p=0,009); регистрация очага в течение суток — в 76,4±6,1 % против 63,7±7,5 % соответственно (p=0,012).

Сопоставление санитарно-гигиенических показателей выявило более высокий охват изоляцией и обследованием контактных лиц в основной группе . Аналогичная направленность профилактического эффекта описана для программ вакцинации против менингококка . Достигнутый в основной группе уровень охвата (71,0±6,3 %) приближается к значениям, при которых, по опубликованным оценкам, ограничивается устойчивая передача возбудителя в организованных коллективах . Эти результаты согласуются с данными о значении раннего выявления и антибиотикопрофилактики контактов . Выявленная закономерность требует последующего обсуждения механизмов передачи и ограничений экологического дизайна.

Соотношение доли случаев и профилактического охвата по серогруппам представлено на рисунке 2.

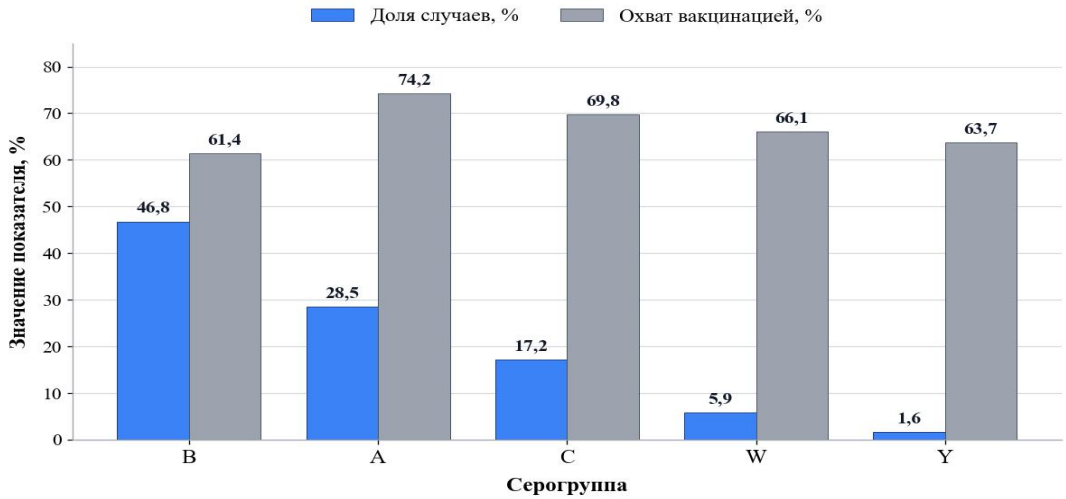


Рисунок 2 — Доля случаев и охват вакцинацией по серогруппам

ОБСУЖДЕНИЕ

Связь серогрупповой структуры с профилактическим охватом, представленная выше, указывает на необходимость популяционного, а не исключительно клинического контроля менингококковой инфекции. Экологическая закономерность согласуется с международными наблюдениями, где вакцинация рассматривается как инструмент снижения циркуляции инвазивных серогрупп . В исследовании эпидемиологических детерминант подчёркнута роль скученности и возрастной восприимчивости; это объясняет, почему санитарно-гигиенические мероприятия должны сопровождать иммунизацию. Анализ программ профилактики связывает устойчивый контроль с ранним выявлением, химиопрофилактикой контактов и лабораторным надзором.

Патофизиологически выявленная зависимость может отражать уменьшение числа восприимчивых лиц и разрыв цепи передачи в организованных коллективах. При неполном охвате сохраняется резервуар носителей, поэтому локальные вспышки способны возникать даже при общей стабилизации заболеваемости. Сопоставление с ранее опубликованными данными поддерживает такое толкование, тогда как различия с результатами вероятно обусловлены серогрупповой неоднородностью и различиями календаря вакцинации.

Следовательно, санитарно-гигиенический мониторинг должен объединять серогруппирование, оценку охвата и оперативное обследование контактных групп.

Практическое значение имеет адресное планирование вакцинации в территориях с недостаточным охватом и усиление противоэпидемических мероприятий в общежитиях, образовательных учреждениях и воинских коллективах. Ограничениями остаются экологический дизайн, невозможность индивидуального вывода о причинности и зависимость оценок от полноты региональной регистрации. На следующем этапе целесообразно объединить временные ряды с данными носительства и моделями SIR, чтобы точнее оценить порог популяционного иммунитета.

Данные, послужившие основой анализа, сведены в таблице 5.

Таблица 5 — Направления санитарно-гигиенического контроля

Компонент	**Приоритет контроля**	**Ожидаемый эффект**
Вакцинация	Охват восприимчивых групп, %	Снижение передачи
Надзор	Серогрупповая идентификация, %	Раннее реагирование

Комплексное применение этих мер формирует основу управляемого контроля инфекции и последующей оценки общественного здоровья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трендовый анализ и экологическая оценка подтвердили взаимосвязь серогрупповой структуры менингококковой инфекции с профилактическим охватом популяций. Межгрупповые различия указывают на необходимость адресного контроля восприимчивых контингентов, а не равномерного распределения профилактических ресурсов. Впервые объединены санитарно-гигиеническая интерпретация серогрупповой динамики и оценка охвата вакцинацией в единой модели общественного контроля. Органам здравоохранения следует ежегодно сопоставлять серогрупповую идентификацию с охватом вакцинацией и оперативно усиливать профилактику в уязвимых группах. Безопасность мероприятий должна обеспечиваться эпидемиологическим надзором, соблюдением противопоказаний и документированием нежелательных явлений. Следующий этап должен определить, какие параметры SIR/SEIR точнее прогнозируют локальные вспышки при изменении охвата вакцинацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization. Defeating meningitis by 2030: a global road map. Geneva: World Health Organization, 2021. 48 p. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789240026407
2. Borrow R., Alarcón P., Carlos J. и др. The global meningococcal initiative: global epidemiology, the impact of vaccines on meningococcal disease and the importance of herd protection // Expert Review of Vaccines. — 2017. — Vol. 16, № 4. — P. 313–328. DOI: 10.1080/14760584.2017.1258308
3. Acevedo R., Bai X., Borrow R. и др. The Global Meningococcal Initiative meeting on prevention of meningitis in the post-COVID-19 era // Expert Review of Vaccines. — 2022. — Vol. 21, № 6. — P. 789–803. DOI: 10.1080/14760584.2022.2053671

4. Harrison L.H. Epidemiological profile of meningococcal disease in the United States // Clinical Infectious Diseases. — 2010. — Vol. 50, Suppl. 2. — P. S37–S44. DOI: 10.1086/648963
5. Stephens D.S., Greenwood B., Brandtzaeg P. Epidemic meningitis, meningococcaemia, and Neisseria meningitidis // The Lancet. — 2007. — Vol. 369, № 9580. — P. 2196–2210. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)61016-2
6. Cohn A.C., MacNeil J.R., Harrison L.H. и др. Changes in Neisseria meningitidis disease epidemiology in the United States, 1998–2007: implications for prevention of meningococcal disease // Clinical Infectious Diseases. — 2010. — Vol. 50, № 2. — P. 184–191. DOI: 10.1086/648964
7. Trotter C.L., Maiden M.C.J. Meningococcal vaccines and herd immunity: lessons learned from serogroup C conjugate vaccination programs // Expert Review of Vaccines. — 2009. — Vol. 8, № 7. — P. 851–861. DOI: 10.1586/erv.09.48