

Пневмококковые инфекции у детей и прогнозирование случаев заболевания

Соколова М. В.¹, Босяков С. М.², Романова О. Н.³, Ханенко О. Н.⁴

¹Учреждение здравоохранения «Городская детская инфекционная клиническая больница», г. Минск, Республика Беларусь;

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь;

³Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь;

⁴Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования, г. Минск, Республика Беларусь»

Реферат. Проведено количественное прогнозирование случаев заболевания детей неинвазивными формами пневмококковой инфекции в различных возрастных группах (до 1 года, от 1 года до 3 лет и от 3 до 7 лет) с применением математической модели временных рядов. Установлено, что сумма прогнозируемого количества заболевших детей для всех возрастных групп не совпадает с прогнозируемым количеством заболевших детей до 7 лет. Это указывает на то, что прогнозирование количества детей, заболевших неинвазивными формами пневмококковой инфекцией, целесообразно проводить отдельно для каждой возрастной группы. Использование эффективных регрессионных моделей позволяет учесть взаимосвязь со временем количества заболевших неинвазивными формами пневмококковой инфекцией детей различных возрастных групп.

Ключевые слова: пневмококковая инфекция у детей, неинвазивные формы заболевания, прогнозирование заболеваемости, модель временных рядов.

Введение. Заболевания пневмококковой этиологии являются актуальной проблемой практического здравоохранения и, по данным экспертов ВОЗ, представляют серьезную медико-социальную

проблему для многих стран мира, несмотря на современные достижения в области профилактики. При этом наиболее распространенными клиническими проявлениями заболеваний пневмококковой этиологии в педиатрии являются неинвазивные или мукозальные формы, сопровождающиеся острыми инфекционно-воспалительными процессами в различных органах, вызывая отит, синусит, бронхит и др. [1].

Ключевым направлением при проведении эпидемиологического слежения за инфекционными заболеваниями, в том числе различными клиническими формами пневмококковой инфекции, является прогнозирование их распространения. Как известно, прогнозирование эпидемиологической ситуации может выполняться для различных сроков и в зависимости от них служат разным целям. Так, например, краткосрочный прогноз на несколько недель вперед применяется в оперативном управлении и при выявлении эпидемических вспышек заболеваемости. Наиболее полезным можно считать среднесрочный прогноз сроком от двух месяцев до полугода, используемый в тактическом управлении. Конечно, он менее точен, нежели краткосрочный, но оставляет достаточно времени для подготовки к возможным чрезвычайным ситуациям и проведения превентивных мероприятий. При принятии стратегических решений не обойтись без долгосрочных прогнозов на год вперед и более. Практическая ценность адекватных долгосрочных прогнозов может заключаться в применении полученных результатов, например, для обеспечения необходимых объемов лекарственных препаратов и вакцин, оснащении медицинских учреждений и подготовке персонала [2].

Цель работы — проведение количественного прогнозирования случаев заболевания детей различных возрастных групп (до 1 года, от 1 года до 3 лет и от 3 до 7 лет) неинвазивными нозологическими формами пневмококковой инфекции на основании модели временных рядов.

Материалы и методы. Работа выполнена в рамках задания 1.8.01.1 «Разработать математические модели и методы решения новых классов краевых задач механики сплошных сред применительно к актуальным современным проблемам науки и техники» Государственной программы научных исследований «Конвергенция».

База данных, включающая клинико-эпидемиологическую информацию о 435 пациентах с неинвазивными формами пневмококковой инфекции трех возрастных групп (до 1 года, от 1 года до 3 лет и от 3 до 7 лет) и госпитализированных в течение трех лет с 2016 по 2018 г. в Городскую детскую инфекционную клиническую больницу г. Минска, подготовлена сотрудниками кафедры эпидемиологии и микробиологии государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования». В качестве неинвазивных форм пневмококковой инфекции рассматривались отит, синусит, бронхит, внебольничная пневмония, ринит, конъюнктивит, ринофарингит, фарингит, назофарингит, фаринготрахеит, риноаденоидит, гастроэнтерит, ринофаринготонзиллит, ринофарингоаденоидит, ларинготрахеит, трахеобронхит, риноаденоидит, бронхиолит.

Для оценки структуры изучаемых явлений рассчитывали относительные показатели (p) со статистическими ошибками (Sp). Различия между сравниваемыми относительными величинами определяли по значению t -критерия Стьюдента и уровню значимости (P), сравнивая его с критической величиной для соответствующего объема выборки.

Построение временных рядов выполнено на основании информационного критерия Акаике (AIC-критерия). Количественное прогнозирование событий по заболеванию детей неинвазивными формами пневмококковых инфекций в различных возрастных группах осуществлялось на основании модели временных рядов, в которой значения временного ряда в данный момент линейно зависят от предыдущих значений этого же ряда (аторегрессионный AR-процесс). Максимальное и минимальное прогнозируемые количества заболевших детей определены на основании среднего значения и среднеквадратичного отклонения [3, 4].

Результаты и их обсуждение. Под наблюдением в течение трех лет с 2016 по 2018 г. находилось 435 детей в возрасте до 7 лет с различными неинвазивными формами пневмококковой инфекции. Самой многочисленной (220 человек из 435 или $50,6 \pm 2,4$ %), а стало быть, и наиболее уязвимой группой, являются дети от 1 года до 3 лет. При этом на долю детей в возрасте до 3 лет пришлось более 2/3 пациентов (354 человека или $81,4 \pm 1,9$ %) (таблица 1).

Для количественного прогнозирования случаев заболевания детей различных возрастных групп неинвазивными нозологическими формами пневмококковой инфекции использовались интервальные временные ряды, которые в нашем случае можно считать равноотстоящими и полными, поскольку включают данные о количестве заболевших детей за месяц, получены на протяжении трех лет наблюдения.

Таблица 1 — Возрастная структура детей в возрасте до 7 лет, находившихся на стационарном лечении по поводу неинвазивной формы пневмококковой инфекции

Возрастная группа	Количество пациентов по годам наблюдения					
	2016		2017		2018	
	абс.	$p \pm Sp$	абс.	$p \pm Sp$	абс.	$p \pm Sp$
До 1 года	42	$28,8 \pm 3,7$	45	$25,6 \pm 3,3$	47	$41,6 \pm 4,6$
От 1 года до 3 лет	83	$56,8 \pm 4,1$	92	$52,3 \pm 3,8$	45	$39,8 \pm 4,6$
От 3 лет до 7 лет	21	$14,4 \pm 2,9$	39	$22,2 \pm 3,1$	21	$18,6 \pm 3,7$
Все наблюдаемые дети до 7 лет	146		176		113	

Построенные временные ряды отражают: изменение количества заболевших детей в разрезе отдельно выделенных трех возрастных групп, а также всех пациентов до 7 лет включительно; зависимость, соответствующую среднему количеству детей, заболевших в течение последующих 12 месяцев, а также область, охватывающую максимальное и минимальное количества заболевших детей. Эта область ограничена штриховыми линиями, построенными с учетом среднеквадратичного отклонения (рисунки 1–4).

Согласно результатам, представленным на рисунке 1, максимальное количество заболевших детей в возрасте до 1 года составляет приблизительно 3,56, наибольшее среднеквадратичное отклонение $\approx 2,67$. Возникновение отрицательной области в области прогноза количества заболевших детей (область соответствует январю и февралю) связано с достаточно высоким среднеквадратичным отклонением при незначительном количестве заболевших детей в первые два месяца ($\approx 2,43$).

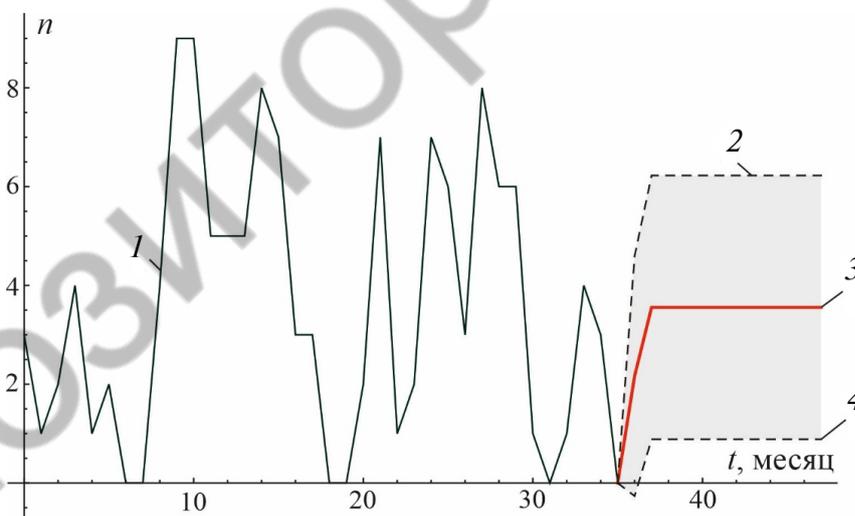


Рисунок 1 — Прогнозирование количества заболевших детей в возрасте до 1 года неинвазивными формами пневмококковой инфекции:

**1 — временной ряд, отвечающий изменению количества заболевших детей в течение 36 месяцев;
2, 3 и 4 — максимальное, среднее и минимальное прогнозируемые количества заболевших детей в течение последующих 12 месяцев**

Для возрастной группы от 1 года до 3 лет максимальное количество заболевших детей и среднеквадратичная погрешность составляют приблизительно 6,08 и 4,25 соответственно. Прогнозируемое количество заболевших детей в возрасте от 1 года до 3 лет достигает максимальной величины $\approx 2,2$ в феврале. Максимальная среднеквадратичная погрешность составляет приблизительно 2,06 (рисунок 2).

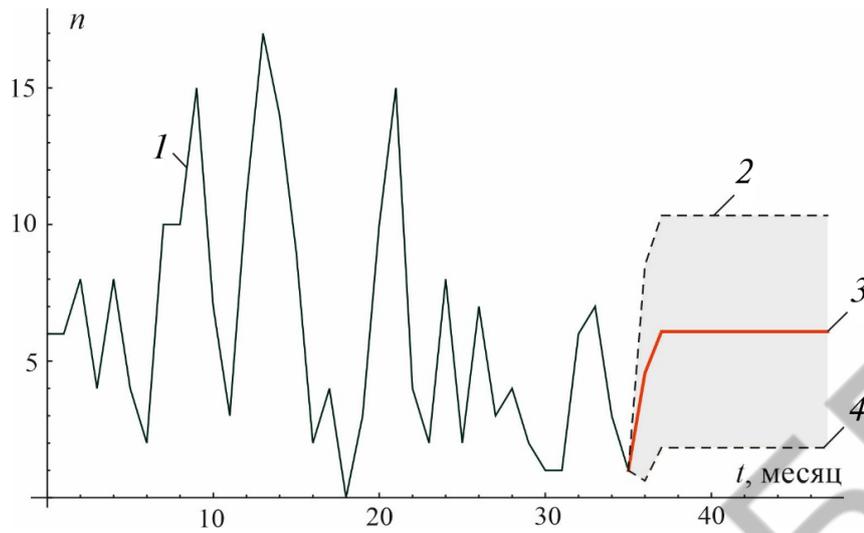


Рисунок 2 — Прогнозирование количества заболевших детей в возрасте от 1 года до 3 лет неинвазивными формами пневмококковой инфекции:
1 — временной ряд, отвечающий изменению количества заболевших детей в течение 36 месяцев;
2, 3 и 4 — максимальное, среднее и минимальное прогнозируемые количества заболевших детей в течение последующих 12 месяцев

Прогнозирование количества заболевших неинвазивными формами пневмококковых инфекций детей в возрасте от 3 года до 7 лет, представленное на рисунке 3, показывает, что количество заболевших детей в возрасте от 1 года до 3 лет достигает максимальной величины $\approx 2,2$ в феврале. Максимальная среднеквадратичная погрешность составляет $\approx 2,06$.

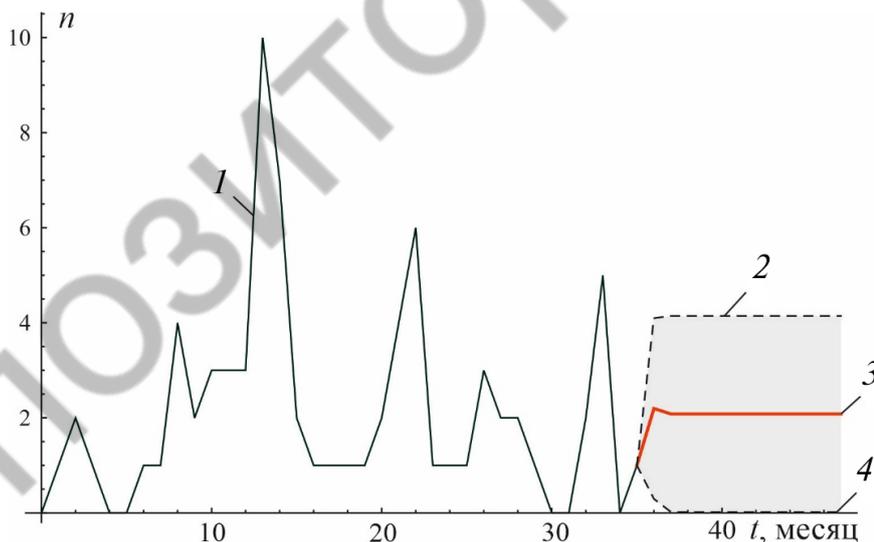


Рисунок 3 — Прогнозирование количества заболевших детей в возрасте от 3 до 7 лет неинвазивными формами пневмококковой инфекции:
1 — временной ряд, отвечающий изменению количества заболевших детей в течение 36 месяцев;
2, 3 и 4 — максимальное, среднее и минимальное прогнозируемые количества заболевших детей в течение последующих 12 месяцев

Для детей всех возрастных групп (до 7 лет) прогнозируемое количество заболевших неинвазивными формами пневмококковой инфекции нелинейно возрастает в течение первых пяти месяцев, достигая постоянного максимального значения $\approx 11,72$. Прогнозируемое количество в течение января

составляет 2,0 человека. Максимальная среднеквадратичная погрешность для прогнозируемого количества детей составляет 8,05 (рисунок 4).

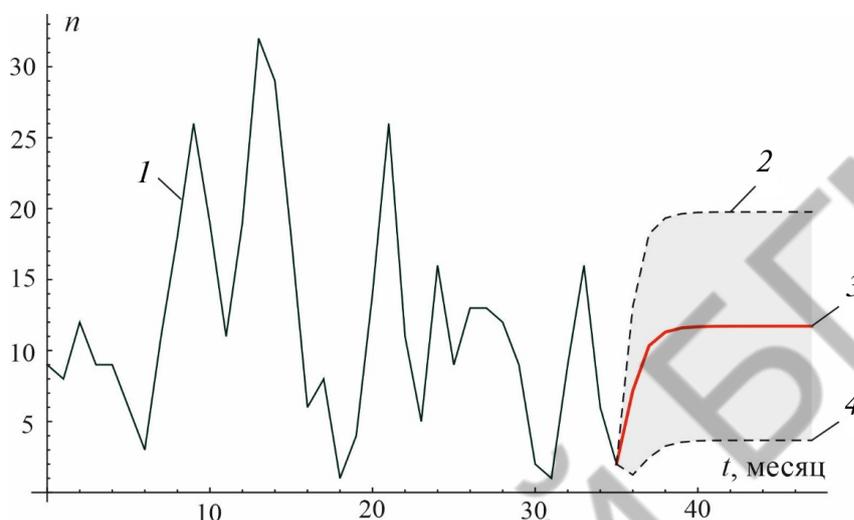


Рисунок 4 — Прогнозирование количества заболевших детей возрасте до 7 лет:
1 — временной ряд, отвечающий изменению количества заболевших детей в течение 36 месяцев;
2, 3 и 4 — максимальное, среднее и минимальное прогнозируемые количества заболевших детей
в течение последующих 12 месяцев

Сравнительный анализ результатов прогнозирования для детей различных возрастных групп, показывает, что наименьшее прогнозируемое количество заболевших детей приходится на возраст от 3 до 7 лет. В то же время количество заболевших детей в течение каких-либо месяцев в течение трех лет для этой возрастной группы может превышать количество заболевших детей для других возрастных групп. В частности, количество заболевших детей в течение декабря 2016 г. для возрастной группы до 1 года составляет 9 человек, тогда для возрастной группы от 1 года до 3–10 человек. Также следует отметить, что сумма прогнозируемого количества заболевших детей для всех возрастных групп не совпадает с прогнозируемым количеством заболевших детей до 7 лет. Это указывает на то, что прогнозирование количества детей целесообразно проводить отдельно для каждой возрастной группы.

Заключение. Таким образом, использование эффективных регрессионных моделей позволяет учесть взаимосвязь со временем количества заболевших неинвазивными формами пневмококковой инфекцией детей различных возрастных групп. Полученные результаты могут быть использованы для среднесрочного и долгосрочного прогнозирования числа обращений пациентов за оказанием медицинской помощи в течение календарного года и учитываться при планировании, а также принятии соответствующих управленческих решений по организации и проведению необходимого комплекса профилактических и лечебных мероприятий.

Литература

1. Pneumococcal Disease // World Health Organization [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.who.int/biologicals/vaccines/pneumococcal/en/>. — Date of access: 12.10.2020.
2. Кондратьев, М. А. Методы прогнозирования и модели распространения заболеваний / М. А. Кондратьев // Компьютерные исследования и моделирование. — 2013. — Т. 5, № 5. — С. 863–882.
3. Aghabozorgi, S. Time-series clustering — A decade review / S. Aghabozorgi, A. S. Shirkhorshidi, T. Y. Wah // Information Systems. — 2015. — Vol. 53. — P. 16–38.
4. Nariswaria, R. Bayesian Forecasting for time Series of count data / R. Nariswaria, H. Pudjihastuti // Procedia Computer Science. — 2019. — Vol. 157. — P. 427–435.

Pneumococcal infections in children and prediction of cases of disease

Sokolova M. V.¹, Bosiakov S. M.², Romanova O. N.³, Hanenko O. N.⁴

*¹ Health Care Institution «The Urban Children's Infectious Disease Clinical Hospital»,
Minsk, Republic of Belarus;*

²Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

³Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

*⁴State Educational Institution «The Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education»,
Minsk, Republic of Belarus;*

A quantitative prediction of the cases of children with non-invasive forms of pneumococcal infection in different age groups (up to 1 year, from 1 to 3 years and from 3 to 7 years) was carried out using a mathematical model of time series. It was found that the sum of the predicted number of sick children for all age groups does not coincide with the predicted number of sick children under 7 years of age. This indicates that it is advisable to predict the number of children with non-invasive forms of pneumococcal infection separately for each age group. The use of effective regression models allows us to take into account the relationship with time of the number of children with non-invasive forms of pneumococcal infection in children of different age groups.

Keywords: pneumococcal infection in children, non-invasive forms of the disease, morbidity prediction, time series model.