

УДК 616.921.8:51(479.25)

Т. Г. ОГАНЯН, А. В. ТАТЕВОСЯН, Е. В. МАНВЕЛЯН

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КОКЛЮШЕМ В
АРМЯНСКОЙ ССР

Проведен анализ заболеваемости коклюшем в Арм. ССР за 1961—1976 гг. Использование метода дифференциального прогнозирования, основанного на учете тенденций отдельных подмножеств временного ряда, позволило спрогнозировать показатели заболеваемости на ближайшие 8 лет.

Результаты двадцатилетних научных исследований и практического применения вакцинопрофилактики коклюша показали, что во многих странах, в том числе и в СССР, произошла значительная трансформация эпидемиологии коклюша [1, 2, 6, 10, 11]. Массовое применение вакцины резко сократило интенсивность распространения этой инфекции, облегчило ее клиническое течение и снизило число тяжелых осложнений и смертность детей. Вместе с этим характерной особенностью эпидемического процесса коклюша в большинстве стран продолжает оставаться периодичность заболеваемости на фоне значительного снижения ее уровня. Периодические подъемы и спады заболеваемости коклюшем связаны с определенными объективными факторами, которые обуславливают эти изменения во времени на конкретных территориях. Среди них прежде всего необходимо отметить незащищенность новорожденных от этой инфекции в первые месяцы жизни, недостаточную эффективность коклюшного компонента АКДС вакцины и ограниченную продолжительность поствакцинального иммунитета, некоторые организационные недостатки, препятствующие своевременному полному охвату детского контингента прививками, и другие, которые могут привести к интенсификации инфекции.

В связи с этим представляет значительный теоретический и практический интерес определение вероятного уровня и динамики заболеваемости коклюшем на последующие годы при постоянстве проводимого в настоящее время комплекса профилактических мер в борьбе с данной инфекцией. Предварительный прогноз позволяет оценить возможную эффективность существующей ныне системы противококлюшных мероприятий, а также проводить заблаговременное планирование комплекса противоэпидемических мер.

Анализ динамики зарегистрированной заболеваемости коклюшем

по Арм. ССР с 1961 по 1976 гг. позволил выделить подмножества значений временного ряда, соответствующие подъемам и спадам, а также временной ряд заболеваемости коклюшем, из которого удалены точки, соответствующие подъемам и спадам. Такое разделение позволяет аппроксимировать временной ряд заболеваемости коклюшем по Арм. ССР комбинацией функций.

В настоящей работе использован метод дифференциального прогнозирования, основанный на учете тенденций отдельных подмножеств динамического ряда [8]. В качестве аппроксимирующих были выбраны степенные функции:

$$y_i = ax_i^b, \quad (1)$$

где x_i — время, отсчитываемое в условных единицах ($x_i = 1, 2, \dots, n$).

Каждая степенная функция является тенденцией для одного из подмножеств значений временного ряда. Нелинейная зависимость между y и x приводится к линейному виду путем логарифмирования. Неизвестные коэффициенты a и b определяются методом наименьших квадратов. Учет условия минимума суммы квадратов отклонений позволяет свести задачу к системе уравнений, в которых неизвестными являются разыскиваемые параметры [4]. При расчете суммы квадратов отклонений участвуют не исходные уровни, а их логарифмы, т. е. нормальные уравнения строятся, исходя из минимизации

$$\sum (\lg y_i - \lg \hat{y}_i)^2.$$

Степенные функции, полученные для каждого из подмножеств временного ряда заболеваемости, имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} y_{\max} &= 5851x^{-2,217583} \\ y_{\text{mit}} &= 3184x^{-2,317074} \\ y_{\min} &= 217,4x^{-1,702340} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

При прогнозе значений показателя заболеваемости ожидаемые значения изменения подъемов и спадов эпидемической волны независимы друг от друга и от основного тренда.

На рис. 1 приведена динамика заболеваемости коклюшем по Арм. ССР и графики функций (2), описывающие основную тенденцию и тенденции, отражающие характер заболеваемости в годы подъемов и спадов.

Период чередования подъемов и спадов временного ряда заболеваемости определяется по следующей формуле:

$$T = \frac{\sum_{j=1}^{n_1-1} t_j}{n_1 - 1}, \quad (3)$$

где n_1 — число подъемов или спадов заболеваемости.

Расчетное значение периода временного ряда, вычисленное по формуле (3), оказалось равным четырем годам. Найденное значение T является периодом как для подъемов, так и для спадов, поскольку они чередуются.

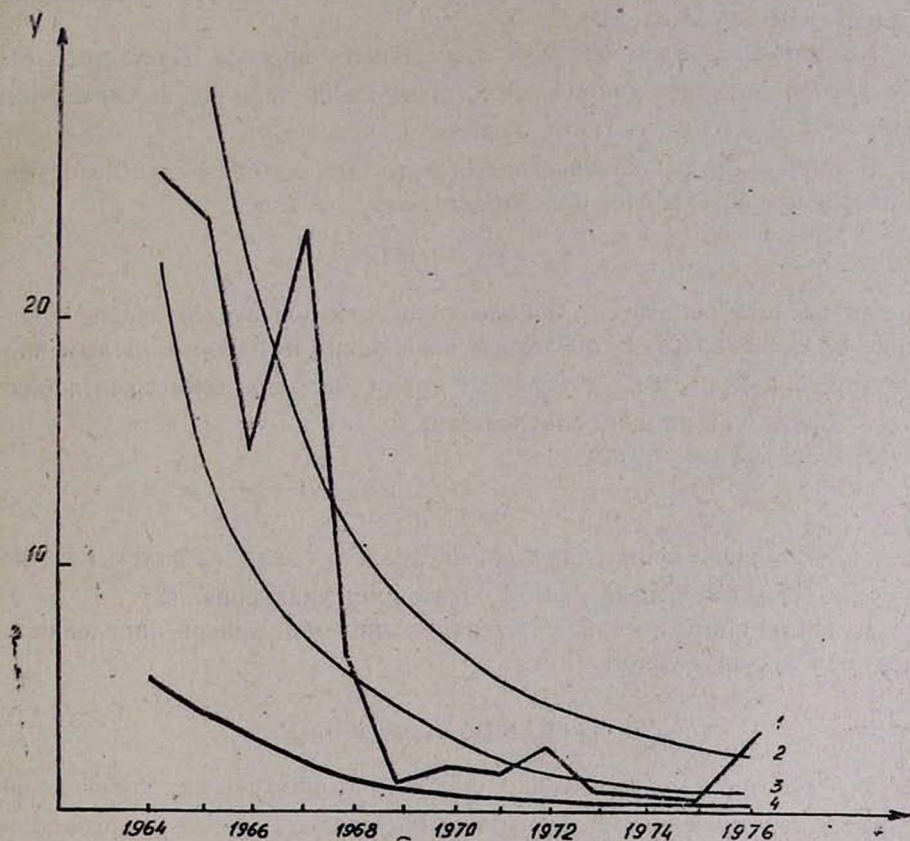


Рис. 1. Динамика эпидпроцесса коклюша по Арм. ССР: 1—кривая зарегистрированной заболеваемости; 2, 4—значения временного ряда, соответствующие подъемам и спадам заболеваемости; 3—основная тенденция заболеваемости.

С целью проверки метода была получена расчетная кривая заболеваемости для периода времени, на котором задана заболеваемость коклюшем и определена ошибка аппроксимации по формуле

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)}{n},$$

где y_i —зарегистрированные значения заболеваемости, $\hat{y}_i$ —расчетные значения теоретической кривой.

Аппроксимацию временного ряда следует признать приемлемой, поскольку ошибка в составила 27 человек на 100 000 населения [7]. Полученная система уравнений (2) позволяет строить кривую, которая несущественно отличается от временного ряда значений зарегистрированной заболеваемости. Уравнения (2) могут быть использованы для прогнозирования заболеваемости.

Рассмотрим, каким образом производится прогноз. Пусть требуется осуществить прогноз заболеваемости на какой-либо год t_j . Обозначим условное время года, соответствующее t_j , через x_j .

В случае, когда условное время года, для которого прогнозируется заболеваемость, может быть представлено в виде:

$$x_j = x_{\max} + mT,$$

то для расчета показателя заболеваемости используется первое уравнение из системы (2). В последнем выражении m является целым числом ($m \pm 1, 2, 3, \dots$), а $x_{\max}$ — условное время для года, в который наблюдался последний подъем заболеваемости.

В том случае, когда

$$x_j = x_{\min} + mT,$$

где $x_{\min}$ — условное время для года последнего спада, ожидаемое значение заболеваемости вычисляется по второму уравнению (2).

Доверительный интервал для прогнозируемой кривой определяется следующим выражением (9):

$$\Delta = \text{antlg}(\lg \hat{y}_{i+L} \pm S_y k^*),$$

где S_y — среднее квадратическое отклонение фактических наблюдений от расчетных значений y ; L — период упреждения; y_{i+L} — экстраполируемое значение уровня; $K^* = t_\alpha K$.

Причем t_α — значение t — критерия Стьюдента, а K задается следующим выражением:

$$K = \sqrt{\frac{n+1}{n} + \frac{3(n+2L-1)^2}{n(n^2-1)}},$$

здесь n — число наблюдений (длина ряда динамики). Как видно из последнего выражения, значение K зависит только от n и L , т. е. продолжительности наблюдения и периода упреждения.

Обычно период прогноза выбирается равным $1/3$ исходного ряда. Однако, если закон развития не меняется вне указанного интервала, то этот период может быть значительно увеличен [3].

Основным противоэпидемическим мероприятием при данной инфекции является применение АКДС-вакцины. Учитывая относительное постоянство влияния этого мероприятия [5], мы определяли период прог-

нозирования, равный 8 годам. Результаты прогноза заболеваемости коклюшем по Арм.ССР на период с 1977 по 1984 г. и доверительные интервалы прогноза приведены на рис. 2.

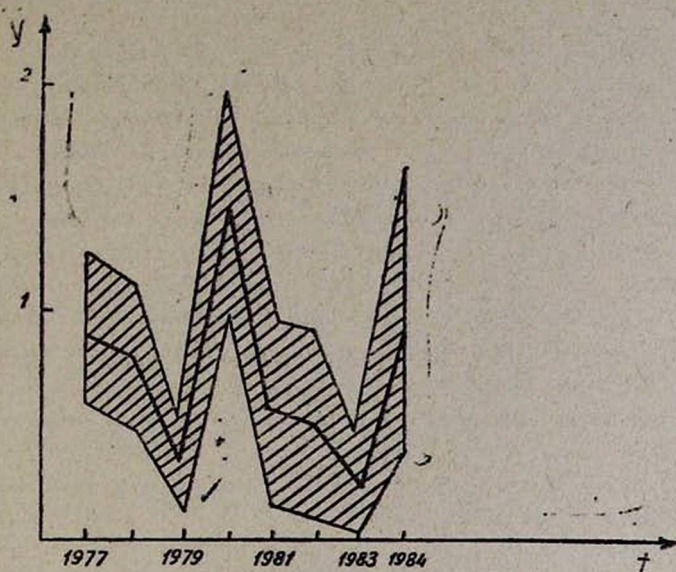


Рис. 2. Прогноз эпидпроцесса коклюша по Арм. ССР с 1977 по 1984 г. 1—предсказанные значения заболеваемости, 2, 3—верхняя и нижняя границы доверительного интервала прогноза.

Как видно из рис. 1, снижение заболеваемости коклюшем с 1973 г. значительно замедляется. Расчеты показывают (рис. 2), что в дальнейшем темп снижения заболеваемости почти исчезает, т. е. осуществляемые в настоящее время профилактические и противоэпидемические мероприятия, которые дали хорошие результаты за последние два десятилетия, в дальнейшем не смогут значительно повлиять на эпидемический процесс коклюша в республике.

Таким образом, для последующего стойкого снижения заболеваемости, преодоления периодических подъемов коклюша необходимо улучшение качества прививочного препарата, совершенствование схемы иммунизации и рационализации противоэпидемических мероприятий.

Институт эпидемиологии, вирусологии
и мед. паразитологии МЗ АрмССР

Поступила 2/II 1978 г.

**ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ-ՈՒՄ ԿԱՊՈՒՅՑ ՀԱՋԻ ՀԻՎԱՆԴԱՑՈՒԹՅԱՆ
ԿԱՆՈՐՈՇՈՒՄԸ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՕԳՆՈՒԹՅԱՄԲ**

Լայն չափերով օգտագործելով կապույտ հազի դեմ կանխարգելիչ պատվաստումները Հայաստանում խիստ իջեցվել են հիվանդացության ցուցանիշները, թեթևացել է հիվանդության կլինիկական ընթացքը, փոփոխվել է հիվանդների տարիքային կազմը, սեզոնականությունը, համարյա վերացվել է մահացությունը: Բայց մինչև այժմ մնացել են որոշ էպիդեմիոլոգիական առանձնահատկություններ, որոնց թվում պարբերականությունը:

Կատարված է կապույտ հազի 1961—76 թթ. հիվանդացության ցուցանիշների վերլուծումը մաթեմատիկական որոշ մեթոդների օգնությամբ, մասնավորապես օգտագործվել է դիֆերենցյալ կանխորոշման մեթոդը, որոնք հնարավորություն են տվել կանխորոշել արդ ինֆեկցիայի հիվանդացության հնարավոր միջին ցուցանիշները առաջիկա ութ տարիների ընթացքում. որոշվել է յուրաքանչյուր կանխադուշակվող տարվա ցուցանիշների մինիմումի և մաքսիմումի չափերը:

Հաշվարկված տվյալները կարող են օգտագործվել հիվանդության դեմ միջոցառումներ մշակելու հարցում:

T. G. OHANIAN, A. V. TATEVOSSIAN, E. V. MANVELIAN

**USE OF MATHEMATICAL METHODS FOR PROGNOSTICATION
OF MORBIDITY OF WOOPING COUGH IN THE ARMENIAN SSR**

The analysis of morbidity of whooping cough in the Arm. SSR during 1961—1976 is carried out.

The use of method of differential prognostication, based on calculation of tendencies of separate submultiplies of time line has allowed to prognosticate the indices of morbidity of this disease for the next 8 years.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Демина А. А. Автореферат докт. дисс. М., 1970.
2. Захарова М. С. В сб.: Актуальные вопросы эпидемиологии и иммунологии коклюша. М., 1977, стр. 5.
3. Лисичкин В. А. Прогнозирование научно-технического развития: возможности и временные границы. Минск, 1970.
4. Милс Ф. Статистические методы. М., 1958.
5. Сумарков А. А., Шаханина И. Л., Ткачева М. Н., Лиховайдо Н. В., Аргутина Т. П. ЖМЭИ, 1969, 10, стр. 113.
6. Татевосян А. В. Материалы Всесоюзного симпозиума по иммунологии и эпидемиологии коклюша. Минск, 1977, стр. 11.
7. Ткачева М. Н., Лиховайдо Н. В., Бургасов Ю. А. ЖМЭИ, 1971, 4, стр. 130.
8. Чернятина Л. Ф., Бережной В. Ф. ЖМЭИ, 1976, 8, стр. 114.
9. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. М., 1975.
10. Kendrick P. J. Inf. Dis. 1975, 132, 707.
11. Freston N. W. Brit. Med. J., 1965, 2, 11.