

УДК 576.895.421 : 616.9(571.63)

**ВОЗМОЖНОСТИ ФАКТОРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КЛЕЩЕВЫМ ЭНЦЕФАЛИТОМ
В ПРИМОРСКОМ КРАЕ**

© **Е. И. Болотин, Г. Ш. Цициашвили, И. В. Голычева,
И. Г. Бурухина**

Разработана и реализована методика факторного временного прогнозирования заболеваемости клещевым энцефалитом в реальном времени. Достигнута высокая точность результатов временного прогнозирования для ряда ранее выделенных очаговых районов Приморского края. Предлагаемый подход может иметь определенное методическое и прикладное значение и использоваться не только в различных прогнозных медико-экологических и эпидемиологических исследованиях, но и в других областях.

Ранее реализованное нами экстраполяционное прогнозирование эпидемического проявления очагов клещевого энцефалита (КЭ) в Приморском крае на основании анализа одномерных временных рядов заболеваемости (Болотин, 2001), а также работы Наумова с соавторами (1989, 1990) по другим очаговым территориям позволяют говорить об определенной перспективности данного подхода в прогнозных медико-экологических и эпидемиологических исследованиях. Вместе с тем совершенно очевидно, что экстраполяционный подход в прогнозировании имеет значительный ряд ограничений, который можно охарактеризовать следующим образом.

Во-первых, при экстраполяционном прогнозировании исследователь по существу имеет дело с усредненными, в определенном смысле не существующими в природе параметрами явления, отражающими лишь общую тенденцию или тренд развития этого явления во времени. Этот тренд, являющийся детерминированной составляющей временного ряда (Кендэл, 1981, и др.), представляет собой сглаженную, строго говоря, искусственную линию, в которой нивелированы наиболее важные для прогнозирования катастрофические (критические) уровни состояния анализируемой системы, характеризующие отдельные годы или иные временные отрезки.

Во-вторых, результаты экстраполяционного прогнозирования напрямую зависят от длины временного ряда и, что чрезвычайно важно, обусловлены самим типом многолетнего движения изучаемого явления, которое в разные временные отрезки может существенно менять свой характер (Болотин, 2001).

В-третьих, итоги экстраполяционного прогнозирования носят вероятностный характер и ограничиваются доверительными интервалами. Однако размах этих ограничений может быть столь широким, что он зачастую «размазывает» полученные результаты и тем самым серьезно ограничивает возможности их объективной содержательной интерпретации.

В-четвертых, экстраполяционное прогнозирование реализуется по принципу «черного ящика» (Эшби, 1959; Парин, Баевский, 1966, и др.), т. е. оно лишено «прозрачности» и, следовательно, возможности анализа причинных факторов и механизмов, формирующих временной ряд и его потенциальные возможности проявления в будущем.

Отмеченные выше ограничения определили наш интерес к более сложному, но и, видимо, более объективному факторному подходу в прогнозировании эпидемической активности очагов КЭ. При этом возникшие весьма серьезные трудности из-за нелинейного «пульсирующего» характера связи эпидемических данных и воздействующих факторов (Болотин, 2002) были решены с помощью достаточно оригинальной постановки самой задачи факторного прогнозирования. Сущность такого подхода заключалась в том, что целью прогнозирования явилось конкретное событие, при котором уровень заболеваемости (или любого другого эпидемического показателя) мог бы быть выше или равным некоторой критической линии, задаваемой исследователем.

Предпринятое нами факторное прогнозное исследование эпидемического проявления очагов КЭ разделилось на два этапа. На первом этапе была реализована прогнозная ретроспекция (Рабочая книга..., 1982) эпидемиологических данных, основанная на разработанной методике факторного прогнозирования с использованием выделенных критических уровней заболеваемости, а также рассмотрены вопросы, касающиеся степени точности потенциальных результатов прогноза при работе с различными статистическими выборками (Цициашвили и др., 2001; Болотин и др., 2002).

Целью второго этапа исследований, который и явился предметом данной работы, стало непосредственное факторное прогнозирование критических уровней заболеваемости КЭ, реализуемое в реальном времени. Таким образом, если на первом этапе исследований решалась чисто академическая задача и отрабатывались методические подходы ее реализации, то выполнение настоящего этапа может иметь определенное прикладное значение, причем не только при изучении КЭ, но и широкого спектра других инфекций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Как и на первом этапе исследований, материалом для анализа послужили статистические данные по динамике заболеваемости КЭ за 1973—1998 гг. в ряде очаговых районов Приморского края, ранее выделенных нами (Болотин, 2000). Среднее многолетнее число заболевших КЭ в этих районах и диапазон колебаний заболеваемости в относительных показателях представлен в табл. 1.

Отметим, что помимо использования ряда воздействующих метеофакторов трех метеостанций, характеризующих южную, среднюю и северную климато-географические зоны Приморского края, которые подробно были описаны в предыдущей работе (Болотин и др., 2002), в данном исследовании дополнительно были привлечены материалы по многолетней динамике численности таежного клеща, зарегистрированной на трех стационарных маршрутах в пригородной зоне г. Владивостока. Материалы по динамике численности переносчиков использовались только при прогнозировании заболеваемости в трех южных очаговых районах изучаемого региона. Кроме того, в отличие от первого этапа исследований, когда использовалось восемь метеофакторов, в данной работе в связи с ее спецификой число их было сокращено до семи (не использовался фактор «средняя температура года»).

Методика факторного временного прогнозирования основывалась на принципах распознавания образов (Распознавание образов, 1970; Распознавание образов..., 1971; Неймарк и др., 1972; Фу, 1977, и др.). Качество же прогноза, реализуемое оригинальным алгоритмом, определялось по исходной выборке числом не критических лет, ошибочно воспринимаемых установленным нами решающим правилом распознавания как критические. При этом на первом этапе исследований решающее правило распознавания года как критического основывалось на условии стопроцентного попадания этого года в выделенные интервалы значений воздействующих факторов критических лет.

Однако на втором этапе исследований, т. е. при прогнозировании критических событий в реальном времени, оказалось, что такое условие может играть лишь вспомогательную роль при создании более реалистичных правил прогнозирования.

Таблица 1

Число больных КЭ и диапазон колебаний заболеваемости за период 1973—1998 гг. в 9 очаговых районах Приморского края в относительных показателях

Table 1. Number of patients infected with the tick borne encephalitis and fluctuation limits of the infection during 1973—1998 in 9 foci of the Maritime Territory in relative indices

Очаговый район	В среднем на 100 тыс. населения	Диапазон колебаний
Хасанско-Шкотовский	1.7	0.2—4
Надеждинско-Уссурийский	3.1	0.2—9.6
Находкинский	2.1	0—6.5
Партизанско-Лазовский	4.9	0—24
Спасско-Лесозаводский	6.9	0.5—16
Чугуевский	6.5	0.5—24.5
Кавалеровско-Дальнегорский	6.7	0—20
Дальнереченско-Лучегорский	5.3	0—22
Центрально-Красноармейско-Пожарский	15.6	2—32

Этот вывод был сделан в ходе проведенных нами многочисленных вычислительных экспериментов, показавших, что для получения более реалистических правил прогнозирования требуется «смягчение» стопроцентных условий. В результате было установлено новое прогнозирующее правило, при котором число распознающих факторов колебалось в диапазоне от 50 до 75 % от всех используемых, в зависимости от анализируемого очагового района, характеризующегося своей спецификой многолетней динамики заболеваемости КЭ. Критический уровень заболеваемости также выбирался в зависимости от статистической выборки с тем, чтобы количество критических лет было по крайней мере больше одного.

Заметим, что при многократном тестировании прогнозирующего правила едва ли не решающую роль сыграли простота и скорость заложенных в нем вычислений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В представленной табл. 2 приводится небольшой фрагмент итоговых материалов, отражающих точность факторного временного прогнозирования критических уровней заболеваемости КЭ, реализованного в реальном времени для различных очаговых районов Приморского края. В качестве прогнозируемых годов использовались последние 6—8 лет временных рядов в зависимости от характера многолетней динамики заболеваемости, свойственной тому или иному очаговому району. Подчеркнем, что из многочисленных вариантов реализованных временных прогнозов представленные данные отражают лишь специально отобранные, наиболее значимые результаты точности прогнозирования критических уровней заболеваемости КЭ.

В анализируемой таблице демонстрируются результаты трех вариантов факторного временного прогнозирования. В первом случае использовались четыре воздействующих фактора: средняя температура января, абсолютный температурный минимум, средняя температура мая, средняя высота снежного покрова. Во втором случае к перечисленным факторам были добавлены еще три: продолжительность безморозного периода, число дней со снежным покровом, снежно-температурный коэффициент. И в третьем случае к перечисленным факторам добавлялась численность таежного клеща. Количество критических уровней, по которым представлены наиболее значимые итоги временного прогнозирования в тех или иных очаговых районах, изменялось от одного до трех (табл. 2).

Таблица 2

Точность трех вариантов факторного временного прогнозирования (в %) критических уровней заболеваемости КЭ для различных очаговых районов Приморского края

Table 2. Adequacy of three variants of factor temporal prognosis (in %) of critical level of the tick born encephalitis infection in different foci of the Maritime Territory

Очаговый район	Критический уровень заболеваемости	4 фактора	7 факторов	7 факторов и клещи
Хасанско-Шкотовский	3.2	100	100	83
Надеждинско-Уссурийский	3.6	100	100	100
	4.6	60	75	50
	6	50	67	67
Находкинский	3.5	63	63	50
	5.5	75	75	75
	6	75	50	50
Партизанско-Лазовский	5	100	100	
	10	50	50	
Спасско-Лесозаводский	8.5	67	83	
	10	83	83	
Чугуевский	7.5	83	67	
	10	50	67	
Кавалеровско-Дальнегорский	7.5	100	100	
	10	86	100	
Дальнереченско-Лучегорский	8	86	86	
	14	71	57	
Центрально-Красноармейско-Пожарский	14	63	75	
	26	88	75	

В целом можно выделить несколько наиболее значимых содержательных моментов реализованного факторного прогнозирования.

Так, точность факторного прогнозирования составила от 50 до 100 %. При этом максимальный уровень прогноза установлен для более южных территорий исследуемого региона, хотя отмечены и другие географические районы, характеризующиеся аналогичными показателями прогноза (например, Кавалеровско-Дальнегорский очаговый район, расположенный в северо-восточной части Приморского края).

Значительное влияние на уровень прогноза оказывает количество и сам конкретный набор воздействующих (распознающих) факторов. При этом увеличение числа используемых факторов не всегда ведет к повышению точности прогноза. Этот примечательный факт требует дальнейшего всестороннего изучения и детализации.

Не менее интересны полученные сведения, касающиеся связи точности прогноза и используемых критических уровней заболеваемости. Установлено, что в одних случаях эта связь может быть прямая, а в других — обратная. Этот весьма содержательный факт также требует серьезного анализа и осмысления.

Выяснилось, что использование фактических материалов по многолетней динамике численности таежного клеща не повысило качество прогноза — оно оставалось на прежнем уровне или даже снижалось. Этот факт еще раз подтверждает наше мнение (Болотин, 2002) о несущественном влиянии численности переносчиков на заболеваемость людей КЭ и, следовательно, в целом на напряженность природных очагов данной инфекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая полученные материалы проведенных исследований, мы пришли к следующему наиболее важному и принципиальному выводу. Он заключается в том, что каждый из анализируемых очаговых районов представляет собой четко обособленную (дискретную) естественную систему со своими очень сложными и зачастую трудно выявляемыми законами функционирования. Пока еще нет надежно сформулированных теоретических принципов и разработанных на их основе моделей, с помощью которых можно было бы «унифицированно» реализовать прогноз функционирования этих и им подобных систем.

Для повышения точности прогнозирования в настоящее время приходится эмпирическим путем осуществлять сложный перебор (анализ) сочетаний воздействующих факторов, критических уровней и самих распознающих правил прогнозирования.

Тем не менее полученные на данном этапе исследований результаты факторного временного прогнозирования весьма, на наш взгляд, весомы, а дальнейшая стратегия научного поиска и продвижения в данном направлении приобрела вполне конкретные очертания.

Список литературы

- Болотин Е. И. Медико-географическая оценка территории Приморского края относительно клещевого энцефалита с некоторыми замечаниями о структурной организации очагов данной инфекции // *Паразитология*. 2000. Т. 34, вып. 5. С. 371—379.
- Болотин Е. И. О функциональной организации природных очагов клещевого энцефалита и прогнозе их эпидемического проявления: анализ одномерных временных рядов заболеваемости // *Паразитология*. 2001. Т. 35, вып. 5. С. 386—393.
- Болотин Е. И. Некоторые аспекты устойчивости природных очагов зоонозных инфекций на примере клещевого энцефалита // *Паразитология*. 2002. Т. 36, вып. 1. С. 11—20.
- Болотин Е. И., Цициашвили Г. Ш., Голычева И. В. Некоторые аспекты и перспективы факторного прогнозирования эпидемического проявления очагов клещевого энцефалита на основе многомерного анализа временных рядов // *Паразитология*. 2002. Т. 36, вып. 2. С. 89—95.
- Кендэл М. Временные ряды. М., 1981. 200 с.
- Наумов Р. Л., Жигальский О. А., Гутова В. П. и др. Цикличность и прогноз заболеваемости клещевым энцефалитом в Красноярском крае, экспертная и математическая оценка // *Мед. паразитол.* 1989. № 3. С. 3—6.
- Наумов Р. Л., Гутова В. П., Фонарева К. С. Степень совпадения долгосрочного экстраполяционного прогноза с реальной заболеваемостью клещевым энцефалитом в СССР // *Мед. паразитол.* 1990. № 5. С. 40—43.
- Неймарк Ю. И., Баталова З. С., Васин Ю. Г., Брейдо М. Д. Распознавание образов и медицинская диагностика. М., 1972. 328 с.
- Парин В. В., Баевский Р. М. Введение в медицинскую кибернетику. М.; Прага, 1966. 298 с.
- Рабочая книга по прогнозированию. М., 1982. 430 с.
- Распознавание образов. М., 1970. 288 с.
- Распознавание образов. Адаптивные системы. М., 1971. 272 с.
- Фу К. Структурные методы в распознавании образов. М., 1977. 319 с.
- Цициашвили Г. Ш., Болотин Е. И., Голычева И. В. Прогнозирование вспышки клещевого энцефалита методами интервальной математики // *Дальневосточная математическая школа-семинар имени акад. Е. В. Золотова. Владивосток, 2001. С. 65—66.*
- Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М., 1959. 432 с.

POSSIBILITIES OF FACTOR PROGNOSIS
OF THE TICK BORN ENCEPHALITIS INFECTION IN THE MARITIME TERRITORY

E. I. Bolotin, G. Sh. Tzitziaшvili, I. V. Golycheva, I. G. Burukhina

Key words: factor prognosis, tick born encephalitis.

SUMMARY

A technique of temporal factor prognosis of the tick born encephalitis infection during in real time has been elaborated and tested. High adequacy of prognosis for certain regions of the Maritime territory with the tick borne encephalitis foci has been achieved. This approach has a methodological and applied importance and may be used in medico-ecological and epidemiological investigations.
