

9. Федоров В.Н., Сидоров А.В., Милакова Н.Е. Методика трехэтапного скрининга для поиска веществ с адаптогенной активностью // Сб. тез. 2-го Съезда Российского научного общества фармакологов «Фундаментальные проблемы фармакологии». Москва, 2003. С. 251.

*Fedorov V.N., Sidorov A.V., Milakova N.Ye. Metodika trekhetaпno-go skringinga dlya poiska veshchestv s adaptogennoy aktivnost'yu // Sb. tez. 2-go S"yezda Rossiyskogo nauchnogo obshchestva farmakologov «Fundamental'nyye problemy farmakologii». Moskva, 2003. S. 251.*

10. Prakash M., Singh N. Comparative evaluation of the effects of Geriforte and Panax ginseng - Herbal anti-stress agents - on anoxia tolerance in mice. The Antiseptic. 1989. Vol. 86. № 8. P. 428-430.

11. Учакина О.Н. Противовирусные и иммуномодулирующие свойства глипролинов: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Москва, 2006. 22 с.

*Uchakina O.N. Protivovirusnyye i immunomoduliruyushchiye svoystva glyprolinov: Avtoref. diss. ... kand. med. nauk. Moskva, 2006, 22 s.*

12. Федоров В.Н., Пунегова Н.В. Влияние экдистерона-80 на гормонально-медиаторный баланс и липидный обмен у крыс в условиях хронической сердечной недостаточности. Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2009. № 2. С. 14-16.

*Fedorov V. N., Punegova N. V. Vliyaniye ekdistersona-80 na gormonal'no-mediatornyy balans i lipidnyy obmen u krys v usloviyakh khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti. Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya. 2009. № 2. S. 14-16.*

13. Семенова Т.П., Козловская М.М., Захарова Н.М., Козловский И.И. Сравнительная оценка влияния селанка и тафтсина на обмен серотона в мозге крыс в условиях блокады его синтеза. Экспериментальная и клиническая фармакология. 2009. № 4. С. 6-8.

*Semenova T.P., Kozlovskaya M.M., Zakharova N.M., Kozlovskiy I.I. Sravnitel'naya otsenka vliyaniya selanka i taftsina na obmen serotona v mozge krys v usloviyakh blokady yego sinteza. Eksperimental'naya i klinicheskaya farmakologiya. 2009. № 4. S. 6-8.*



УДК: 612.017.1:616.98-037

Код специальности ВАК: 14.02.02

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ВИЧ-ИНФЕКЦИЕЙ И НАРКОМАНИЕЙ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ НА ОСНОВЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

**В.В. Никитин, В.А. Табаков,**

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары

**Табаков Владимир Алексеевич** – e-mail: tva0148@rambler.ru

В статье представлен вариант прогнозирования заболеваемости ВИЧ-инфекцией и наркоманией на региональном уровне на основе эконометрического анализа. Интерес специалистов к математическим моделям в инфекционной эпидемиологии возродился во второй половине XX века, когда эпидемиологи столкнулись с двумя проблемами, имевшими прямое и непосредственное отношение к эпидемии ВИЧ/СПИД: как оценить количество случаев заболевших (ВИЧ-инфицированных), если известно только количество людей терминальной (клинически манифестной) стадии заболевания (СПИД), и как предсказать распространение инфекции в популяции на основании информации о частоте факторов риска. Использование в медицине математических моделей прогнозирования инфекционной заболеваемости является достаточно полезным инструментом для специалистов общественного здоровья, занимающихся планированием профилактических и противоэпидемических мероприятий в области противодействия распространению заразных заболеваний человека. В настоящее время разработка и внедрение в практику работы специалистов учреждений практического здравоохранения эффективно функционирующих моделей прогнозирования являются важными элементами в оптимизации системы эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией для любого региона.

**Ключевые слова:** прогнозирование инфекционной заболеваемости, ВИЧ-инфекция и наркомания, эконометрический анализ, математическое моделирование в эпидемиологии, корреляция, регрессия.

The article represents a variant of forecast of the morbidity rate with HIV infection and drug addiction at the regional level based on econometric analysis. Experts' interest in mathematical models of infectious epidemiology revived in the second half of XX century, when epidemiologists faced two issues directly connected with HIV/AIDS epidemics: how to evaluate the number of cases of morbidity (HIV-infected patients) if only a number of patients having terminal (clinically manifested) stage of the disease (AIDS) is known and how to forecast spread of the infection within population based on information on the frequency of risk factors. Use of mathematical models in medicine to forecast the morbidity rate of the infection is quite a useful instrument for experts in public health dealing with planning of preventive and anti-epidemic measures in the sphere of counteraction against spread of human transmitting diseases. At present development and implementation into practice of experts' work at practical healthcare institutions of efficiently functioning forecast models is an important element in optimization of the system of epidemiological surveillance over HIV infection for any region.

**Key words:** forecast of infectious morbidity rate, HIV infection and drug addiction, econometric analysis, mathematical modeling in epidemiology, correlation, regression.

## Введение

Одной из основных задач современной медицины, особенно с появлением компьютерной технологии, являются не только констатация современного состояния инфекционной заболеваемости и выработка мероприятий по борьбе с существующими заразными болезнями человека, но и определение тенденций в развитии эпидемического процесса в будущие годы, в том числе ВИЧ-инфекции [1].

Математические методы прогнозирования неразрывно связаны со временем, так как с помощью прогноза мы пытаемся разглядеть будущее в настоящем. При этом способы подобного «заглядывания» в будущее разнообразны. Необходимость прогноза развития эпидемического процесса той или иной инфекционной болезни, предстоящих изменений ставит нас перед сложной проблемой выбора конкретного метода прогнозирования [2].

Выбор конкретного математического метода зависит от многих факторов. В зависимости от того, на какой период времени составляется прогноз, он может быть: краткосрочным (до года, но чаще на квартал), среднесрочным (от года до трех лет) и долгосрочным (на три года и больше). Чем меньше промежутки времени, отделяющий настоящий момент от прогнозируемого, тем большим будет объем достаточно хорошо предсказываемых событий, т. е. для того, что может произойти завтра, прогноз значительно проще и достовернее, чем для того, что произойдет через год или десять лет. Иногда реальное развитие событий может оказаться и далеким от прогнозируемого значения [3].

**Цель исследования:** выбор конкретного метода прогнозирования заболеваемости ВИЧ-инфекцией и наркоманией на основе эконометрического анализа.

## Материал и методы

Многие методы прогнозирования требуют наличия значительного количества исходных данных и при их отсутствии могут просто не работать. Другие методы, напротив, разрабатываются при условии отсутствия достоверного объема количественной информации. В связи с этим имеющиеся методы прогнозирования являются количественными и качественными.

Качественные (экспертные) методы прогнозирования строятся на использовании мнений опытных специалистов-экспертов в соответствующих областях. Количественные методы прогнозирования основываются на обработке числовых массивов данных, как значительных по объему, так и сравнительно небольших, и в свою очередь подразделяются на каузальные (причинно-следственные) и методы анализа временных рядов. Анализ временных рядов, основанный на допущении, в соответствии с которым происшедшее в прошлом дает хорошее приближение при оценке будущего, и является способом выявления тенденций прошлого и продления их в будущее.

Каузальные (причинно-следственные) методы применяются в тех случаях, когда искомое состояние зависит не только от времени, но и от нескольких, иногда и от многих переменных. Поиск математических связей (уравнений и (или) неравенств) между всеми этими переменными и составляет суть каузального метода прогнозирования [3].

## Результаты и их обсуждение

Для исследователя выбор системы показателей, характеризующих тот или иной процесс или объект, является преро-

гативой исследования. Выбор некоторых показателей может быть очевиден, а других – нет. Между ними должна в той или иной мере существовать взаимосвязь, так как выбранные параметры характеризуют единый процесс или объект. С целью оценки возможных взаимосвязей между параметрами используются такие понятия, как корреляция и регрессия.

Допустим, у нас имеется  $m$  параметров ( $X_1, X_2, \dots, X_m$ ), по каждому из которых объем статистических данных составляет величину  $n$ . Тогда все имеющиеся данные могут быть представлены в виде матрицы.

$$X_{n \times m} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix}$$

Столбцы – это данные по отдельно взятому параметру (случайной величине). Строки характеризуют по выбранным параметрам либо некий процесс в отдельные моменты времени по  $n$  наблюдениям, либо отдельный объект из множества  $n$  однотипных.

**Корреляция** оценивает тесноту взаимосвязи между двумя какими-либо случайными величинами из множества имеющихся, например,  $X_i$  и  $X_j$ ,  $i, j=1, m$ . При этом оценивается число  $r_{ij}=r(X_i, X_j)$ , не имеющее размерности, но всегда находящееся в известных пределах  $-1 \leq r_{ij} \leq 1$ .

Формула оценки этого числа [1–5]:

$$r_{ij} = \frac{\text{cov}(X_i, X_j)}{\sigma[X_i] \times \sigma[X_j]}$$

где  $\text{cov}(X_i, X_j) = M\{(X_i - M[X_i])(X_j - M[X_j])\}$  – ковариация случайных величин  $X_i$  и  $X_j$ , а  $\sigma[X_i]$  и  $\sigma[X_j]$  их средние квадратические отклонения.

Если число получится в пределах  $-0.2 < r_{ij} < 0.2$ , то взаимосвязь между случайными величинами  $X_i, X_j$  будет настолько слаба, что ею можно пренебречь. Если  $r_{ij}$  ближе к 1 или  $-1$ , то это будет свидетельствовать о наличии уже достаточно сильной взаимосвязи. Конкретное значение  $r_{ij}$  при этом можно интерпретировать следующим образом:

- $r_{ij} = +0.8$ . Между  $X_i$  и  $X_j$  прямая зависимость (знак плюс), т. е. при возрастании (убывании) значений одного параметра следует ожидать возрастания (убывания) значений другого параметра. Степень ожидания – 80%.
- $r_{ij} = -0.95$ . Между  $X_i$  и  $X_j$  обратная зависимость (знак минус), т. е. при возрастании (убывании) значений одного параметра следует ожидать убывания (возрастания) значений другого параметра. Степень ожидания – 95%.

Для различных пар случайных величин можно рассчитать свои коэффициенты корреляции, которые составят так называемую корреляционную матрицу  $R_{m \times m}$ :

$$R_{m \times m} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mm} \end{pmatrix}$$

Данная матрица обладает рядом особенностей. Во-первых,  $r_{11}=r_{22}=\dots=r_{mm}=1$ , так как взаимосвязь какого-либо параметра с самим собой прямая на 100%. Во-вторых,  $r_{ij}=r_{ji}$  (матрица симметричная), т.к. теснота взаимосвязи  $X_i$  с  $X_j$  точно такая же, как  $X_j$  с  $X_i$ .

Объём вычислений при оценке коэффициентов корреляций достаточно велик. Однако выполнение всех арифметических действий можно перепоручить компьютеру. При этом необходимо выполнить следующие действия:

1. запустить табличный редактор EXCEL;
  2. ввести матрицу статистических данных  $X_{n \times m}$ ;
  3. на панели инструментов редактора выбрать клавишу «Сервис»;
  4. в списке «Сервис» выбрать «Анализ данных».
- Примечание: если строка «Анализ данных» отсутствует, то предварительно выбрать «Сервис» → «Надстройки» → «Пакет анализа» → ОК;
5. в списке возможностей раздела «Анализ данных» выбрать «Корреляция»;
  6. указать компьютеру ячейки редактора EXCEL, где находятся введённые данные.

Результат расчётов будет представлен в виде корреляционной матрицы. Содержание корреляционной матрицы позволит совершить следующий шаг в построении эконометрической модели, непосредственно связанной с понятием регрессии.

**Регрессия** – это некая функция, показывающая, как ожидаемые значения одной случайной величины зависят от возможных значений группы других случайных величин.

Допустим, в системе параметров для нас наибольший интерес представляет  $X_2$ . Оценки элементов корреляционной матрицы  $R_{m \times m}$  показывают, что  $X_2$  наиболее сильно зависит, например, от  $X_1$ ,  $X_4$  и  $X_9$ . Тогда модель должна быть функцией трёх переменных

$$M[X_2/X_1, X_4, X_9]=f(X_1, X_4, X_9)$$

В этом случае говорят, что определена регрессия  $X_2$  по  $X_1$ ,  $X_4$ ,  $X_9$ .

Вид функции  $f$  может быть любым. Однако на практике в случае, когда речь идёт о функции многих переменных, ей придают линейный вид (уравнение плоскости)

$$f(X_1, X_4, X_9)=\alpha_0+\alpha_1X_1+\alpha_2X_4+\alpha_3X_9$$

где параметры модели  $\alpha_i, i=0,3$  ещё необходимо рассчитать. Выбор подобной формы модели в основном связан с проблемой нехватки данных. В рассматриваемом примере функция  $f$  геометрически будет представлять собой некую поверхность в четырёхмерном пространстве. Сколько бы ни было у нас статистических данных (а их объём всегда крайне ограничен), у нас не будет чёткого представления об этой поверхности. Именно поэтому её и определяют в виде уравнения плоскости.

#### ТАБЛИЦА.

Статистические данные параметров  $X$  и  $Y$

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_i$	1,36	2	2,39	2,25	2,08	2,35	3,62	2,24	4,04	2,44
$y_i$	6,91	6,87	5,6	6,01	6,22	5,36	4,47	5,63	4,17	5,54

Коэффициенты  $\alpha_i$  определяются по статистическим данным методом наименьших квадратов. Идея данного метода состоит в том, что отыскивается такая плоскость, которая находится на наименьшем расстоянии от всех точек одновременно.

При этом координаты точек в четырёхмерном пространстве определяются статистическими данными по параметрам  $X_1, X_2, X_4, X_9$ .

По коэффициентам  $\alpha_i$  составляется система линейных алгебраических уравнений, обобщённое решение которой можно записать в матричном виде

$$R_{m \times m}=(B_{n \times 4}^T \cdot B_{n \times 4})^{-1} \cdot B_{n \times 4}^T \cdot C_{n \times 1}$$

где

$$A_{4 \times 1}=\begin{pmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{pmatrix} \quad B_{n \times 4}=\begin{pmatrix} 1 & x_{12} & x_{14} & x_{19} \\ 1 & x_{22} & x_{24} & x_{29} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n2} & x_{n4} & x_{n9} \end{pmatrix} \quad C_{n \times 1}=\begin{pmatrix} x_{11} \\ x_{21} \\ \dots \\ x_{n1} \end{pmatrix}$$

$(\dots)^T$  – операция транспонирования матрицы;

$(\dots)^{-1}$  – операция обращения матрицы.

Именно эта формула расчёта заложена в компьютере, которым неизбежно в данном случае приходится пользоваться, выполняя следующие действия:

1. запустить табличный редактор EXCEL;
2. ввести матрицу из одного столбца  $C_{n \times 1}$ ;
3. ввести матрицу  $B_{n \times 4}$ . Однако вводится не вся матрица, а лишь столбцы чисел для параметров  $X_2, X_4$  и  $X_9$ . Первый столбец, состоящий из единиц, не вводится;
4. на панели инструментов редактора выбрать клавишу «Сервис»;

5. в списке «Сервис» выбрать «Анализ данных»;
6. в списке «Анализ данных» выбрать «Регрессия»;
7. указать компьютеру ячейки редактора EXCEL, где находятся элементы матрицы  $C_{n \times 1}$  (определяемой в компьютере как  $y$ ) и матрицы  $B_{n \times 4}$  (определяемой в компьютере как  $x$ ).

В качестве результатов расчёта помимо знаний коэффициентов  $\alpha_i$  компьютер выдаёт массу другой сопутствующей информации, полезной для эконометрического анализа.

#### Метод оценки регрессии (тренда).

В случае, когда отыскивается регрессия некоторого параметра  $Y$  лишь от одного другого параметра  $X$ , то её называют трендом.

$$M[Y/X]=f(X)$$

Часто в качестве модели тренда выбирают уравнение прямой

$$f(X)=a+b \cdot x$$

Хотя вид функции  $f(X)$  может быть уже и иным нелинейным. Допустим, что по параметрам  $X$  и  $Y$  имеются следующие статистические данные (таблица).

При оценке параметров  $a$  и  $b$  линейной регрессии метод наименьших квадратов приводит к необходимости решать следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} a_{11} \cdot a + a_{12} \cdot b &= \beta_1 \\ a_{21} \cdot a + a_{22} \cdot b &= \beta_2 \end{aligned}$$

где:

$$\begin{aligned} a_{11} &= n = 10 \\ a_{12} = a_{21} &= x_1 + \dots + x_n = 1,36 + \dots + 2,44 = 24,77 \\ a_{22} &= x_1^2 + \dots + x_n^2 = (1,36)^2 + \dots + (2,44)^2 = 66,87 \\ \beta_1 &= y_1 + \dots + y_n = 6,91 + \dots + 5,54 = 56,78 \\ \beta_2 &= x_1 \cdot y_1 + \dots + x_n \cdot y_n = 1,36 \cdot 6,91 + \dots + 2,44 \cdot 5,44 = 134,734 \end{aligned}$$

Решая систему, получим  $a=8,322$ ;  $b=-1,072$ .

Данное решение могло бы быть найдено и в матричном виде по ранее приведённым формулам, используя следующие матрицы:

$$A_{2 \times 1} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad B_{n \times 2} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ \dots & \dots \\ 1 & x_n \end{pmatrix} \quad C_{n \times 1} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}$$

Применение компьютера при нахождении  $a$  и  $b$  позволит ускорить работу и избежать арифметических ошибок. При этом можно воспользоваться несколько иными возможностями EXCEL:

1. запустить текстовый редактор EXCEL;
2. ввести данные (по строкам или столбцам);
3. на панели инструментов редактора нажать клавишу «Мастер диаграмм»;
4. в меню «Мастер диаграмм» выбрать «Точечная»;
5. указать компьютеру ячейки EXCEL, где находятся введённые данные. В итоге появится рисунок с точками (статистическими данными) в некоторой системе координат (рис.);
6. подвести указатель (стрелку) к любой из точек и нажать левую клавишу мыши, чтобы «подсветить» точки;
7. тут же нажать правую клавишу мыши и в появившемся меню выбрать раздел «Добавить линию тренда»;
8. в окне «Линия тренда» в разделе «Тип» можно выбрать различные типы моделей линии регрессии:

$$M[Y/X] = \left\{ \begin{array}{l} a + b \times X \text{ — линейная} \\ a \times \ln(X + b) \text{ — логарифмическая} \\ a \times e^{b \times X} \text{ — экспоненциальная} \\ a \times X^b \text{ — степенная} \end{array} \right\}$$

По умолчанию уже выбрана линейная модель;

9. в окне «Линия тренда» в разделе «Параметры» поставить галочки напротив заявок:

$V$  – показать уравнение на диаграмме;

$R^2$  – поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации  $R^2$ .

В результате получим:

$$a=8,3321; b=-1,0715.$$

График линии регрессии приведён на рисунке.

Коэффициент детерминации (аппроксимации)  $R^2=0,88$  означает, что данная модель тренда на 88% отражает поведение статистических данных.

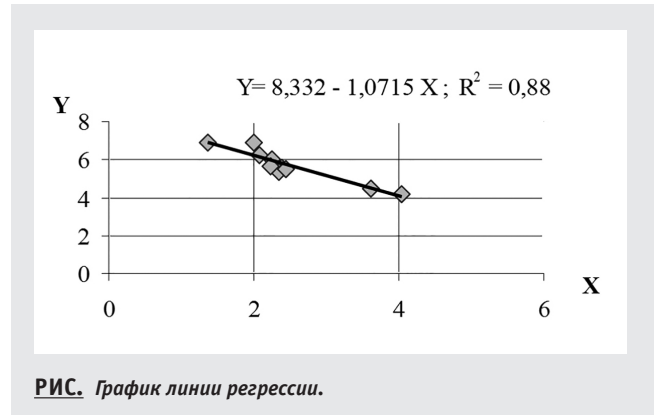


РИС. График линии регрессии.

Таким образом, при оценке регрессии (тренда) модель может быть и нелинейной. Из разных моделей целесообразнее выбирать ту, которая отвечает большему значению величины  $R^2$ .

От ВИЧ/СПИД с 1981 г., когда был диагностирован первый в мире случай этой инфекции в США, умерло более 30 млн человек, а более 40 млн являются лицами, живущими с ВИЧ в организме, что делает его самой разрушительной пандемией в истории человечества [4].

В России эпидемия ВИЧ-инфекции среди населения продолжается достаточно интенсивно [5]. В связи с этим в перечень поручений Президента РФ по итогам заседания президиума Государственного Совета РФ от 21 апреля 2006 г. в адрес Правительства РФ был включен пункт о необходимости принятия мер по дальнейшему совершенствованию на федеральном и региональных уровнях системы мониторинга распространения эпидемии ВИЧ-инфекции и прогнозирования ее последствий [6]. Несмотря на то, что статистические данные заболеваемости указывают на огромное число инфицированных людей при многих инфекциях, трудно осознать истинное количество зараженных, а также и последствия этих случаев в будущем [7].

По причине того, что оптимизация системы эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией на региональном уровне любого субъекта РФ на современном этапе развития эпидемического процесса является актуальной научно-практической проблемой, нами был разработан новый вариант модели среднесрочного прогнозирования уровня первичной заболеваемости ВИЧ-инфекцией, основанный на зависимости количества ВИЧ-инфицированных от числа инъекционных потребителей психоактивных веществ (ППАВ) в текущем и в предыдущие два года наблюдений [8]. Наша модель позволяет прогнозировать на перспективу первичную заболеваемость и по ППАВ. В результате нами получен патент на изобретение Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2297787 от 01.07.2007 г. «Способ прогнозирования уровня заболеваемости ВИЧ-инфекцией в регионе».

В исследовании разработанный нами алгоритм прогнозирования заболеваемости ВИЧ-инфекцией и инъекционной наркоманией по Чувашской Республике содержит три этапа:

1. Анализ наличия зависимости между исследуемыми показателями.



2. Построение регрессионной модели, отражающей исследуемую зависимость.

3. Расчёт прогнозируемых значений и оценка их достоверности.

Для оценке процента достоверности полученных прогностических расчетных данных за 100,0% принимались фактические показатели заболеваемости ВИЧ-инфекцией, полученные после истечения наблюдаемого периода.

Показатель отклонения от 100,0% в сторону уменьшения или увеличения модельных данных по отношению к фактическим показателям заболеваемости ВИЧ-инфекцией за конкретный год наблюдения характеризует погрешность расчетов модели прогноза в сторону либо их завышения, либо занижения. Нами принято, что достоверными полученные результаты расчетных данных модели прогнозирования являются в том случае, если отклонение по отношению к фактической величине заболеваемости составляет не выше  $\pm 30\%$  [8]. Эти отклонения характеризуют снижение или рост прямой зависимости уровней заболеваемости ВИЧ-инфекции от количества потребителей ПАВ, т. е. при значительном уменьшении этой взаимосвязи модель прогнозирования может показывать значительные отклонения от фактических величин и потребует ее усовершенствование с учетом возникших изменений эпидемического процесса.

Средний показатель достоверности прогнозируемых показателей заболеваемости наркоманией и ВИЧ-инфекцией за 2001–2008 гг. по отношению к фактическим в нашем исследовании составил 96,4% и 93,8% соответственно, что свидетельствует о высокой степени эффективности работы данной модели. Об этом можно судить и по величине коэффициента детерминации  $R^2$ , близкой к 1,0, свидетельствующей о высокой степени качества предлагаемой нами модели.

Наша модель прогнозирования может проводить расчеты предстоящих уровней заболеваемости ВИЧ-инфекции на бесконечную перспективу по годам путем использования в виде исходных данных модельных значений числа ППАВ с учетом на два года вперед [9].

В ходе исследования нами установлен и способ прогнозирования начала эпидемического подъема заболеваемости ВИЧ-инфекцией, основанный на определении показателя соотношения числа потребителей ПАВ определенного года наблюдения к их количеству в предыдущем году [9]. При превышении значения 1,3 (30,0%), то есть в случае циркуляции ВИЧ в популяции инъекционных наркоманов, прогнозируется всплывающий рост заболеваемости ВИЧ-инфекцией через 1–3-годовой временной интервал. При показателе соотношения числа потребителей ПАВ в текущем году по отношению к предыдущему году меньше 1,3 ожидается снижение уровня заболеваемости ВИЧ-инфекцией через годичный временной интервал.

#### Выводы

Таким образом, для прогнозирования заболеваемости ВИЧ-инфекцией и наркоманией среди населения с помощью метода математического моделирования следует учитывать количество потребителей ПАВ на территории региона в текущем и в предыдущие два года наблюдения. Следует также учитывать показатель соотношения их количества в текущем и в предыдущих годах. Целесообразно в дальней-

шем с использованием прогностических расчетных данных решить вопрос широкого внедрения моделирования показателей последствий эпидемии ВИЧ-инфекции на региональном уровне. Современная медицина может в значительной мере выиграть от использования методов математического моделирования в области определения динамики эпидемического процесса ВИЧ-инфекции, когда напрямую его наблюдать сложно, а также использования полученных данных для моделирования эпидемического процесса на больших популяциях или в малых группах [10].



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плавинский С.Л. Моделирование ВИЧ-инфекции и других заразных заболеваний человека и оценка численности групп риска. Введение в математическую эпидемиологию. Глобус. М. 2009. С. 16–22.  
*Plavinskij S.L. Modelirovanie VICH-infekcii i drugih zaraznyh zabolovanij cheloveka i oценка chislennosti grupp riska. Vvedenie v matematicheskuyu jepidemiologiju. Globus. M. 2009. S. 16–22*
2. Никитин В.В. и др. Эконометрика. Методические указания к контрольным занятиям. Чебоксары. 2004. С. 1–64.  
*Nikitin V.V. i dr. Jekonometrika. Metodicheskie ukazanija k kontrol'nyj zanjatijam. Cheboksary. 2004. S. 1–64.*
3. Шикин Е.В. и др. Математические методы и модели в управлении: учеб. пособие. 2-е изд., испр. М.: Дело, 2002. С. 5–13.  
*Shikin E.V. i dr. Matematicheskie metody i modeli v upravlenii: ucheb. posobie. 2-e izd., ispr. M.: Delo, 2002. S. 5–13.*
4. ВОЗ/ЮНЭЙДС. Развитие эпидемии СПИДа. Специальный доклад, посвященный профилактике ВИЧ. 2005.  
*VOZ/JUNJEJDS. Razvitie jepidemii SPIDa. Special'nyj doklad, posvjashhenyj profilaktike VICH. 2005.*
5. Покровский В.В. и др. Федеральный научно-методический центр по профилактике и борьбе со СПИДом. Учебный курс по ВИЧ-инфекции для медицинских работников. М. 2005. С. 5–9.  
*Pokrovskij V.V. i dr. Federal'nyj nauchno-metodicheskij centr po profilaktike i bor'be so SPIDom. Uchebnyj kurs po VICH-infekcii dlja medicinskih rabotnikov. M. 2005. S. 5–9.*
6. Покровский В.В. Эпидемиология и профилактика ВИЧ-инфекции и СПИД. М.: Медицина, 2006. С. 3–9.  
*Pokrovskij V.V. Jepidemiologija i profilaktika VICH-infekcii i SPID. M.: Medicina, 2006. S. 3–9.*
7. Шкарин В.В. и др. Прогнозирование заболеваемости дизентерией в условиях крупного промышленного города. Нижегородский медицинский журнал. 1991. № 1. С. 9–12.  
*Shkarin V.V. i dr. Prognozirovanie zaboljevaemosti dizenteriej v uslovijah krupnogo promyshlennogo goroda. Nizhegorodskij medicinskij zhurnal. 1991. № 1. S. 9–12.*
8. Табаков В.А. Оптимизация системы эпидемиологического надзора за ВИЧ-инфекцией в аграрно-промышленном регионе: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Н. Новгород, 2005. С. 132–139.  
*Tabakov V.A. Optimizacija sistemy jepidemiologicheskogo nadzora za VICH-infekciej v agrarno-promyshlennom regione: avtoref. diss. ... kand. med. nauk. N. Novgorod, 2005. S. 132–139.*
9. Табаков В.А., Никитин В.В., Голенков А.В. Эпидемиологические и прогностические аспекты заболеваемости наркоманией и ВИЧ-инфекцией на региональном уровне. Наркология. М. 2007. № 8. С. 28–33.  
*Tabakov V.A., Nikitin V.V., Golenkov A.V. Jepidemiologicheskie i prognosticheskie aspekty zaboljevaemosti narkomaniej i VICH-infekciej na regional'nom urovne. Narkologija. 2007. № 8. S. 28–33.*
10. Meyer W. Concepts of Mathematical Modeling. Mineola, Nork: Dover Publications, Inc., 1984.