

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ

УДК 614.446

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭПИДЕМИИ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ РАННИХ СЛУЧАЕВ ЗАРАЖЕНИЯ

¹ Д.А.Нешумаев, ¹ М.А.Малышева, ¹ Н.М.Шевченко, ¹ Ю.А.Кокотюха, ¹ Е.М.Мейрманова, ² Т.И.Уланова,
² Ю.Е.Загрядская

¹ Красноярский краевой Центр профилактики и борьбы со СПИД, Красноярск, Россия

² НПО «Диагностические системы», Нижний Новгород, Россия

MODELING THE DYNAMICS OF HIV EPIDEMIC BASED ON THE INCIDENCE OF EARLY HIV CASES

¹ D.A.Neshumayev, ¹ M.A.Malysheva, ¹ N.M.Shevchenko, ¹ Yu.A.Kokotyukha, ¹ Ye.M.Meyrmanova, ² T.I.Ulanova,
² Yu.Ye.Zagryadskaya

¹ Krasnoyarsk Regional Centre for Prevention and Control of AIDS, Krasnoyarsk, Russia

² NPO Diagnosticheskiye Sistemy, Nizhny Novgorod, Russia

Ошибки прогнозирования ожидаемого количества ВИЧ-инфицированных лиц приводят к организационным и экономическим проблемам. В частности, объем выделяемых бюджетных средств на закупку лекарственных препаратов и тест-систем может оказаться несоответствующим реальной эпидемиологической ситуации. Цель исследования. Оценить точность моделирования эпидемии ВИЧ-инфекции, используя стандартные эпидемиологические данные, дополненные частотой встречаемости ранних случаев заражения. Поиск подходов к составлению более точного прогноза определил актуальность и цель данной работы. Материалы и методы. Ретроспективное моделирование динамики эпидемии проведено в период с 2010 по 2014 год с учетом количества вновь заражающихся и умирающих ВИЧ-инфицированных лиц. Моделирование динамики ВИЧ-инфекции выполнено ретроспективно с использованием коэффициента прироста ВИЧ-инфекции в популяции. Данный параметр является экспериментально установленным значением, которое вычислено на основании частоты встречаемости ранних случаев заражения. Оценка недавней ВИЧ-инфекции включает лиц с отрицательным/неопределенным результатом иммунного блота и p24 антигеном (ИБ- p24+, ИБ+/- p24+), а также выборочно у лиц с положительным иммунным блотом (ИБ+). Использование в диагностическом алгоритме дополнительного анализа для определения давности заражения позволило рассчитать вероятное количество вновь заражающихся лиц через частоту встречаемости ранних случаев инфицирования в популяции. В среднем один «упущенный» человек может заражать в год дополнительно еще одного партнера ($0,64 \pm 0,09$ человек) ($p < 0,05$). Разница между этим значением и летальностью позволяет вычислить коэффициент прироста, который является параметром скорости развития эпидемии и характеризует краткосрочный тренд развития заболевания. Средняя ошибка прогноза с использованием коэффициента прироста составила 4%, а метода наименьших квадратов — 26% при сравнении с истинным количеством выявленных случаев ВИЧ-инфекции. Частота встречаемости ранних случаев заражения может быть критерием эффективности профилактической, противоэпидемической работы и позволяет рассчитать минимально необходимый объем скрининга, при котором тренд развития эпидемии может быть нисходящим.

Ключевые слова: модель эпидемии ВИЧ-инфекции, ранняя ВИЧ-инфекция, p24 антиген ВИЧ, моделирование инфекционных заболеваний.

Errors in forecasting the expected number of HIV patients lead to organizational and economic problems. In particular, the budgetary funding of the purchases of drugs and diagnostic means may turn out to be inadequate to a real epidemiological situation. Study objective: To ascertain the accuracy of modeling of HIV infection based on standard epidemiological data supplemented with the incidence of early HIV cases. The expediency of this task is determined by the necessity to find approaches to making more accurate prognoses. Materials and methods: Retrospective modeling of the dynamics of HIV epidemic was carried out for the period of 2010 to 2014 with account of the incidence of new HIV cases and HIV-related mortality rate. The coef-

efficient of HIV increment in the study population was used. This parameter is determined from empirical data by calculating the incidence of the early HIV cases are assumed to be those that have negative or uncertain results of immunoblotting for p24 antigen and some p24-positive cases selected based on additional criteria. The use of parameters accounting of the time elapsed from HIV contraction made it possible to calculate the probable number of the cases of newly acquired HIV based on the incidence of early HIV cases in the population. On average, one «missed» HIV case may result in infecting $0,64 \pm 0,09$ ($p < 0,05$) persons annually. The difference between this estimate and HIV-related mortality rate provides for calculating the increment coefficient, which characterizes the rate of HIV spread and determines the short-time trend of HIV epidemic. The mean error of this prognosis relative to the actual number of HIV cases found was 4% vs. 26% found in the case of using the least squares method. The incidence of the early HIV cases may be used as a criterion of the effectiveness of preventive interventions and for calculating the minimal scope of screening that can make the trend of HIV epidemic be declining.

Key words: model of HIV epidemic, early HIV case, p24 antigen of HIV, modeling of infectious diseases.

Введение. Существует достаточно много моделей развития эпидемического процесса [1, 2]. Большинство из них никогда не применялось в деятельности Центров СПИД либо по причине ориентированности на страновой уровень [3, 4], либо сложностей, связанных с подбором поправочных коэффициентов, позволяющих наиболее точно описать ситуацию [5]. Зачастую некоторые факторы, предлагаемые в качестве входных данных, невозможно определить без организации специальных исследований, например, уровень социальной дезадаптации [6].

В результате для службы по надзору за ВИЧ-инфекцией с отработанной и утвержденной системой сбора и мониторинга определенных групп индикаторов [7] такие модели представляют в большей мере теоретический интерес.

Вместе с тем построение прогнозов эпидемического процесса обладает важной экономической и управленческой составляющей [8, 9]. От того, сколько мы ожидаем выявить ВИЧ-инфицированных пациентов, зависит объем закупаемых диагностик и лекарственных препаратов. Достаточно часто эпидемиологические отделы Центров СПИД для решения этой задачи пользуются методом наименьших квадратов [10]. К сожалению, этот проверенный временем способ в условиях эпидемии Красноярского края в последние годы дает некорректную оценку.

Поиск подхода к составлению более точного прогноза развития динамики ВИЧ-инфекции определил актуальность данной работы.

Цель работы: оценить точность моделирования эпидемии ВИЧ-инфекции, используя стандартные эпидемиологические данные, дополненные частотой встречаемости ранних случаев заражения.

Материалы и методы. Работа проведена в Красноярском краевом Центре профилактики и борьбы со СПИД в период с 2011 по 2014 год.

Моделирование динамики ВИЧ-инфекции выполнено ретроспективно с использованием коэффициента прироста ВИЧ-инфекции в популяции. Данный параметр является экспериментально установленным значением, которое вычислено на основании частоты встречаемости ранних случаев заражения. Оценка недавней ВИЧ-инфекции включает лиц с отрицательным/неопределенным результатом иммунного блота и р24 антигеном (ИБ- р24+, ИБ+/- р24+), а также выборочно у лиц с положительным иммунным блотом (ИБ+).

Дополнительный лабораторный анализ был внедрен в стандартный диагностический алгоритм ВИЧ-инфекции последовательным этапом после арбитражных исследований (рис. 1).

Определение давности заражения среди лиц с положительным результатом иммунного блота проводилось с использованием тест-системы «ДС-ИФА-ВИЧ-АТ-СРОК» (НПО «Диагностические системы», г. Нижний Новгород).

Периоды мониторинга вероятного срока инфицирования:

1. 2011 год — январь-апрель (4 месяца).
2. 2013 год — октябрь-декабрь (3 месяца).
3. 2014 год — январь-март и октябрь-декабрь (6 месяцев).

В каждом из изученных месяцев было обследовано случайным образом от 50 до 95% вновь выявленных ВИЧ-инфицированных лиц.

Моделирование эпидемии проведено с использованием следующих формул:

$$\begin{aligned} & \text{Общее кол-во «ВИЧ+» в популяции} = \\ & = \frac{\text{Кол-во «ВИЧ+», выявленное при скрининге}}{\text{Охват скринингом}} \times \\ & \times \text{Численность населения} \end{aligned}$$

$\text{Невыявленные «ВИЧ+»} = \text{Общее кол-во «ВИЧ+» в популяции} - \text{«ВИЧ+», выявленное при скрининге},$

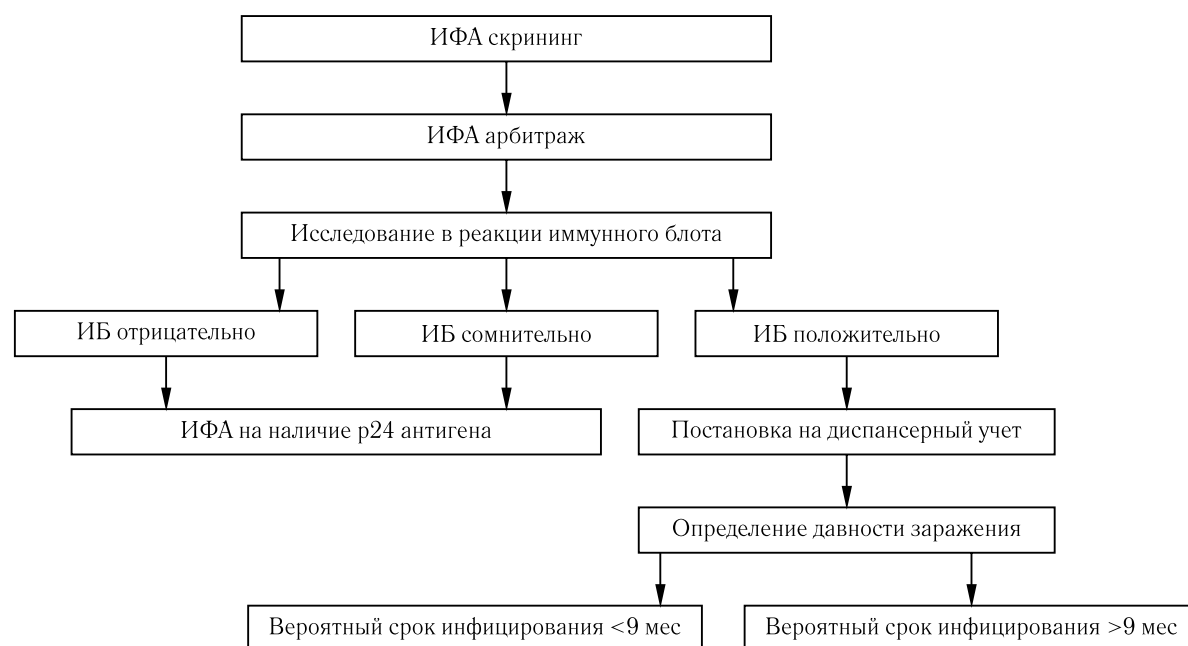


Рис. 1. Место анализа для определения давности заражения ВИЧ-инфекцией в алгоритме диагностики ВИЧ-инфекции.

где: «ВИЧ+» — ВИЧ-инфицированные лица.

$$\text{Коэффициент репродукции ВИЧ} = \frac{\text{Кол-во лиц, инфицированных } < 9 \text{ мес}}{\text{Кол-во не выявленных «ВИЧ+» в предыдущий календарный год}}$$

$$\text{Летальность} = \frac{\text{Кол-во умерших лиц с ВИЧ-инфекцией}}{\text{Кол-во людей, живущих с ВИЧ}}$$

$$\text{Коэффициент прироста ВИЧ-инфекции} = \text{Коэффициент репродукции ВИЧ} - \text{Летальность}$$

Анализ точности прогноза проведен в сравнении с истинным количеством выявленных ВИЧ-инфицированных случаев и методом наименьших квадратов.

Максимальный охват скринингом зарегистрирован в 2011 году — 25% от численности населения края. В последующие годы объем исследований населения на ВИЧ-инфекцию сократился. Несмотря на этот важный фактор, выявление зараженных лиц увеличивается приблизительно на 30% ежегодно. Существенный прирост отмечается при выявлении заболевания как на ранней стадии с неполным иммунным блотом и детекцией p24 антигена, так и с положительным спектром антител, что позволяет предполагать запаздывание регистрируемой статистики за реальным эпидемическим трендом.

Очевидно, что в условиях неполного скрининга среди вновь выявленных пациентов с положитель-

Таблица 1
Охват скринингом и количество вновь выявленных ВИЧ-инфицированных лиц с 2010 по 2014 год

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Население	2 832 854	2 829 105	2 838 396	2 846 475	2 852 810
Объем скрининга	677 984	705 659	684 287	575 055	569 921
ИБ- p24+	22	46	41	93	177
ИБ +/- p24+	33	27	53	135	249
Выявлено ИБ+	1605	1798	2059	2688	3696

Статистическая обработка, достоверность отличий и доверительные интервалы вычислялись с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Некоторые эпидемиологические характеристики ВИЧ-инфекции в Красноярском крае в период с 2010 по 2014 год представлены в таблице 1.

ним иммунным блотом неизбежно будут случаи заражения предыдущих лет, выявленных только сейчас. Отсутствие информации об истинном количестве ранних заражений делает сложной объективную оценку эффективности проводимых противоэпидемических и профилактических мероприятий и затрудняет прогнозирование развития эпидемии.

Таблица 2

**Определение доли ранних случаев заражения среди вновь выявленных
ВИЧ-инфицированных пациентов в 2011, 2013 и 2014 годах**

Показатель	2011 г.	2013 г.	2014 г.
Всего исследовано на давность заражения	397	459	1615
— из них инфицированы <9 мес	111	96	362
— из них инфицированы >9 мес	286	363	1253
Вероятное количество лиц с давностью <9 мес среди всего населения Красноярского края ($p < 0,05$)	2017 ± 153	2782 ± 205	4145 ± 252
Вероятное количество лиц с давностью >9 мес среди всего населения Красноярского края ($p < 0,05$)	5192 ± 245	$10\,524 \pm 399$	$14\,356 \pm 469$

Для определения более точной динамики ВИЧ-инфекции в 2011, 2013 и 2014 годах проведены выборочные исследования, позволившие определить частоту встречаемости ранней ВИЧ-инфекции среди вновь выявленных пациентов с положительным иммунным блотом (табл. 2).

В 2011 году было выявлено порядка 1800 ВИЧ-положительных людей. Из этой когорты обследовано на давность заражения 22% случайных пациентов.

Такая выборка позволяет утверждать с вероятностью 95%, что в Красноярском крае реальное количество лиц, инфицированных <9 месяцев в 2011 году (включая необследованных в скрининге), находится в диапазоне от 1864 до 2170. Если к ним добавить случаи выявления лиц с р24 антигеном, то окажется, что количество лиц, взятых на диспансерный учет, меньше новых случаев заражения ВИЧ-инфекцией. Исходя из этих зависимостей, можно найти минимально необходимый объем скрининга, при котором эпидемический процесс пойдет на спад.

год позволяет вычислить коэффициент репродукции, который показывает, сколько людей в среднем инфицирует один невыявленный случай. Количество невыявленных лиц можно вычислить стандартными статистическими методами, зная численность населения, охват скринингом и количество выявленной при скрининге ВИЧ-инфекции.

Противовесом прирастающему количеству ВИЧ-инфекции являются лица, умершие и, следовательно, навсегда покинувшие популяцию как источники вируса.

Таким образом, балансовым параметром эпидемического процесса будет разница между значениями коэффициента репродукции и летальности. Этот показатель характеризует скорость развития ВИЧ-инфекции в определенный период времени и во многом будет определять текущий тренд заболевания (табл. 3).

Из данных таблицы 3 следует, что летальность на протяжении нескольких лет сохраняет стабильное значение. Устойчивость коэффициента приро-

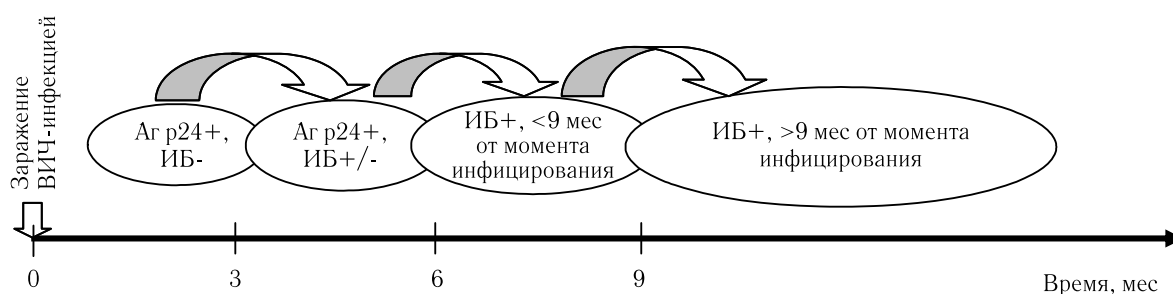


Рис. 2. Динамика выявления лабораторных маркеров ВИЧ-инфекции в процессе развития заболевания.

Но значительный интерес также представляют не расчетные количества сами по себе, а их весовые доли относительно всей популяции ВИЧ-инфицированных лиц. Таким образом, можно получить текущий хронологический срез, где ранжировка проведена по лабораторным маркерам (рис. 2).

Отношение лиц, зараженных по срокам до 9 месяцев, ко всем упущенным случаям ВИЧ-инфекции в популяции в предыдущий календарный

ста в 95%-ном доверительном диапазоне позволяет использовать при дальнейших расчетах среднее значение.

Вычисление краткосрочного тренда развития эпидемии проведено в соответствии со схемой, изложенной на рисунке 3.

Анализ рисунка 3 позволяет понять, что базовые характеристики, влияющие на заболеваемость — это численность населения, объем скрининга и рас-

Таблица 3

Расчет коэффициента прироста ВИЧ-инфекции в Красноярском крае

Показатель	2011 г.	2013 г.	2014 г.
Коэффициент репродукции ($p<0,05$)	$0,59\pm0,08$	$0,69\pm0,09$	$0,65\pm0,07$
Летальность	0,04	0,04	0,04
Коэффициент прироста ($p<0,05$)	$0,55\pm0,08$	$0,65\pm0,09$	$0,61\pm0,07$
Средний коэффициент прироста за 2011–2014 гг. ($p<0,05$)		$0,60\pm0,09$	

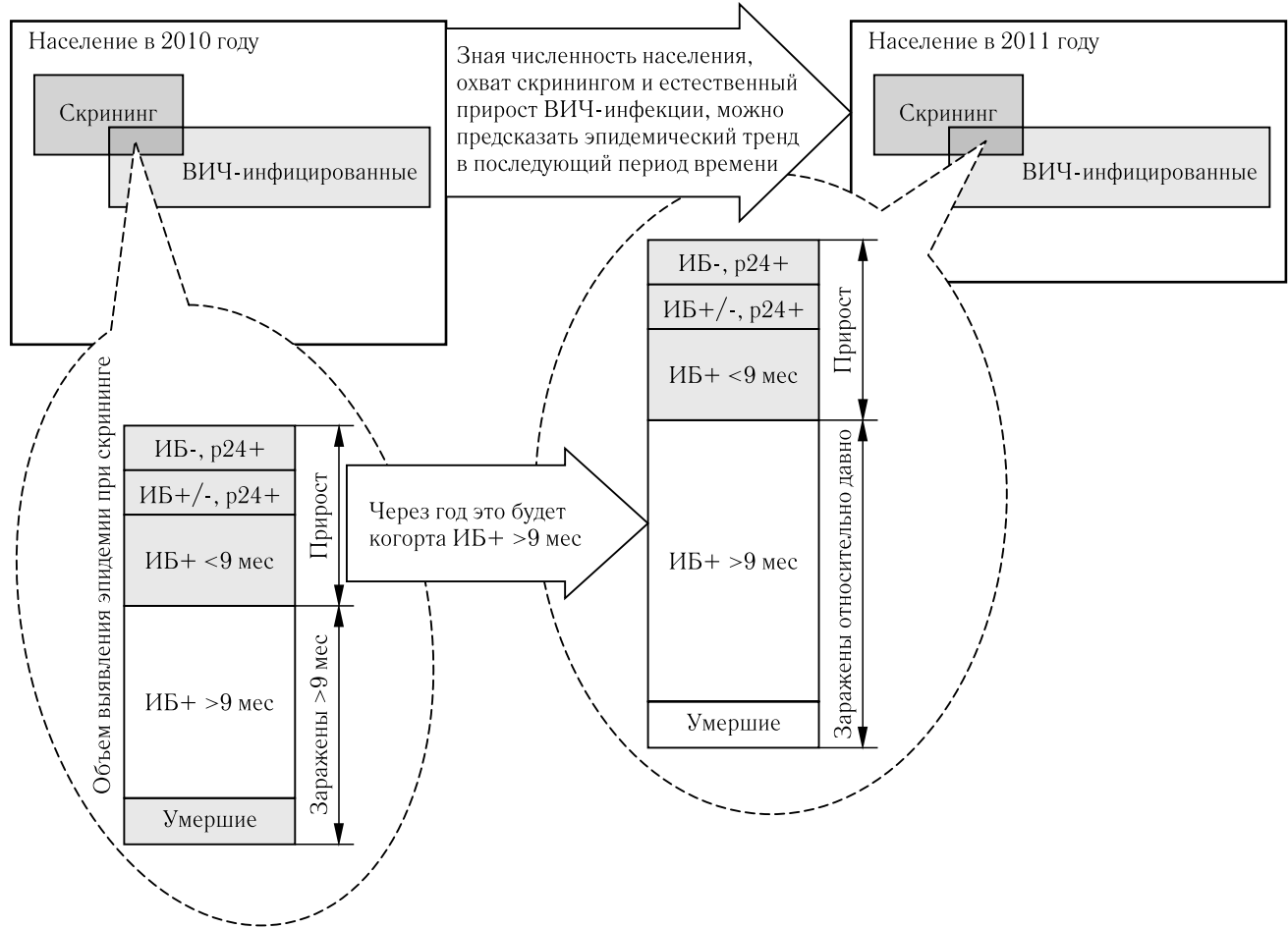


Рис. 3. Схема прогнозирования эпидемии в последующий период времени.

пределение ВИЧ-инфицированных лиц по времени от момента заражения.

Предполагается, что пациенты, состоящие на диспансерном учете, участвуют в эпидемическом процессе несущественно. Часть из них получают высокоактивную антиретровирусную терапию, что также способствует снижению контагиозности.

Поэтому наибольшую опасность представляют лица, не знающие о своем ВИЧ-статусе.

На первом этапе необходимо рассчитать численность ВИЧ-инфекции в популяции, зная количество населения, охват скринингом и количество вновь выявленных случаев. Это позволяет нивелировать зависимость прогноза от объема скрининга.

Далее необходимо вычесть из полученного значения число вновь выявленных лиц, установленных в течение календарного года. Таким образом, мы получим оценку невыявленной ВИЧ-инфекции.

Полученное значение следует умножить на коэффициент естественного прироста, установленный опытным путем.

Суммирование значений полученного приращения и общей популяции невыявленных ВИЧ-инфицированных лиц позволяет определить количество зараженных людей в следующий год.

Завершающим этапом необходимо решить обратную задачу — сделать поправку на предполагаемый охват скринингом (табл. 4).

Таблица 4

Моделирование количества выявленных ВИЧ-инфицированных лиц (включая установленных по р24 Ag) с использованием коэффициента прироста

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Расчетное кол-во «ВИЧ+» в популяции по скринингу ($p < 0,05$)	6936 $\pm$ 291	7501 $\pm$ 294	8931 $\pm$ 328	14 434 $\pm$ 467	20 633 $\pm$ 561
Остались не выявлены (расчетное кол-во — выявленные) ($p < 0,05$)	5276 $\pm$ 291	5630 $\pm$ 294	6778 $\pm$ 328	11 518 $\pm$ 467	16 511 $\pm$ 561
Расчет прироста новых случаев заражений ($p < 0,05$)	—	3182 $\pm$ 475	3395 $\pm$ 507	4087 $\pm$ 610	6946 $\pm$ 1037
Общее кол-во «ВИЧ+» в популяции на конец года ($p < 0,05$)	—	8458 $\pm$ 766	9025 $\pm$ 801	10 865 $\pm$ 938	18 464 $\pm$ 1503
Будут выявлены (поправка на скрининг) ($p < 0,05$)	—	2110 $\pm$ 183	2176 $\pm$ 200	2195 $\pm$ 226	3689 $\pm$ 304

В 2011 году была произведена первая оценка коэффициента прироста. В дальнейшем, используя расчетное количество упущенных случаев в предыдущий год и стабильность коэффициента прироста, проведено моделирование динамики ВИЧ-инфекции на годовых периодах.

Согласно данным Л.А.Рузаева и соавт. (2008)[10], 97% лиц с р24 антигеном в последующем подтверждаются в реакции иммунного блота. Но традиционный анализ эпидемиологических данных учитывает только лиц, выявленных по положительному спектру антител. Поэтому для проведения сравнительного анализа можно уменьшить расчетную величину. Но так как доля лиц с р24 антигеном составляет незначительное абсолютное и относительное значение (до 2013 года десятки человек в год) и укладывается в погрешность доверительного коридора, то эту поправку в нашем случае можно не делать.

Результат определения ожидаемого количества ВИЧ-инфицированных случаев, определенных разными методами прогнозирования, представлен на рисунке 4.

Очевидно, что в условиях Красноярского края метод наименьших квадратов дает менее точный

расчет. Погрешность, вычисленная как процентное отклонение от 95%-ного доверительного коридора, показывает улучшение надежности прогноза более чем в 6 раз (табл. 5).

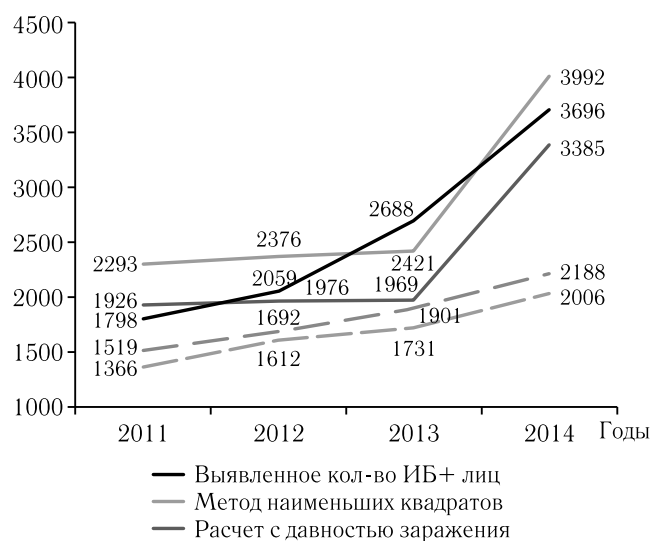


Рис. 4. Сравнительный анализ истинного количества выявленной ВИЧ-инфекции (в положительной реакции иммунного блота), метода наименьших квадратов и прогноза с использованием коэффициента прироста.

Таблица 5

Прогностическая погрешность метода наименьших квадратов и метода с использованием коэффициента прироста

Показатель	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Среднее
Метод наименьших квадратов, %	16	18	29	41	26
Коэффициент прироста, %	7	0	10	0	4

расчет. Погрешность, вычисленная как процентное отклонение от 95%-ного доверительного коридора, показывает улучшение надежности прогноза более чем в 6 раз (табл. 5).

При моделировании определенного года с использованием коэффициента прироста допускалось предположение, что нам известна числен-

ность населения края и итоговый охват скринингом. При проспективном моделировании эти данные будут приблизительными, но даже в этом случае максимально допустимая статистическая ошибка не увеличивается более чем на 2–3%.

Существующее на сегодняшний день занижение оценки ожидаемой эпидемии является одной из причин, из-за которой закупка подтверждающих тест-систем проводится в недостаточном количестве. В течение календарного года возникают дефицит реагентов и неполная загруженность лабораторных мощностей.

Получение более точной информации связано с внедрением в диагностический алгоритм вспомогательного анализа для определения давности заражения. Эффективность такой модификации может быть рассчитана как отношение стоимости дополнительно проведенных иммуноферментных исследований к ущербу, который возникает вследствие менее точного прогноза. Этот параметр должен включать не только прямой негативный эффект, такой как перебои в работе лаборатории, но и эпидемиологическую составляющую — несвоевременное выявление ВИЧ-инфекции и рост числа упущенных случаев.

Необходимо отметить, что использование при расчете коэффициента репродукции только лиц с р24 антигеном приводит к очень большому доверительному диапазону, теряющему практическую ценность. В случаях, когда количество выявления таких пациентов составляет десятки в год, такая технология на годовых временных интервалах вообще не применима.

Поэтому использование дополнительного теста, значительно увеличивающего количество наблюдений, является оправданным. Исследование хорошо интегрируется в стандартный диагностический алгоритм. Длительность анализа 1,5–2 часа, при этом не требуется дополнительного обучения лаборантов или специального оборудования.

Несмотря на устойчивость коэффициента прироста в течение нескольких лет, целесообразно проводить периодическое калибровочное исследо-

вание, благодаря которому можно будет оценить скорость развития эпидемии с учетом изменений в проводимой противоэпидемической работе и миграционном процессе.

Также стоит отметить, что при проведении сплошных или выборочных исследований, определяющих вероятный срок заражения, появляется ряд полезных косвенных инструментов, позволяющих проводить объективную оценку эффективности проводимых профилактических мероприятий или расчет минимально необходимого охвата скринингом, при котором тренд развития эпидемии может быть нисходящим.

Заключение. Внедрение в диагностический алгоритм дополнительного анализа для определения давности заражения дает возможность оценить объективную скорость развития ВИЧ-инфекции. В условиях Красноярского края один невыявленный человек с ВИЧ-инфекцией инфицирует в среднем $0,64 \pm 0,09$ человек в год. Прогноз динамики эпидемии с использованием коэффициента прироста более точен, чем метод наименьших квадратов. Средняя ошибка в период с 2011 по 2014 год составила 4 и 26% соответственно. Частота встречаемости ранних случаев заражения может быть критерием эффективности профилактической, противоэпидемической работы и позволяет рассчитать минимально необходимый объем скрининга, при котором тренд развития эпидемии может быть нисходящим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андерсон Р., Мэй Р. Инфекционные болезни человека: динамика и контроль. — М.: Мир, Научный мир, 2004. — 784 с.
2. Плавинский С.Л. Моделирование ВИЧ-инфекции и других заразных заболеваний человека и оценка численности групп риска. Введение в математическую эпидемиологию. — М., 2009. — 100 с.
3. Spectrum — Policy Modeling System / Agency for International Development or the U.S. — 2015. — URL: <http://www.healthpolicyinitiative.com/index.cfm?id=software&get=Spectrum> (дата обращения 02.08.2015).
4. Рюль К., Покровский В.В. Модель социально-экономических последствий эпидемии ВИЧ/СПИДа в РФ. — 2004. — URL: http://www.ilo.org/moscow/news/WCMS_245560/lang-ru/index.htm (дата обращения 02.09.2015).
5. Розенталь В.В., Беяков Н.А., Пантелеева О.В. Математические модели развития эпидемии ВИЧ // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. — 2010. — Т. 2, № 3. — С. 7–14.
6. Романюха А.А., Носова Е.А. Модель распространения ВИЧ-инфекции в результате социальной дезадаптации // Управление большими системами. Выпуск 34. — М.: ИПУ РАН, 2011. — С. 227–253.
7. Мониторинг и оценка эффективности мероприятий по профилактике и лечению ВИЧ-инфекции: Методические рекомендации утв. 06.08.2007 № 5950-РХ / Минздравсоцразвития РФ. — М., 2007. — 20 с.
8. Вопросы эпидемиологии и моделирования ВИЧ-инфекции: Медицинский тематический архив / Под ред. Н.А.Беякова, В.В.Розенталя, В.В.Рассохина, Т.Н.Виноградовой. — СПб.: Балтийский медицинский образовательный центр, 2015. — 368 с.
9. Хеймер Р., Милс Х.Л., Уайт Э., Вакерман П., Колийн К. Моделирование эпидемии ВИЧ в Санкт-Петербурге // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. — 2014. — Т. 6, № 1. — С. 59–65.

10. *Применение методов математической статистики при проведении эпидемиологического анализа: методическое пособие* / Под ред. проф. Далматова В.В. — М.: Медицинская книга, 2005. — 334 с.
11. Рузаева Л.А., Ольховский И.А., Нешумаев Д.А., Шевченко Н.М., Виноградова М.Н. Значимость иммуноферментного теста для выявления антигена вируса иммунодефицита человека р24 в подтверждении ВИЧ-инфекции // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. — 2008, № 6. — С. 19–22.

References

1. Anderson R., Mehry R. *Infekcionnihe bolezni cheloveka: dinamika i kontrolj* (Infectious diseases of humans: dynamics and control), Moscow: Mir, Nauchniy mir, 2004, 784 p.
2. Plavinskiy S.L. *Modelirovanie VICH-infekcii i drugikh zaraznykh zabolovaniy cheloveka i ochenka chislennosti grupp riska. Vvedenie v matematicheskuyu ehpidemiologiyu* (Modeling HIV infection and other communicable diseases and assessment of the population at risk. Introduction to mathematical epidemiology), Moscow, 2009, 100 p.
3. <http://www.healthpolicyinitiative.com/index.cfm?id=software&get=Spectrum> (August 02, 2015).
4. http://www.ilo.org/moscow/news/WCMS_245560/lang-ru/index.htm (September 02, 2015).
5. Rozentalj V.V., Belyakov N.A., Panteleeva O.V., *VICH-infekciya i immunosupressii*, 2010, vol. 2, No. 3, pp. 7–14.
6. Romanyukha A.A., Nosova E.A., *Upravlenie boljshimi sistemami*, issue 34, Moscow: IPU RAN, 2011, pp. 227–253.
7. *Monitoring i ochenka ehffektivnosti meropriyatij po profilaktike i lecheniyu VICH-infekcii: Metodicheskie rekomendacii utv. 06.08.2007 № 5950-RKh / Minzdravsozrazvitiya RF* (Monitoring and evaluation of the effectiveness of interventions for the prevention and treatment of HIV infection: guidelines approved 06.08.2007 No. 5950-RKH / the health Ministry of the Russian Federation), Moscow, 2007, 20 p.
8. *Voprosih ehpidemiologii i modelirovaniya VICH-infekcii: medicinskiy tematiceskij arkhiv* (The epidemiology and modelling of HIV infection: medical thematic archive), Saint-Petersburg: Baltijskiy medicinskiy obrazovatel'niy centr, 2015, 368 p.
9. Khеymer R., Mils Kh.L., Uayt Eh., Vakerman P., Koliyn K., *VICH-infekciya i immunosupressii*, 2014, vol. 6, No. 1, pp. 59–65.
10. *Primenenie metodov matematicheskoy statistiki pri provedenii ehpidemiologicheskogo analiza: metodicheskoe posobie* (The application of mathematical statistics methods for the epidemiological analysis: a methodological guide), Moscow: Medicinskaya kniga, 2005, 334 p.
11. Ruzaeva L.A., Oljkhovskiy I.A., Neshumaev D.A., Shevchenko N.M., Vinogradova M.N., *Zhurnal mikrobiologii, ehpidemiologii i immunobiologii*, 2008, No. 6, pp. 19–22.

Статья поступила 26.02.2016 г.

Контактная информация: Нешумаев Дмитрий Александрович, e-mail: neshumaev@gmail.com.

Коллектив авторов:

Нешумаев Дмитрий Александрович — к.м.н., врач клинической лабораторной диагностики Красноярского краевого Центра профилактики и борьбы со СПИД, 660028, Красноярск, ул. Лаво Кецовели, 71–36, +7 391 226-84-14, e-mail: neshumaev@gmail.com, neshumaev@inbox.ru;
 Малышева Марина Александровна — врач-эпидемиолог Красноярского краевого Центра профилактики и борьбы со СПИД, 660049, Красноярск, ул. Карла Маркса, 45, стр. 1, +7 391 226-84-09, e-mail: malysheva@aims.krsn.ru;
 Шевченко Нелля Михайловна — к.биол.н., зав. лабораторией иммуноферментных исследований Красноярского краевого Центра профилактики и борьбы со СПИД, 660049, Красноярск, ул. Карла Маркса, 45, стр. 1, +7 391 226-84-19, e-mail: aids@aims.krsn.ru;
 Кокотуха Юлия Александровна — врач клинической лабораторной диагностики Красноярского краевого Центра профилактики и борьбы со СПИД, 660049, Красноярск, ул. Карла Маркса, 45, стр. 1, +7 391 226-84-19, e-mail: julia_kokotukha@mail.ru;
 Мейрманова Елена Маратовна — врач клинической лабораторной диагностики Красноярского краевого Центра профилактики и борьбы со СПИД, 660049, Красноярск, ул. Карла Маркса, 45, стр. 1, +7 391 226-84-19, e-mail: mej.elena@yandex.ru;
 Уланова Татьяна Ивановна — зам. директора по науке НПО «Диагностические системы», 603093, а/я 69, Нижний Новгород, ул. Яблоневая, 22, +7 831 434-86-83, e-mail: tau5@npods.ru;
 Загрядская Юлия Евгеньевна — микробиолог НПО «Диагностические системы», 603093, а/я 69, Нижний Новгород, ул. Яблоневая, 22, +7 831 434-86-83, e-mail: zagryadskayaue@npods.ru.