

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ЛАБОРАТОРИЯ ЭКОНОМИКИ НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ И ДЕМОГРАФИИ

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

выпуск шестнадцатый

ДЕМОГРАФИЯ ВИЧ, ВЫП. 2

Редактор-составитель – к. э. н. Б. П. Денисов

Москва
МАКС Пресс
2009

**Редакционная коллегия сборника
«Демографические исследования»:**

И. А. Данилова, М. Б. Денисенко, Б. П. Денисов, Елизаров В. В., В. И. Сакевич, М. Э. Панова (ответственный секретарь)

Редакционная коллегия сборника «Демография ВИЧ»:

*Денисов Б. П., Михальский А. И.,
Сакевич В. И.* (ответственный секретарь)

М.: МАКС Пресс, 2009. – 92 с.

Эта книга – вторая с таким названием. «Демография ВИЧ», таким образом, становится серией. Россия какое-то время оставалась в стороне от постоянно разрастающейся эпидемии, первый случай ВИЧ в нашей стране был зарегистрирован в 1987г. Однако последующее развитие событий оказалось крайне неблагоприятным. Негативное воздействие эпидемии ВИЧ на будущее развитие России очевидно. Даже в гипотетическом случае, если вдруг по какой-либо чудесной причине эпидемия перестанет расти, последствия ее текущего уровня уже представляют собой серьезную общественную проблему. Между тем и текущая ситуация и перспективы развития эпидемии достаточно туманны и требуют значительного углубления исследовательской работы как в области динамики эпидемии, так и в области ее социальных, демографических и иных детерминант и последствий. Цель сборника прежняя – возбудить интерес к проблеме эпидемии у немедицинской части научного сообщества, вывести проблему ВИЧ/СПИД на более широкую дискуссионную площадку.

Для демографов, медиков, социологов, активистов гражданского общества.

Коллектив авторов обращается к читателям с просьбой направлять свои замечания и предложения по адресу:

119992 г. Москва. Воробьевы горы, 2-й уч. корпус гуманитарных факультетов, экономический факультет, лаборатория экономики народонаселения и демографии, к. 446

Тел/факс: (095) 939-29-29, e-mail: denisov@demography.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	iv
Сведения об авторах	viii
Список сокращений	ix
<i>О.А.Мельниченко, А.А. Романюха. Влияние социально-экономических факторов на динамику заболеваемости туберкулезом в России.....</i>	10
<i>В.Н. Новосельцев, А.И. Михальский, Ж.А. Новосельцева, Джим Кэри, Томас Скотт Старение переносчиков эпидемических заболеваний</i>	26
<i>Новосельцев В.Н. , Михальский А.И., Новосельцева Ж.А. Динамика эпидемий, распространяемых переносчиками, при учете их старения.....</i>	40
<i>В.Н. Новосельцев, А.И. Михальский, Ж.А. Новосельцева. Математическое моделирование эпидемий в гетерогенных условиях среды.....</i>	53
<i>Ю.А. Амирханян Социально-сетевые подходы в профилактике ВИЧ/СПИД</i>	63
<i>В.В. Киржанова Социально-демографические характеристики и особенности употребления наркотиков среди ПИН.....</i>	73
<i>Н.М. Левчук. Эпидемия ВИЧ/СПИДа в Украине: тенденции и последствия</i>	88
<i>Б.П. Денисов. Опыты прогнозирования эпидемии ВИЧ/СПИД в России.....</i>	113

ПРЕДИСЛОВИЕ

Из социально значимых заболеваний наибольшую известность получил СПИД. Эпидемия ВИЧ/СПИД, протекающая в нашей стране, является частью глобальной эпидемии, охватившей все районы мира. С другой стороны, в России эпидемия ВИЧ находится в так называемой концентрированной стадии, то есть развивается внутри наиболее уязвимых для ВИЧ групп населения, к которым относятся в первую очередь потребители инъекционных наркотиков, а также работницы коммерческого секса и мужчины, имеющие секс с мужчинами. Эти группы населения в значительной степени пересекаются. В силу своей специфики эпидемия развивается в населении, относящемуся к молодому трудоспособному возрасту, способствуя переходу части населения из производителей в чистых потребителей, увеличивая тем самым демографическую нагрузку¹. Концентрация уязвимых групп в относительно узком возрастном интервале и уникально разбалансированная возрастная структура России делают необходимым использование демографических подходов к анализу текущего состояния и прогноза эпидемии. К сожалению, эта простая мысль еще не достигла учреждений, ответственных за контроль за эпидемией в нашей стране.

Вышедший в 2005 году первый выпуск «Демографии ВИЧ» остается единственной специализированной работой на эту тему на русском языке². Он был издан при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ), настоящий выпуск поддержан экономическим факультетом МГУ. Демография ВИЧ в 2009 году впервые вошла в ряд учебных курсов, предлагаемых магистерской программой факультета по кафедре народонаселения. В конце 2008 года аналогичный курс читался стажерам Междисциплинарного центра по исследо-

¹ Обычная демографическая нагрузка – дети и неработающие пенсионеры.

² На иностранных языках таких работ также немного, что частично вызвано отсутствием за рубежом надёжной статистической базы для исследований. Единственным специализированным центром, занимающимся демографией ВИЧ в мире, является Центр демографии и экологии университета штата Висконсин в Мэдисоне.

ваниям и обучению в области СПИДа (Санкт-Петербург) и дважды в 2008 году на программах повышения квалификации специалистов из Таджикистана и Киргизии, которые проводились Фондом ООН по населению в Государственном университете Высшая школа экономики³. При подготовке настоящего сборника руководство экономического факультета приняло решение сделать его регулярным ежегодником в рамках продолжающегося издания Лаборатории экономики народонаселения и демографии «Демографические исследования». Заинтересованные авторы приглашаются к сотрудничеству.

Как и первый, второй выпуск «Демографии ВИЧ» носит междисциплинарный характер. Не являясь коллективом единомышленников, авторы сборника полагают, что эпидемия является сложным взаимосвязанным комплексом процессов, протекающих в популяциях хозяина (человека) и патогена (вируса ВИЧ). Этот комплекс неким непростым образом вписывается в общую ситуацию болезней разной этиологии, в основном инфекционных, в частности, гепатитов, туберкулеза, малярии и других. Сборник открывает статья О. А. Мельниченко и А. А. Романюхи *о влиянии социальных и экономических факторов на динамику заболеваемости туберкулезом*. Построенная модель и проведенный с ее помощью анализ данных позволили получить достаточно надежные оценки скрытой (не выявленной/латентной) заболеваемости и распространенности туберкулеза в регионах России. Эти оценки, как и оценки качества выявления больных в регионах, являются полезным дополнением к информации, используемой при управлении работой системой здравоохранения.

Далее следует блок из трех статей по эпидемиологическому моделированию, написанных специалистами из Института управления РАН и Университета Дэйвис, Калифорния. В начале третьего тысячелетия инфекционные болезни остаются одной из главных причин смерти людей в менее развитых странах Африки, Азии и Латинской Америки. Доступность средств гигиены, лекарств и превентивные мероприятия привели к практическому исчезновению инфекционных заболеваний (чума, тиф, туберкулез) в более развитых странах, где большую долю в структуре смертности теперь занимают сердечно-

³ Группы формировались из сотрудников министерств здравоохранения, государственных комитетов по статистике, преподавателей университетов.

сосудистые и онкологические заболевания. В силу большей численности населения менее развитых стран инфекционные заболевания остаются ведущей причиной смерти в современном мире. Возрастающая миграционная подвижность населения, прозрачность границ (для нашей страны особенно южных), другие стороны процесса глобализации, вероятное изменение климата, расширение и увеличение зон – генераторов патогенов привели и приводят к появлению новых инфекций, что предопределяет огромный интерес к закономерностям развития эпидпроцессов и контролю над ними. Особый интерес наблюдается к управлению противоэпидемическими мероприятиями и биологическим параметрам национальной безопасности. С широким распространением компьютерных технологий основным инструментом для понимания закономерностей развития эпидемий, оценок распространенности заболеваний, их прогноза и анализа, а также контроля над ними стали математические модели.

В статье *«Динамика эпидемий, распространяемых переносчиками, при учете их старения»* показано, что включение процессов старения переносчиков в анализ распространения эпидемий дает возможность получить уравнения развития, позволяющие строить более адекватные оценки и прогнозы, сравнительно с адвокативно-алармистскими. Развитие эпидемий происходит в неоднородной окружающей среде и классические модели в такой ситуации могут не работать, в статье *«Математическое моделирование эпидемий в гетерогенных условиях среды»* рассмотрены два таких примера. В статье *«Старение переносчиков эпидемических заболеваний»* авторам удалось показать, что возраст является важным фактором, влияющим на способность переносчика переносить патоген.

В статье Ю. А. Амирханяна *«Социально-сетевые подходы в профилактике ВИЧ/СПИД»* описаны инновационные подходы к профилактике ВИЧ: изучение поведенческого риска в контексте структуры и свойств социальных сетей, степень воздействия лидеров различного типа на поведение членов социальных сетей, связь динамики социальных сетей с поведенческим риском, изучение различных методов ВИЧ-профилактических вмешательств на уровне социальных сетей.

Статья В. В. Киржановой *«Социально-демографические характеристики и особенности употребления наркотиков среди ПИН»* описывает неоднородность основной уязвимой для ВИЧ группы на-

селения – внутривенных потребителей наркотиков (ПИН) не только с социальной и демографической точек зрения, но и в разрезе самих психоактивных веществ, то есть, употребления дополнительного наркотика, не являющегося основным. Работа в этом направлении имеет большое значение в качестве задела для разработки стратегий заместительной терапии в широком смысле⁴.

Статья Н. М. Левчук «Эпидемия ВИЧ/СПИДа на Украине: тенденции и последствия» создает традицию международного характера издания⁵, присутствия в сборнике материала о развитии эпидемии в союзной республике бывшего СССР. В первом выпуске была статья о Белоруссии. Редакция надеется на появление статей из других стран. Эпидемия ВИЧ на Украине является самой зрелой на территории бывшего СССР, поэтому освоение этого опыта критически важно для использования в других странах, возникших из бывшего СССР, поскольку они разделяют в значительной степени не только общий культурный и социально-психологический стереотип *советского человека*, но и принципы организации здравоохранения, включая его информационное обеспечение. Кроме этого, учитывая массовый характер миграции между нашими странами, можно говорить об эпидемии, протекающей внутри одних и тех же групп, а не о двух различных национальных эпидемиях.

Замыкает сборник статья Б. П. Денисова с обзором опыта прогнозирования эпидемии ВИЧ в нашей стране. Большое внимание в ней уделено ошибкам и заблуждениям разделенных авторами прогнозов и их причинах. Здесь нет нужды говорить о полезности этого опыта и извлеченных из него уроках, но статья именно об этом.

Авторы и составитель выражают искреннюю благодарность неизвестному рецензенту, котор-ый/ая взял на себя нелегкий труд прочитать черновик сборника и высказать ценные замечания, которые не только помогли в дальнейшей работе над текстом, но также будут учтены при работе над следующими выпусками. Мы также благодарны экономическому факультету МГУ за поддержку нашей работы.

Редактор-составитель

⁴ В узком смысле заместительная терапия — переход потребителя с героина внутривенно на метадон орально.

⁵ В смысле рассмотрения эпидемий ВИЧ за пределами Российской Федерации.

Сведения об авторах:

Амирханян Юрий Альбертович, зам. директора международных программ Исследовательского центра ВИЧ-профилактических вмешательств, Департамента психиатрии и поведенческой медицины, Медицинского колледжа Висконсина (Милуоки, США) и сотрудник Городской инфекционной больницы N 30 им. С. П. Боткина (Санкт-Петербург, Россия)

Денисов Борис Петрович, старший научный сотрудник Лаборатории экономики народонаселения и демографии экономического факультета МГУ им. М. Ломоносова

Киржанова Валентина Васильевна, ведущий научный сотрудник Федерального государственного учреждения «Национальный научный центр наркологии» Министерства здравоохранения и социального развития

Кэри Джим, Университет Дэйвиса, Калифорния США

Левчук Наталия Михайловна, зав. сектором Института демографии и социальных исследований Национальной академии наук Украины

Михальский Анатолий Иванович, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН

Новосельцев Василий Николаевич, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН

Новосельцева Жанна Анатольевна, старший научный сотрудник Института проблем управления РАН

Мельниченко Олеся Алексеевна, младший научный сотрудник Института вычислительной математики РАН

Романюха Алексей Алексеевич, зам. директора Института вычислительной математики РАН

Скотт Томас, Университет Дэйвиса, Калифорния США

Список сокращений

АРВ	антиретровирусная терапия
ВИЧ	вирус иммунодефицита человека
ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
ЗППП	заболевания, передаваемые половым путем
ЛСД	диэтиламид d-лизергиновой кислоты, юридически классифицируется как наркотик, считается самым известным психоделиком
ИНП	Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН
ИППП	инфекции, см. ЗППП
ИЭ	Институт экономики РАН
ККСР	клиенты коммерческих секс-работников
КСР, РКС	коммерческие секс-работники, или работники коммерческого секса
МОТ	Международная организация труда
МСМ	мужчины, имеющие секс с мужчинами
ПАВ	психоактивные вещества
ПИН	потребители инъекционных наркотиков
СПИД	синдром приобретенного иммунодефицита
СЭС	санитарно-эпидемическая станция
ТБ	туберкулез
ФНМЦ	Федеральный научно-методический центр по
СПИД	профилактике и борьбе со СПИДом (ФНМЦ СПИД)
ЮНЭЙДС	Объединенная программа Организации
ЮНЕЙДС	Объединенных Наций по ВИЧ/СПИДу
ЮНФПА	Фонд ООН для деятельности в области народонаселения
ESPAD	European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs – Проект по исследованию распространенности алкоголя и наркотических средств в школах Европы
RAND	Исследовательский некоммерческий центр в США, Research ANd Development

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ТУБЕРКУЛЕЗОМ В РОССИИ

В работе показано, что неоднородность регионов по инфицированности и распространенности может быть обусловлена как различиями в качестве работы противотуберкулезных учреждений, так и различиями социально-экономических характеристик регионов. Промоделирована динамика показателей инфицированности и распространенности туберкулеза при изменении социально-экономических условий. Полученные результаты показывают, что улучшение экономической ситуации может положительно влиять на эпидемиологическую обстановку, уменьшая распространенность и инфицированность.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в мире ежегодно заболевают туберкулезом 10 млн человек, а всего насчитывается 15–20 млн больных туберкулезом легких, выделяющих бактерии (а значит, опасных для окружающих). Среди инфекционных заболеваний туберкулез как причина смерти занимает первое место, в мире ежегодно от туберкулеза умирают около 3 млн человек [1]. В разных странах и регионах эпидемиологическая обстановка по туберкулезу различна. В экономически развитых странах отмечаются низкие показатели распространенности туберкулеза (5.4 больных на 100 тыс. населения в Голландии), а в развивающихся – более высокие (535 больных на 100 тыс. населения в Нигерии) [2]. В России заболеваемость равна 83.1, смертность 21.5, распространенность туберкулеза с бактериовыделением 88.3 на 100 тыс. населения [3].

Современные исследования показывают, что различия социально-экономических условий между странами и регионами могут быть одной из причин неоднородности по эпидемиологическим показателям [6–9]. Низкие доходы, перенаселенность, недоступность (или низкое качество) медицинского обслуживания являются факторами риска, поэтому эти характеристики необходимо учитывать при прогнозировании эпидемиологической обстановки и разработке стратегий контроля туберкулеза.

Традиционно для описания динамики распространения туберкулеза в разных странах применяется одна и та же модель, а различия описываются за счет изменения начальных значений и параметров модели [13]. Это естественный подход, основанный на предположении о единой биологической основе взаимоотношений возбудителя и организма человека. Однако в случае туберкулеза, как и ряда других инфекций, общество может воздействовать на течение эпидемического процесса за счет выявления, изоляции и лечения больных. Эффективность этого процесса зависит от выделяемых средств, способа действия и свойств системы здравоохранения. Эти особенности не всегда можно учесть за счет вариации значений параметров, иногда удобнее изменить структуру уравнений, ввести новые переменные.

Проблема описания распространения туберкулеза осложняется тем, что в различных странах схемы переходов между состояниями больного, как и способы определения самих состояний могут не совпадать. Различия в определении состояний больных приводят к различиям в данных учета больных, следовательно, к различиям в медицинской статистике. Эти осложнения необходимо учитывать при использовании и анализе данных национального статистического учета по заболеваемости туберкулезом.

Для России можно выделить следующие особенности: (i) практически полная вакцинация населения (в результате распространение туберкулеза, в основном, происходит в среде взрослого населения); (ii) наличие системы мер по выявлению, учету, лечению и наблюдению за больными туберкулезом, охватывающих основную часть населения; (iii) неоднородность регионов России по показателям заболеваемости и распространенности. Кроме этого, специалисты по туберкулезу в России считают, что после инфицирования и развития больной может последовательно проходить через состояние неактивного туберкулеза (без выделения бактерий в среду) в состояние активного туберкулеза (с выделением бактерий) и обратно в состояние неактивного туберкулеза [1]. Исследователи, работающие в ВОЗ, как правило, используют несколько другую схему переходов [13]. В используемой нами модели учтены эти особенности эпидемиологии туберкулеза и ее описания в России.

Описание модели

Модель, учитывающая особенности распространения туберкулеза в России, была построена в работах [4, 5]. Взрослое (старше 18 лет) население рассматриваемого региона (области) делится на 6 когорт, в которых все индивиды считаются одинаковыми по своим свойствам:

- S – восприимчивые вакцинированные индивиды;
- L – индивиды с латентной инфекцией, или не развившие активных форм болезни, или излеченные от активных форм туберкулеза;
- D – невыявленные больные туберкулезом органов дыхания (ТБОД), в активной стадии болезни, не выделяющие микобактерии туберкулеза;
- B – невыявленные больные в активной стадии ТБОД, выделяющие микобактерии туберкулеза;
- D_0 – больные в активной стадии ТБОД, не выделяющие микобактерии и находящиеся на учете системы противотуберкулезных диспансеров;
- B_0 – больные в активной стадии ТБОД, выделяющие микобактерии и находящиеся на учете системы противотуберкулезных диспансеров.

Переменными модели являются численности шести описанных выше когорт. Единственный аргумент – время t , все остальные буквенные обозначения предполагаются константами или заданными функциями времени. Схема модели изображена на рис. 1.

Модель описывает основные процессы, происходящие в популяции: инфицирование чувствительных индивидов, прогрессирование заболевания, выявление больных противотуберкулезной службой, выздоровление индивидов (как в результате лечения, так и спонтанное), смертность от туберкулеза, а также миграционные и демографические процессы.

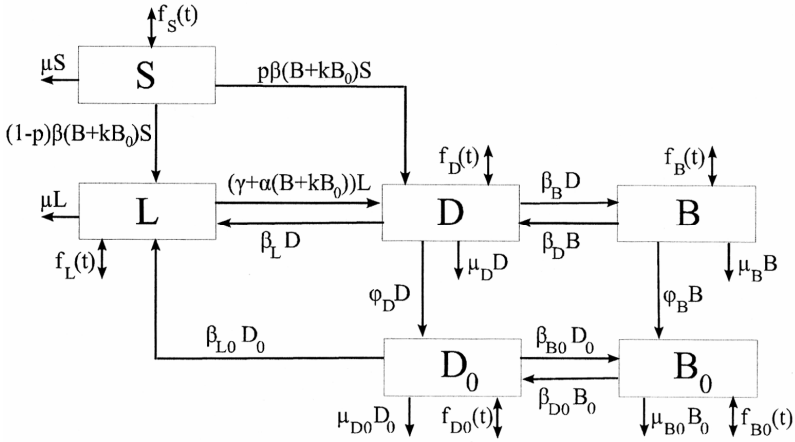


Рис 1. Схема модели, описывающей процесс распространения туберкулеза в России

Система обыкновенных дифференциальных уравнений, соответствующая схеме на рис. 1, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= -\beta S(B + kB_0) - \mu S + f_S(t), \\
 \frac{dL}{dt} &= (1-p)\beta S(B + kB_0) + \beta_L D + \beta_{L_0} D_0 - L(\gamma + \alpha(B + kB_0) + \mu) + f_L(t), \\
 \frac{dD}{dt} &= p\beta S(B + kB_0) + L(\gamma + \alpha(B + kB_0)) + \beta_D B - (\beta_B + \beta_L + \varphi_D + \mu_D)D + f_D(t), \\
 \frac{dB}{dt} &= \beta_B D - (\beta_D + \varphi_B + \mu_B)B + f_B(t), \\
 \frac{dD_0}{dt} &= \varphi_D D + \beta_{D_0} B_0 - (\beta_{B_0} + \beta_{L_0} + \mu_{D_0})D_0 + f_{D_0}(t), \\
 \frac{dB_0}{dt} &= \varphi_B B + \beta_{B_0} D_0 - (\beta_{D_0} + \mu_{B_0})B_0 + f_{B_0}(t).
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Определим основные эпидемиологические показатели в терминах модели. Инфицированность – доля группы L от общей численности рассматриваемой популяции N . Распространенность – общее число больных (группы D , B , D_0 и B_0) в расчете на 100 тыс. человек.

Учет неоднородности регионов

Анализировались данные за 1998–2000 годы для 14 (из 18) регионов Центрального Федерального Округа РФ (см. табл. 1). Выбор регионов обусловлен относительной однородностью этих регионов по показателям эпидемического процесса⁶.

Следует отметить, что по результатам выборочных исследований можно оценить значения параметров модели (1). Однако эти оценки имеют разную точность и не учитывают возможные различия между регионами. Поэтому на первом этапе работы все параметры модели кроме коэффициента заразности (или трансмиссивности) β оценивались на основе выборочных исследований. Параметр β оценивался из предположения стабильности эпидемической ситуации, подробнее см. в [5]. Полученные оценки инфицированности и распространенности характеризовались большим разбросом между регионами, что противоречит косвенным данным об их относительной однородности. Мы предположили, что возможной причиной наблюдаемого разброса могут являться региональные различия социально-экономических характеристик и различия в качестве работы противотуберкулезных учреждений.

Для того чтобы учесть влияние социально-экономических факторов на процесс распространения туберкулеза, мы предположили, что скорость обострения β_D (скорость перехода из гр. D в гр. B) и скорость ремиссии β_B (скорость перехода из гр. D в гр. B) являются функциями от социально-экономических показателей регионов:

$$\beta_D(i) = \beta_D^* + \alpha_1(P_i - P_{cp}),$$

$$\beta_B(i) = \beta_B^* - \alpha_2(P_i - P_{cp}),$$

где β_D^* , β_B^* – экспертные оценки величин, P_i – характеристика социально-экономических условий в i регионе. Коэффициенты α_1 , α_2 определялись для всего набора регионов из условия, что разброс эпидемиологических показателей между регионами должен быть минимальным. Таким образом оценивалось то, какая доля различий

⁶ Экспертная оценка специалистов

величин $D + B + D_0 + B_0$ и L между регионами может быть объяснена различиями в социально-экономических условиях и качестве работы противотуберкулезных учреждений.

Затем мы провели расчеты по методу, построенному в работе [5], который позволяет оценивать параметры модели с учетом социально-экономической неоднородности. В расчетах были использованы следующие характеристики: уровень безработицы, доход и жилплощадь на душу населения, а также их возможные комбинации.

Полученные результаты показывают, что неоднородность регионов по инфицированности и распространенности может быть обусловлена не только различиями в качестве работы противотуберкулезных учреждений, но и различиями социально-экономических характеристик регионов. При учете региональных различий социально-экономических характеристик удалось уменьшить разброс эпидемиологических показателей на 4%, при учете различий по качеству работы медицинских учреждений – на 10%. Учет всех факторов одновременно позволил уменьшить разброс на 16%.

Необходимо отметить, что вклад различных факторов не носит аддитивного характера, т.е. общий вклад нескольких факторов меньше суммы вкладов каждого. Наиболее значимым социально-экономическим фактором является показатель жилплощади на душу населения, второй по значимости среди рассмотренных характеристик – уровень безработицы.

В табл. 1 приведены регионы, для которых проводилось оценивание параметров модели, и их основные характеристики. Во втором и третьем столбцах представлены данные из [11, 12], усредненные за период с 1998 по 2000 г. В четвертом и пятом столбцах содержатся величины, полученные в результате оценки параметров с учетом неоднородности регионов по социально-экономическим показателям и по качеству работы противотуберкулезных учреждений. Из табл. 1 видно, что для всех рассмотренных регионов численность невыявленных больных сопоставима с численностью больных, состоящих на учете в противотуберкулезных учреждениях. Необходимо отметить, что даже после снижения разброса эпидемиологических показателей на 16% наблюдаются существенные различия эпидемиологических показателей между регионами (например, Тульская и Ярославская области)

Таблица 1

**Регионы и их основные характеристики
(во втором и третьем столбцах содержатся
данные, усредненные за период с 1998 по 2000 г., в
четвертом и пятом – величины, полученные
в результате оценки параметров модели)**

Область	Численность населения N, тыс. чел.	Выявленные больные $D_0 + B_0$, чел. на 100 тыс.	Невыявленные больные $D + B$, чел. на 100 тыс.	Число заболевших за год, чел. на 100 тыс.
Белгородская	1494,5	150	158	98
Владимирская	1603,3	251	107	71
Воронежская	2454,9	246	160	84
Ивановская	1218,6	215	138	78
Калужская	1078,3	242	215	119
Костромская	780,7	197	112	60
Курская	1311,3	226	156	85
Липецкая	1239,9	241	151	87
Орловская	896,8	231	181	87
Рязанская	1284,9	247	152	96
Тамбовская	1270,3	203	186	88
Тверская	1594,5	215	160	89
Тульская	1740	266	208	121
Ярославская	1412,7	126	91	59

Динамика эпидемиологических показателей

Используя полученные зависимости и оценки параметров, мы промоделировали динамику показателей инфицированности и распространенности туберкулеза для 14 регионов при возможном изменении социально-экономических условий. Предполагалось, что численность населения каждого региона оставалась постоянной в течение всего промежутка времени, на котором проводилось моделирование.

Вычислительный эксперимент был построен следующим образом. В течение первых 40 лет уровень безработицы и жилплощадь на душу населения являлись постоянными величинами и определялись имеющимися данными. Затем в течение 10 лет происходило линейное из-

менение этих показателей. После 50 года значения экономических характеристик были зафиксированы на том уровне, которого достигли за 10 лет, и вновь рассматривались как постоянные величины. При моделировании улучшения экономических условий мы считали, что в каждом регионе за 10 лет уровень безработицы упал на 10%, а показатель жилплощади на душу населения вырос на 10%; в случае ухудшения экономической ситуации – уровень безработицы вырос на 10%, а показатель жилплощади на душу населения упал на 10%.

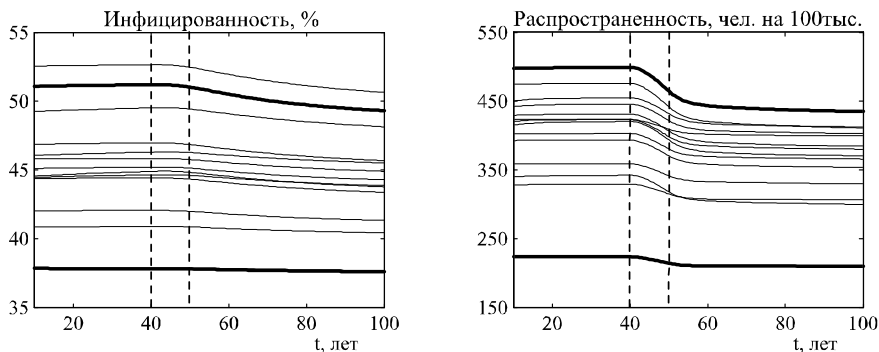


Рис. 2. Моделирование эффектов экономического подъема

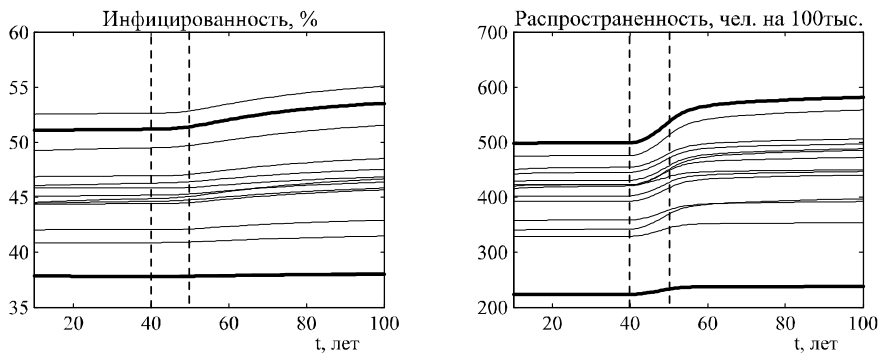


Рис 3. Моделирование эффектов экономического спада

Динамика показателей инфицированности и распространенности туберкулеза при изменении экономической ситуации в регионах, качество работы противотуберкулезных учреждений не изменяется. Пунктиром выделены начало и конец периодов экономического

подъема и спада. Более толстые линии соответствуют регионам с наибольшим (Тульская обл.) и наименьшим (Ярославская обл.) изменениями эпидемиологических показателей.

Также было промоделировано изменение показателей инфицированности и распространенности туберкулеза для 14 регионов при возможном изменении качества работы медицинских учреждений. Улучшение качества работы медицинских учреждений описывалось повышением вероятности выявления бактериовыделителей на 20% за 10 лет в каждом регионе; ухудшение – падением вероятности выявления бактериовыделителей на 20%.

На рис. 2 и 3 приведены результаты расчетов: показаны изменения инфицированности и распространенности, каждая кривая соответствует одному региону; периоды подъема и спада отделены пунктиром; более толстые линии соответствуют Тульской и Ярославской областям, они являются регионами с наибольшим и наименьшим изменениями эпидемиологических показателей.

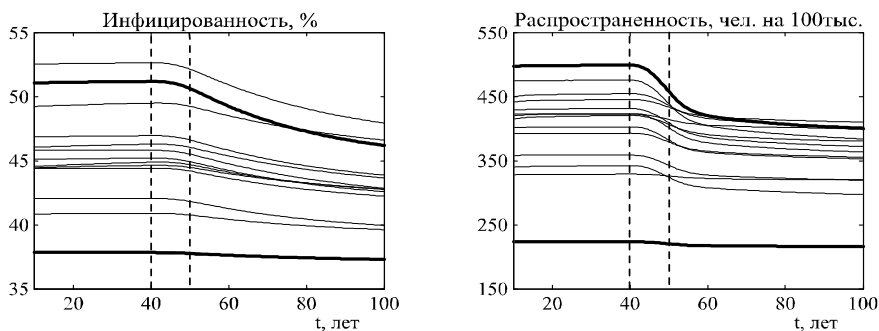


Рис. 4. Моделирование эффектов улучшения работы медицинских учреждений

Динамика показателей инфицированности и распространенности туберкулеза при изменении качества работы противотуберкулезной службы, социально-экономические условия не изменяются. Пунктиром выделены начало и конец периодов подъема и спада. Более толстые линии соответствуют регионам с наибольшим (Тульская обл.) и наименьшим (Ярославская обл.) изменениями эпидемиологических показателей.

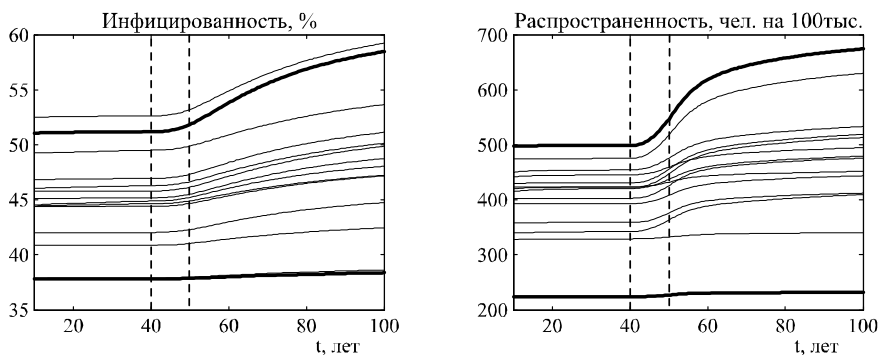


Рис. 5. Моделирование эффектов ухудшения работы медицинских учреждений

Из рис. 4 и 5 видно, что после изменения как экономических условий, так и качества работы медицинских учреждений, в первую очередь происходит изменение показателя распространенности (т.е. количества больных туберкулезом), а изменение показателя инфицированности происходит позже и более медленными темпами. Наиболее сильным изменениям (до 17%) как при экономическом подъеме, так и при спаде оказался подвержен показатель распространенности; изменения показателя инфицированности не превысили 7%. Аналогичные результаты наблюдаются и в случае изменения качества работы противотуберкулезных учреждений: изменения показателя распространенности не превысили 36%, а инфицированности – 15%.

Для различных сценариев: изменение только социально-экономических условий, изменение только качества работы медицинских учреждений, одновременное изменение всех характеристик – были вычислены следующие показатели чувствительности:

$$R_i = \frac{(L(100) - L(0)) / L(0)}{\sum_j |(\alpha_j(100) - \alpha_j(0)) / \alpha_j(0)|},$$

$$R_d = \frac{(prev(100) - prev(0)) / prev(0)}{\sum_j |(\alpha_j(100) - \alpha_j(0)) / \alpha_j(0)|},$$

где $prev(t) = D(t) + B(t) + B_0(t) + D_0(t)$, $\alpha_j(t)$ – параметр модели, суммирование производится по всем параметрам, которые изменяются с течением времени при данном сценарии.

Таблица 2

**Значение показателей чувствительности
инфицированности и распространенности
к изменениям социально-экономических условий
и работы противотуберкулезной службы**

Сценарий	Тульская область		Ярославская область	
	R_j	R_d	R_j	R_d
Экономический спад	0,23	0,83	0,03	0,33
Ухудшение работы мед. учреждений	0,71	1,76	0,07	0,2
Общий спад	0,6	1,92	0,06	0,3
Экономический подъем	-0,19	-0,65	-0,03	-0,31
Улучшение работы мед. учреждений	-0,49	-0,99	-0,07	-0,18
Общий подъем	-0,28	-0,66	-0,04	-0,22

Значения показателей R_j и R_d для Тульской и Ярославской областей приведены в табл. 2. Из табл. 2 видно, что одинаковые относительные изменения в работе медицинских учреждений и социально-экономических условий приводят к существенно различным изменениям показателей инфицированности и распространенности. Для того чтобы выяснить причины наблюдаемых различий, мы провели анализ чувствительности эпидемиологических показателей к изменению параметров.

**Анализ чувствительности решений модели
к вариации параметров**

1. Аналитическое исследование

Запишем систему (1), описывающую распространение туберкулеза, в следующем (более общем) виде:

$$\begin{cases} \frac{du}{dt} + Bu + A_0(u, n) + f = 0, \\ u|_{t=0} = u^{(0)}, \end{cases} \quad (2)$$

где $f = (f_1, f_2, \dots, f_6)$, $B = \{b_{ij}\}_{i,j=1}^6$, $n = \{n_k^{ij}\}_{i,j,k=1}^6$, $u^{(0)}$ – начальные условия,

$$A_0(u, n) = \begin{pmatrix} u_1 \sum_{i=1}^6 n_i^{11} u_i + u_2 \sum_{i=1}^6 n_i^{12} u_i + \dots + u_6 \sum_{i=1}^6 n_i^{16} u_i \\ \vdots \\ u_1 \sum_{i=1}^6 n_i^{61} u_i + u_2 \sum_{i=1}^6 n_i^{62} u_i + \dots + u_6 \sum_{i=1}^6 n_i^{66} u_i \end{pmatrix}.$$

Пусть нас интересует значение функционала

$$J(u) = (p, u),$$

где для $x(t)$, $y(t) \in \mathbb{R}^m \quad \forall t$ скалярное произведение задано в ви-

$$\text{де } (x, y) = \int_0^T \sum_{i=1}^m x_i(t) y_i(t) dt.$$

Используя теорию сопряженных уравнений [10], получим выражение для вариации функционала при заданном возмущении параметров δf_i , δb_{ij} , δn_k^{ij}

$$\delta J(u) = \int_0^T \sum_{i=1}^6 u_i^* \delta f_i dt + \int_0^T \sum_{i,j=1}^6 u_i u_j^* \delta b_{ji} dt + \int_0^T \sum_{i,j,k=1}^6 u_i u_j u_k^* \delta n_j^{ki} dt, \quad (3)$$

где u – решение задачи (2), а u^* – решение следующей сопряженной задачи

$$\begin{cases} -\frac{du^*}{dt} + B^* u^* + N_1^*(u, n) u^* + N_2^*(u, n) u^* = -p \\ u^*|_{t=T} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$N_1(u, n) = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^6 n_i^{11} u_i & \cdots & \sum_{i=1}^6 n_i^{16} u_i \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^6 n_i^{61} u_i & \cdots & \sum_{i=1}^6 n_i^{66} u_i \end{pmatrix},$$

$$N_2(u, n) = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^6 n_1^{1i} u_i & \cdots & \sum_{i=1}^6 n_6^{1i} u_i \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^6 n_1^{6i} u_i & \cdots & \sum_{i=1}^6 n_6^{6i} u_i \end{pmatrix}.$$

Таким образом, если мы знаем u и u^* (а для этого необходимо один раз решить задачи (2) и (4)), то мы можем для любого заданного возмущения параметров вычислить изменение интересующего нас функционала по формуле (3).

2. Результаты расчетов

Нас интересовала чувствительность показателей инфицированности и распространенности к возмущению параметров модели, поэтому были рассмотрены 2 функционала, задаваемые следующими функциями:

$$P_1(t) = (0, p_{t_0}(t), 0, 0, 0, 0)^T,$$

$$P_2(t) = (0, 0, p_{t_0}(t), p_{t_0}(t), p_{t_0}(t), p_{t_0}(t))^T,$$

где $p_{t_0}(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } t_0 - 1 < t \leq t_0 \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$

Таким образом, $P_1(t)$ задает функционал, сопоставляющий решению модели среднее значение инфицированности в момент времени t_0 , а $P_2(t)$ – среднее значение распространенности в момент времени t_0 .

Также необходимо пояснить, как связаны параметры, вариации которых входят в выражение (3), и параметры модели (1). Элементы вектора f являются линейными комбинациями параметров f_B , f_{B_0} , f_D и f_{D_0} , параметры β , p и k задают n_k^{ij} , а остальные параметры определяют матрицу B .

Расчеты проводились для Тульской и Ярославской областей для $t_0 = 100$ лет. Для каждого параметра были проделаны следующие вычисления:

- значения всех параметров, кроме рассматриваемого, считались фиксированными;
- величина рассматриваемого параметра увеличивалась на 10 %;
- по формуле (3) рассчитывалось изменение каждого функционала;
- рассчитывалась относительная чувствительность – отношение изменения функционала для Тульской обл. к изменению функционала для Ярославской обл.

Результаты расчетов показали, что рассмотренные регионы существенно различаются по чувствительности эпидемиологических показателей к изменениям параметров, задающих нелинейную часть уравнений (см. табл. 3).

Таблица 3

Относительная чувствительность эпидемиологических показателей

Параметр	Относительная чувствительность показателя	
	инфицированности	распространенности
β , коэффициент разности	5,7	5,8
k , относительная заразность больных, получающих лечение	6,7	6,5
p , вероятность быстрого прогрессирования болезни	33,6	6,9

В рамках рассмотренной модели распространения туберкулеза существует два способа пополнения группы инфицированных индивидов L : инфицирование здоровых индивидов больными и приток инфицированных извне. Так как в уравнениях модели (1) нелинейные слагаемые описывают процесс инфицирования, то полученные результаты позволяют сделать следующий вывод: в Ярославской области увеличение численности инфицированного населения в основном происходит в результате притока инфицированных индиви-

дов извне, а процесс инфицирования чувствительных индивидов больными практически не вносит вклада. Это возможное объяснение того, что меры, направленные на снижение количества больных туберкулезом, в Ярославской области будут менее эффективны, чем в Тульской области (что и наблюдается на рис. 2 и 3).

Построенная модель и проведенный с ее помощью анализ данных позволили получить достаточно надежные оценки скрытой (невыявленной) заболеваемости и распространенности туберкулеза в регионах России. Эти оценки, как и оценки качества выявления больных в регионах являются полезным дополнением к информации, используемой при управлении работой медицинских служб. Полученные оценки влияния социально-экономических условий на популяционную динамику заболевания ставят вопрос об относительном вкладе в динамику заболеваемости социально-экономических условий и работы здравоохранения. Относительно малое влияние на разброс между регионами, различия в социально-экономических условиях объясняют 4% разброса эпидемиологических показателей, связано с близостью областей по этим показателям. На рис. 2 видно, как относительно небольшое и медленное улучшение условий жизни существенно снижает распространенность туберкулеза. Для более точного исследования этих процессов предполагается использовать модель и данные, учитывающие социальные, половые и возрастные различия между индивидами.

Литература

1. Перельман М.И., Корякин В.А. Фтизиатрия – М.: Медицина, 1996.
2. Global tuberculosis control – surveillance, planning, financing. WHO Report 2007. http://www.who.int/tb/publications/global_report/2007/en/index.html
3. Аналитический обзор по туберкулезу в РФ за 2004 г: характеристики эпидемического процесса и противотуберкулезной службы – Минздравсоцразвития России, 2006.
4. Perelman M.I., Marchuk G.I. et al. Tuberculosis epidemiology in Russia: the mathematical model and data analysis. // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling, 2004, vol.19, No.4, pp.305-314.
5. Мельниченко О.А., Романюха А.А. Модель эпидемиологии туберкулеза. Анализ данных и оценка параметров. В печати.

6. Lienhardt C. From exposure to disease: the role of environmental factors in susceptibility to and development of tuberculosis // *Epidemiol. Reviews*, 2001, vol.23, No.2, pp.288-301.

7. Souza W.V., Carvalho M.S. et al. Tuberculosis in intra-urban settings: a Bayesian approach // *Trop. Medicine and Inter. Health*, 2007, vol.12, No.3, pp. 323–330.

8. Mangtani P., Jolley D.J. et al. Socioeconomic deprivation and notification rates for tuberculosis in London during 1982-91 // *British Medical Journal*, 1995, vol.310, pp. 963–966.

9. Barr R.G., Diez-Roux A.V. et al. Neighborhood poverty and the resurgence of tuberculosis in New York City, 1984-1992 // *Am. J. Publ. Health*, 2001, vol. 91, pp. 1487–1493.

10. Агошков В.И., Владимиров В.С. и др. Метод сопряженных уравнений и анализ сложных систем. // *Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования*. Т. 1.: Вычислительная математика. – М.: Наука, 2005.

11. Регионы России 2004: основные характеристики субъектов РФ. Статистический сборник. – М.: Статистика России, 2004.

12. База данных НИИ Фтизиопульмонологии ММА им. И.М. Сеченова.

13. Авилов К.К., Романюха А.А. Математические модели распространения и контроля туберкулеза (обзор). 2007. *Математическая биология и биоинформатика*, том 2, №2, с. 188–318

В.Н. Новосельцев, А.И. Михальский,
Ж.А. Новосельцева, Джим Кэри, Томас Скотт

СТАРЕНИЕ ПЕРЕНОСЧИКОВ ЭПИДЕМИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Введение

Инфекционные болезни (такие как малярия, лихорадка Западного Нила или лихорадка Денге) в начале XXI века остаются одной из главных причин смерти людей в мире. В развитых странах Севера уже к концу XX века в результате доступности средств гигиены, лекарств и вакцин эпидемии инфекционных заболеваний (чума, тиф, туберкулез) практически прекратились, так что на первое место по смертности вышли сердечно-сосудистые и онкологические заболевания. В то же время в развивающихся странах Юга (Африки, Азии и Латинской Америки) высокая смертность от эпидемических заболеваний сохраняется. Это обстоятельство объясняет как первое место по смертности от инфекционных эпидемических заболеваний, которое они занимают в современном мире, так и существующий в настоящее время огромный интерес к таким заболеваниям и контролю их распространения. Особый интерес наблюдается к управлению противозидемическими мероприятиями.

В современной эпидемиологии уже в 1950–60 гг. прошлого века произошел переход от классического описательного подхода к математическому анализу инфекционных болезней и их моделированию. Сегодня математические модели широко используются для оценки распространенности заболеваний, их прогноза, анализа развития эпидемий и управления ими [1]. Применение методов математического моделирования для анализа инфекционных заболеваний позволяет учитывать как специфические особенности, присущие патогену, так и способы его распространения. Биологически обоснованные модели различных эпидемических заболеваний непосредственно используются в ходе программ вмешательства человека в развитие эпидемий, управления ими и при определении оптимальных методов использования различных лекарственных средств [2–5].

База скорость репродукции инфекции

Многие инфекционные заболевания распространяются переносчиками – комарами, крысами и т.д. В эпидемиологии переносчик обозначается словом «вектор». В этом случае возбудитель болезни не передается от человека к человеку – необходимо «промежуточное звено», роль которого и играет вектор-переносчик. Например, малярия и лихорадка Денге распространяются переносчиком – москитом *Aedes aegypti*. Для производства потомства самке вектора-москита необходима кровь, поэтому после вылупления она вылетает на поиск теплокровных животных и человека. Укусив заразного человека, самка через несколько дней сама становится заразной и, продолжая контактировать с людьми (кусать их), передает заболевание им. На рис. 1 представлена модель, схематически отражающая все этапы этого процесса. Такой рисунок, впервые представленный в работе [6], позволяет строить различные модели развития эпидемий, в том числе с учетом гетерогенности популяций переносчиков и человека, изменчивости окружающей среды и старения переносчиков.

При анализе распространения заболевания существенной величиной является доля заболевших в популяции людей. Она зависит от величины R_0 – базовой скорости репродукции инфекции, которая определяется как ожидаемое количество людей, оказавшихся инфицированными в результате введения одного инфицированного человека в неинфицированную популяцию, и может быть представлена как коэффициент усиления по контуру на рис. 1. Величина R_0 рассчитывается на одно поколение переносчиков, и ее снижение ниже единичного уровня приводит к прекращению эпидемии. Значения $R_0 > 1$ соответствуют развитию, а $R_0 = 1$ – существованию эпидемии.

Величина R_0 – базовая скорость репродукции инфекции. При контакте москита с хозяином после укуса возможна передача инфекции. Базовая скорость репродукции инфекции определяется выражением $R_0 = bc/\rho$, где b и c – инфективности (вероятности передачи инфекции от человека комару и от комара человеку при их контакте соответственно), а ρ – темп выздоровления зараженного человека. Здесь C – векториальная емкость, т.е. число инфицирующих контактов человека и всех переносчиков, которые были инфицированы в результате контактов с одним человеком за один день.

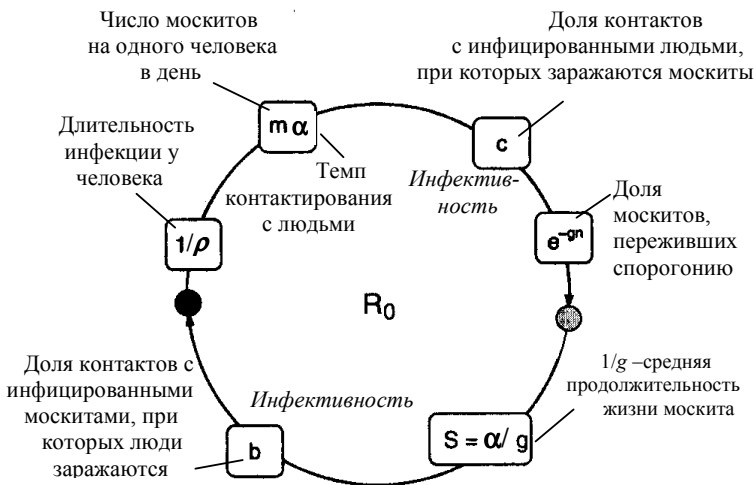


Рис. 1. Модель цикла эпидемии

Векториальная емкость в стабильных популяциях переносчиков

Если m – количество переносчиков, приходящихся на одного человека, α – темп контактирования москитов с хозяевами, g – не зависящий от возраста темп смертности переносчиков, n – количество дней, необходимое переносчику, чтобы после попадания в его организм патогена стать заразным, то векториальная емкость определяется формулой [1]

$$C = m\alpha^2 \frac{1}{g} \exp[-gn]. \quad (1)$$

При выводе этой формулы для векториальной емкости переносчика предполагается, что в популяции переносчиков старение отсутствует, а сами переносчики начинают кусать человека сразу после вылупления.

Подход, при котором для популяции переносчиков было характерно вымирание по экспоненциальному закону, был подвергнут критике в 2007 г. В этом году появилась основополагающая статья

[7], в которой было впервые предложено исследовать характеристики старения москитов и моделировать развитие эпидемии с учетом старения вектора-переносчика. Следуя этой работе, рассмотрим среднее число потенциально инфицирующих контактов, которые москит произведет до конца своей жизни при условии, что впервые он контактирует с хозяином в возрасте x

$$C_x = m\alpha^2 S(x+n|x)e_{x+n}, \quad (2)$$

где m – отношение количества переносчиков к количеству людей, α – число контактов в день, n – длительность инкубационного периода у переносчиков, $S(x+n|x)$ – вероятность дожития до возраста $x+n$ при условии, что переносчик жив в момент x , e_{x+n} – математическое ожидание оставшегося времени жизни в возрасте $x+n$. Векториальная емкость популяции, в которой Ω_x означает фракцию москитов, впервые контактировавших с инфицированным хозяином в возрасте x , определяется выражением

$$C = \sum_{x=\sigma}^{\omega} C_x \Omega_x, \quad (3)$$

где σ и ω обозначают минимальный возраст начала контактирования и максимальную продолжительность жизни соответственно.

Роль возрастной структуры в формировании векториальной емкости можно исследовать демографическими методами. В математической демографии широко используется термин «стабильная популяция», означающий популяцию, в которой рождаемость, смертность и возрастная структура не зависят от времени [8]. Распределение по возрастам в такой популяции определяется формулой

$$q(x) = \frac{S(x)e^{-rx}}{\int_0^{\infty} S(t)e^{-rt} dt}, \quad (4)$$

где r – показатель роста популяции, определяемый через функцию рождаемости $f(x)$ и функцию дожития $S(x)$ как решение уравнения Лотки

$$\int_0^{\infty} e^{-rx} S(x) f(x) dx = 1. \quad (5)$$

Взаимоотношение между векториальной емкостью и возрастной структурой популяции легко получить в искусственной ситуации, когда первый укус инфицированного хозяина всеми москитами совершается в одном и том же возрасте. В таком случае распределение возрастов первого укуса инфицированного хозяина точно соответствует распределению возрастов в популяции. Тогда векториальная емкость стабильной популяции равна

$$\begin{aligned} C &= \int_{\sigma}^{\infty} C_x q(x) dx = \\ &= \frac{m\alpha^2}{\int_0^{\infty} S(t) e^{-rt} dt} \int_{\sigma}^{\infty} S(x) S(x+n|x) e^{-rx} \int_{x+n}^{\infty} S(t|x+n) dt dx = \quad (6) \\ &= \frac{m\alpha^2}{\int_0^{\infty} S(t) e^{-rt} dt} \int_{\sigma}^{\infty} e^{-rx} \int_{x+n}^{\infty} S(t) dt dx. \end{aligned}$$

Для популяции в отсутствие старения $S(t) = e^{-gt}$, так что отсюда следует

$$C = \frac{ma^2}{g} \frac{\int_{\sigma}^{\infty} e^{-rx} e^{-g(x+n)} dx}{\int_0^{\infty} e^{-(r+g)x} dx} = \frac{m\alpha^2}{g} e^{-gn-(r+g)\sigma}. \quad (7)$$

В этом случае векторальная емкость уменьшается с ростом показателя роста популяции r . Это вполне естественно, поскольку чем больше величина r в стабильной популяции, тем в большей мере в ней преобладают молодые возраста. Рис. 2 представляет зависимость векториальной емкости в двух стареющих популяциях в функции r . На этом же рисунке показано, как изменяется векториальная емкость в нестареющей популяции. Видно, что обе кривые $C(r)$ в стареющих популяциях имеют максимумы, которые ранее в

литературе не были отмечены. Их присутствие можно объяснить тем, что в численно уменьшающейся популяции ($r < 0$) доля инфицированных mosкитов уменьшается, тогда как в увеличивающейся популяции ($r > 0$) все большая часть mosкитов оказывается моложе 3 дней, когда они еще не способны кусать хозяев. Этот вопрос будет подробно обсуждаться позже (см. далее рис. 3).

Подчеркнем, что Styer et al. впервые привлекли для описания возрастного распределения в популяции mosкитов большой экспериментальный материал, который позволил им определить величину векториальной емкости. При этом дополнительно была выяснена и величина показателя роста этой популяции $r=0.152$ (в тексте их статьи, впрочем, не приведенная).

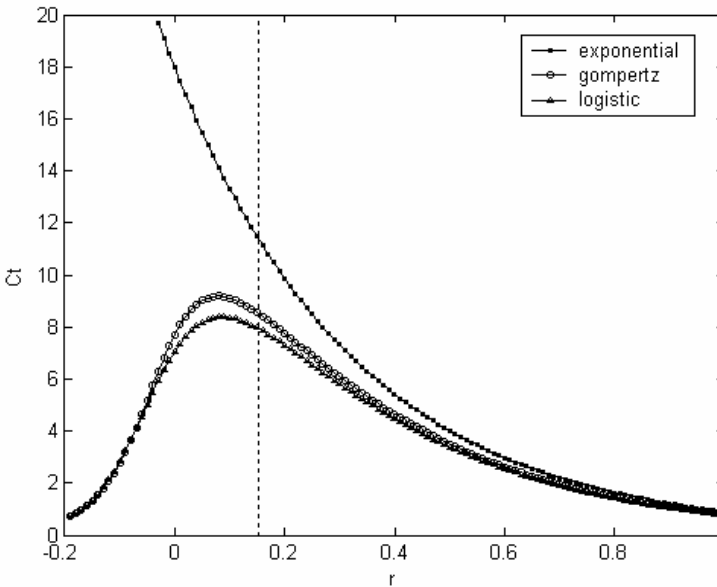


Рис. 2. Векториальная емкость в стабильных популяциях

Емкость вычислена для различных значений показателя роста популяции r в трех моделях смертности: экспоненциальной (нестареющая популяция), гомпертцевской и логистической (стареющая популяция). В стареющих популяциях наблюдается максимум векториальной емкости. На рисунке $m = 1.5$, $\alpha = 0.75$, $g = 1/32$, $n = 10$, $\sigma = 3$.

На рис. 2 использованы законы смертности, представленные в [7]. Модель Гомпертца задает отношение между смертностью и возрастом в виде

$$g(x) = ae^{bx}, \quad (8)$$

а логистическая модель – в виде

$$g(x) = \frac{ae^{bx}}{1 + \frac{as}{b}(e^{bx} - 1)}. \quad (9)$$

Отметим, что модель Гомпертца переходит в логистическую модель, если популяция москитов гетерогенна с дисперсией гетерогенности s [9]. При построении графиков использовались значения параметров моделей смертности, опубликованные в [7] и представленные в табл. 1.

Таблица 1

Параметры моделей смертности, использованные в работе [7]

	a	b	
Экспоненциальная	0,0313	---	---
Гомпертцевская	0,00662	0,06234	---
Логистическая	0,00182	0,1416	1,073

Значения векториальной емкости в стабильной популяции, вычисленные для нестареющей и стареющих популяций при некоторых значениях параметра скорости роста r приведены в табл. 2. Использовались следующие значения r : $r=0$ (стационарная популяция); $r^*=0.152$ (как в работе [7]), и значения r^{**} , соответствующие максимальной величине векториальной емкости в каждой из моделей.

Таблица 2

Значения векториальной емкости с учетом и без учета старения

Модели	Векториальная емкость		
	стационарная	r^*	r^{**}
Экспоненциальная	18	11.04.09	19.07.09
Гомпертцевская	07.07.09	08.05.09	09.02.09
Логистическая	07.01.09	07.09.09	08.04.09

Графики возрастных распределений в стабильных популяциях для гомпертцевской модели смертности при различных значениях величины r приведены на рис. 3.

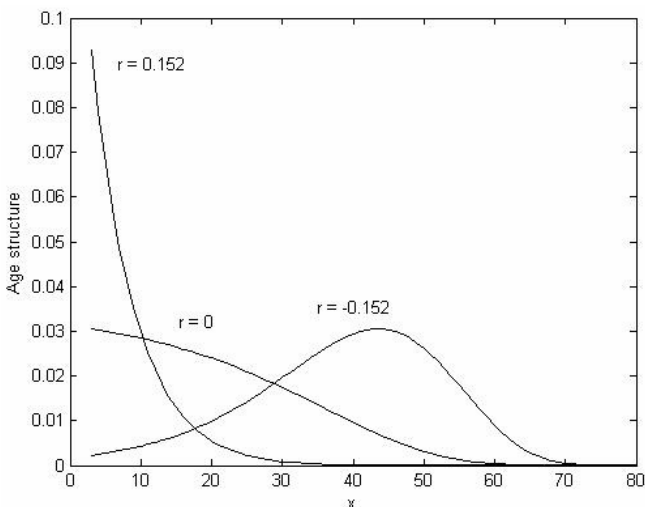


Рис 3. Распределение возрастов в стабильной популяции для различных показателей роста r

При отклонении популяции от стационарной точки ($r=0$) как в сторону увеличения ($r=0.152$), так и в сторону уменьшения ($r=-0.152$) в возрастных распределениях возникают существенные сдвиги.

Распределение переносчиков по возрастам в популяции существенным образом зависит от показателя роста r . Из рисунка видно, что в растущей стабильной популяции ($r > 0$) молодые возраста преобладают над старшими, тогда как в численно уменьшающейся стабильной популяции ($r < 0$) старые возраста представлены в большей пропорции. Это объясняет немонотонный характер зависимости векториальной емкости от r , что ранее было отмечено на рис. 2. На этом рисунке максимальная величина векториальной емкости в присутствии старения достигается при некотором значении показателя роста, который определяется выбранной моделью смертности. При небольших значениях r векториальная емкость оказывается небольшой из-за малой ожидаемой продолжительности жизни. При больших r популяция становится «слишком молодой» для того, чтобы

сохранить большое количество потенциально инфицирующих контактов, и векториальная емкость уменьшается.

Таким образом, для наиболее распространенных моделей кривой дожития векториальная емкость C как функция показателя скорости роста популяции r имеет максимум. Его значение существенно меньше величины C , которая получается при тех же параметрах, но без учета старения.

Подход с позиций истории жизни

Предположение о том, что москиты в различных возрастных группах входят в контакт с инфицированным хозяином и кусают его одновременно, довольно искусственно. Тем не менее оно было исследовано выше на достаточно интересном примере. Другой возможный путь анализа векториальной емкости состоит в рассмотрении индивидуальной истории жизни москита.

Пусть $\alpha(x)$ означает интенсивность контактирования хозяев с москитами возраста x , где X означает распространенность (prevalence) инфицированных хозяев, а c – вероятность переноса инфекции от хозяина к москиту при укусе. Пусть далее $f(x)dx$ – вероятность того, что москит будет впервые заражен от хозяина на малом интервале времени $[x, x + dx]$. Она представляет собой произведение вероятности дожить до возраста x , вероятности не быть зараженным до этого возраста и вероятности быть инфицированным на этом интервале времени

$$\begin{aligned}
 f(x)dx &= \alpha(x)cXe^{-cX\int_0^x \alpha(\tau)d\tau} e^{-\int_0^x g(u)du} dx, \\
 &= \alpha(x)cXS_\alpha(x)S(x)dx,
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

где $g(x)$ – зависящая от возраста смертность москитов, $S_\alpha(x)$ и $S(x)$ – вероятность не быть инфицированным до возраста x и функция дожития соответственно. Москиты, которые пережили инкубационный период длительности n , продолжают кусать хозяев с интенсивностью $\alpha(x)$ и

передавать инфекцию с вероятностью b . Среднее число хозяев, инфицированных этими москитами до конца их жизни, равно

$$\begin{aligned} \Psi(x) dx &= f(x) S(x+n|x) \left(\int_{x+n}^{\infty} b\alpha(\tau) S(\tau|x+n) d\tau \right) dx \\ &= \alpha(x) cbXS_{\alpha}(x) \left(\int_{x+n}^{\infty} \alpha(\tau) S(\tau) d\tau \right) dx \end{aligned} \quad (11)$$

Интеграл от последнего выражения по всем возможным возрастам контактирования, начиная от σ , дает выражение для жизненного трансмиссионного потенциала (*lifetime transmission potential*) – среднего числа людей, инфицированных каким-либо одним москитом на протяжении его жизни

$$\beta = \int_{\sigma}^{\infty} \Psi(x) dx = cbX \int_{\sigma}^{\infty} \alpha(x) S_{\alpha}(x) \left(\int_{x+n}^{\infty} \alpha(\tau) S(\tau) d\tau \right) dx. \quad (12)$$

Эта формула представляет собой жизненный трансмиссионный потенциал как в случае стареющих москитов, так и в случае изменения темпа контактирования с возрастом. Более компактные выражения соответствуют различным специфическим случаям. Например, при постоянном темпе контактирования получаем

$$\begin{aligned} \beta &= \alpha^2 cbX \int_{\sigma}^{\infty} e^{-cX\alpha(x-\sigma)} \left(\int_{x+n}^{\infty} S(\tau) d\tau \right) dx \\ &= \alpha^2 cbX \int_{\sigma}^{\infty} e^{-cX\alpha(x-\sigma)} S(x+n) e_{x+n} dx. \end{aligned} \quad (13)$$

Если, кроме того, старение отсутствует, то

$$\begin{aligned} \beta &= \alpha^2 cbX \int_{\sigma}^{\infty} e^{-cX\alpha(x-\sigma)-g(x+n)} \frac{1}{g} dx = \\ &= \frac{\alpha^2 cbX}{g(g+cX\alpha)} e^{-g(n+\sigma)}. \end{aligned} \quad (14)$$

При $\sigma = 0$ это последнее выражение переходит в формулу, которая эквивалентна приведенной в работе [10].

Энтомологический темп инокуляции

Для оценки распространенности заболеваний важную роль играет так называемый «энтомологический темп инокуляции» EIR (грубо говоря, темп процесса накопления инфицирующей силы переносчиков – т.е. среднее число инфицирующих контактов у хозяина за день [10]). Для его вычисления можно использовать формулу жизненного трансмиссионного потенциала.

Обозначим через ε постоянный темп появления на свет москитов, приходящихся на одного хозяина, в день. Тогда число москитов, приходящихся на одного хозяина, равно $m = \varepsilon \times e_0$, и можно написать

$$EIR = \varepsilon \beta = \frac{m}{e_0} \beta = mcbX \int_{\sigma}^{\infty} \alpha(x) S_{\alpha}(x) \left(\frac{\int_{\sigma}^{\infty} \alpha(\tau) S(\tau) d\tau}{\int_{\sigma}^{\infty} S(\tau) d\tau} \right) dx. \quad (15)$$

При написании этого выражения было использовано уравнение (12). Тогда для постоянного темпа контактирования получим

$$EIR = mcb\alpha^2 X \int_{\sigma}^{\infty} e^{-cX\alpha(x-\sigma)} \left(\frac{\int_{\sigma}^{\infty} S(\tau) d\tau}{\int_{\sigma}^{\infty} S(\tau) d\tau} \right) dx. \quad (16)$$

При отсутствии старения выражение для EIR упрощается:

$$EIR = \frac{m\alpha^2 cbX}{g + cX\alpha} e^{-g(n+\sigma)}. \quad (17)$$

При $\sigma = 0$ снова получается формула, эквивалентная рассмотренной в [10].

Векториальная емкость C в когорте по рождению (birth cohort) связана с EIR соотношением

$$C = \frac{1}{bc} \frac{d}{dX} EIR \Big|_{X=0}. \quad (18)$$

На основании (15) можно получить векториальную емкость для стареющей популяции в виде

$$\begin{aligned}
 C &= m \int_{\sigma}^{\infty} \alpha(x) \left(\frac{\int_0^{\infty} \alpha(\tau) S(\tau) d\tau}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau} \right) \frac{d}{dX} (XS_{\alpha}(x)) \Big|_{X=0} dx = \\
 &= m \int_{\sigma}^{\infty} \alpha(x) \left(\frac{\int_0^{\infty} \alpha(\tau) S(\tau) d\tau}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau} \right) dx.
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

Для постоянной скорости контактирования

$$C = \frac{m\alpha^2}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau} \int_{\sigma}^{\infty} \left(\int_{x+n}^{\infty} S(\tau) d\tau \right) dx.
 \tag{20}$$

Это выражение эквивалентно формуле общей векториальной емкости (total vectorial capacity) в стационарной популяции, которая получается из (6) при показателе темпа роста $r=0$.

Если, кроме того, старение отсутствует, то векториальная емкость равняется

$$C = m\alpha^2 \int_{\sigma}^{\infty} e^{-g(x+n)} dx = \frac{m\alpha^2}{g} e^{-g(\sigma+n)}.
 \tag{21}$$

Вышеприведенные выражения для EIR и C впервые были даны в [10] для случая нестареющей популяции. В настоящей работе они были распространены на случай стареющей популяции.

Заключение

Математическое моделирование малярии как одного из важнейших заболеваний, распространяемых переносчиками, началось в начале XX в. работами Р. Росса [11] и было продолжено МакДональдом [12]. В настоящее время известны многие десятки моделей, в которых исследуются процессы циркуляции паразитов между человеком и

москитами *Anopheles*, анализируются количественные показатели эпидемических заболеваний и изучаются процессы распространения малярии [13]. Модели дают компактное и точное описание сложных нелинейных феноменов и открывают перспективы в изучении того, как процесс заражения и заболевания индивидуума сказывается на процессах распространения эпидемии малярии в популяции.

Предположение о том, что переносчики заболеваний – москиты не стареют, было высказано еще 1950-е годы в работе МакДональда [12], который считал, что хищничество и болезни не позволяют им дожить до старости. Только в 2007 г., когда появилась работа [7], стало ясно, что все предыдущие модели, вообще говоря, оказались устаревшими. В настоящей работе развиваются результаты статьи [7].

В целом в настоящей статье удалось показать, что возраст является важным фактором, влияющим на способность переносчика переносить патоген. В частности, в ней были получены числовые характеристики стареющей популяции переносчиков – выражения для базовой скорости репродукции инфекции, векториальной емкости и энтомологического темпа инокуляции – основных количественных параметров, описывающих распространение инфекции (см. табл. 3).

Таблица 3

Значения параметров, описывающих развитие эпидемий (стационарная популяция)

	В отсутствие старения	При учете старения
Базовая скорость репродукции инфекции	$R_0 = bcC/\rho$	$R_0 = bcC/\rho$
Векториальная емкость	$C = m\alpha^2 \frac{1}{g} e^{-gn}$	$C = \frac{m\alpha^2}{\int_0^\infty S(\tau) d\tau} \int_\sigma^\infty \left(\int_{x+n}^\infty S(\tau) d\tau \right) dx$
Энтомологический темп инокуляции	$EIR = \frac{m\alpha^2 cbX}{g + cX\alpha} e^{-g(n+\sigma)}$	$EIR = mcb\alpha^2 X \int_\sigma^\infty e^{-cX\alpha(x-\sigma)} \left(\frac{\int_{x+n}^\infty S(\tau) d\tau}{\int_0^\infty S(\tau) d\tau} \right) dx$

Эти результаты могут оказаться критически важными, особенно в тех случаях, когда обсуждаются вопросы изменения климата Земли. Тогда возникновение эпидемий начинает по-новому зависеть от сезонной динамики, специфики демографических факторов и особенностей поведения самок взрослых переносчиков, что особенно важно при анализе спорадических эпидемических вспышек.

Список литературы

1. Андерсон Р., Мэй Р. Инфекционные болезни человека, Динамика и контроль. М.: Мир; Научный Мир – 2004.
2. Habbema J.D.F., Alley E.S., Plaisier A.P., Van Oortmarssen G., Remme J.H.F. 1992. Epidemiological modelling for onchocerciasis control. *Parasitol. Today* 8:99–103.
3. Poolman E.M., Galvani A.P. 2006. Modeling targeted ivermectin treatment for controlling river blindness. *Am. Journ. Tropical Med. Hyg.* 75:921–927.
4. Michael E., Malecia-Lazaro M.N., Maegga B.T.A., Fischer P., Kazura J.W. 2006. Mathematical models and lymphatic filariasis control: monitoring and evaluating interventions. *Trends in Parasitol.* 22:529-535.
5. Michael E., Malecia-Lazaro M.N., Simonsen P.E., Pedersen E.M., Barker G., Kumar A., Kazura J.W. 2004. Mathematical modeling and the control of lymphatic filariasis. *Lancet Infect. Dis.* 4:223-234.
6. Smith D.L., McKenzie F.E., Snow R.W., Hay S.I. 2007. Revisiting the basic reproductive number for malaria and its implications for malaria control. *PLoS Biol* 5:e42.
7. Styer L.M., Carey J.R., Wang J.-L., Scott T.W. Mosquitoes do senesce: departure from the paradigm of constant mortality // *Am. Journ. Trop. Med. Hyg.* 2007. Vol. 76. P. 111-117.
8. Keyfitz N., Caswell H. 2005. Applied mathematical demography. N.Y., etc.: Springer.
9. Vaupel J.W., Manton K.G., Stallard E. 1979. The impact of heterogeneity in individual frailty on the dynamics of mortality. *Demography* 16: 439–454.
10. Smith D.L., McKenzie F.E. 2004. Statics and dynamics of malaria infection in *Anopheles* mosquitoes. *Malaria Journ* 3:13.
11. Ross R. 1928. *Studies on malaria*. London: John Murray.
12. Macdonald G. 1957. *The epidemiology and control of malaria*. Oxford: Oxford University Press.
13. McKenzie F.E. 2004. Why model malaria? *Parasitol. Today* 16:511–516.

ДИНАМИКА ЭПИДЕМИЙ, РАСПРОСТРАНЯЕМЫХ ПЕРЕНОСЧИКАМИ, ПРИ УЧЕТЕ ИХ СТАРЕНИЯ

Введение

В прошлые века эпидемии, распространяемые переносчиками (такие как Крымская геморрагическая лихорадка, малярия, лихорадка Денге), происходили в основном в экваториальных зонах и на прилегающих к ним территориях. Однако в последние десятилетия в связи с потеплением климата наблюдается расширение эпидемических ареалов на север. Это относится ко многим заболеваниям, распространяемым переносчиками (свободно живущими насекомыми и паразитами). Для Российской Федерации эта проблема стоит так же остро, как и для остальных экономически развитых и развивающихся стран северного полушария. Острота проблемы связана с тем, что на юге РФ граничит со странами, в которых противозидемическая служба и санитарно-эпидемический контроль либо были разрушены при распаде СССР, либо вообще отсутствовали и отсутствуют в настоящее время. Возникновение эпидемий начинает по-новому зависеть от сезонной динамики, специфики демографических факторов и особенностей поведения самих переносчиков, что особенно важно при анализе спорадических эпидемических вспышек [1].

Математические модели применяются для анализа распространения эпидемических заболеваний давно [2], но лишь в последнее время стало ясно, что эти модели неполны. Учет старения в популяциях переносчиков позволил наметить пути уточнения выражений для базовой скорости репродукции инфекции, векториальной емкости и энтомологического темпа инокуляции – основных количественных параметров, описывающих распространение инфекции [3]. В статье [4] положения этой работы были развиты. В частности, было показано, что возраст является важным фактором, влияющим на способность переносчика переносить патоген. Были получены числовые характеристики старею-

шей популяции переносчиков (выражения базовой скорости репродукции инфекции, векториальной емкости и энтомологического темпа инокуляции), что позволило перейти к анализу распространения инфекции и возникновению эпидемий. Эти вопросы и составляют содержание настоящей работы.

Динамика эпидемического процесса при учете старения

Динамика эпидемического процесса, вызываемого переносчиком, зависит от множества величин, прежде всего от числа инфицированных людей в популяции, интенсивности контактов переносчиков с хозяевами, доли инфицирующих (переживших инкубационный период) переносчиков и количества инфицирующих переносчиков, приходящихся на одного человека. Динамика такого процесса определяется изменением во времени долей инфицированных людей и инфицирующих переносчиков.

Чтобы вывести уравнения распространения инфекции, рассмотрим функцию вероятности распределения $f(t)$ того, что москит, появившийся на свет в момент y , будет инфицирован при первом контакте (укусе) в момент времени t :

$$f_y(t) dt = c\alpha(t)X(y+t)e^{-c\int_y^t \alpha(\tau)X(y+\tau)d\tau} S(t)dt, \quad (1)$$

где $X(y)$ – доля инфицированных людей в популяции в момент времени y , $\alpha(t)$ – темп контактирования москитов с хозяевами, c – инфективность (вероятность передачи инфекции от человека комару при их контакте), $S(x)$ – функция дожития, σ – минимальный возраст начала контактирования. Допустим, что смертность и темп контактирования постоянны во времени, но зависят от возраста. Тогда вероятность $p(x)$ того, что москит в возрасте x , появившийся на свет в момент времени y , является инфицирующим, т.е. инфицированным и пережившим инкубационный период длительностью n дней, равна

$$\begin{aligned}
 p_y(x) &= \int_{\sigma}^{x-n} f_y(t) S(t+n|t) S(x|t+n) dt = \\
 &= c S(x) \int_{\sigma}^{x-n} \alpha(t) X(y+t) e^{-c \int_{\sigma}^t \alpha(\tau) X(y+\tau) d\tau} dt.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Обозначим через $Y(T)$ долю инфицирующих переносчиков, а через $N(T)$ – полное число переносчиков в момент времени T . Для вычисления $Y(T)$ следует принять во внимание все когорты переносчиков, которые живы в этот момент времени. Пусть далее $\varepsilon(t)dt$ означает количество переносчиков, появившихся на свет в интервале времени $(t, t + dt]$. Тогда

$$\begin{aligned}
 Y(T) &= \frac{1}{N(T)} \int_{\sigma+n}^{\infty} \varepsilon(T-x) p_{T-x}(x) dx = \\
 &= \frac{1}{N(T)} c \int_{\sigma+n}^{\infty} \varepsilon(T-x) S(x) \int_{\sigma}^{x-n} \alpha(t) X(T-x+t) e^{-c \int_{\sigma}^t \alpha(\tau) X(T-x+\tau) d\tau} dt dx.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Если $\alpha(t) = \text{const}$, то последнее соотношение эквивалентно следующему:

$$Y(T) = \frac{1}{N(T)} c \alpha \int_{\sigma+n}^{\infty} \varepsilon(T-x) S(x) \int_{\sigma}^{x-n} X(T-x+t) e^{-c \alpha \int_{\sigma}^t X(T-x+\tau) d\tau} dt dx. \tag{4}$$

Оба уравнения существенным образом отличаются от классического дифференциального уравнения, которое использовалось в теории математического анализа эпидемий вплоть до настоящего времени [5]:

$$\frac{d}{dT} Y(T) = acX(T) \left(e^{-gT} - Y(T) \right) - gY(T), \tag{5}$$

где g – не зависящая от возраста смертность переносчика.

В последнем уравнении отсутствуют переменные, описывающие как само старение, так и возраст начала контактирования москита с хозяином. Кроме того, в нем невозможно учесть гетерогенность внешней среды. В отличие от этого уравнения, в уравнении (4) учитывается как старение переносчиков и конечность интервала времени до начала контактов, так и возможная зависимость от времени плотности популяции переносчиков. Благодаря этому в принципе открывается возможность учета эффектов гетерогенности окружающей среды.

Дифференциальное уравнение для доли инфицированных людей $X(T)$ в популяции в момент времени T имеет вид [5]

$$\frac{d}{dT}X(T) = m\alpha Y(T)(1 - X(T)) - \rho X(T), \quad (6)$$

где ρ – темп выздоровления зараженного человека, m – количество переносчиков, приходящихся на одного человека, b – инфективность (вероятность передачи инфекции от комара к человеку при их контакте). Уравнения (4) и (6) полностью определяют динамику эпидемического процесса, вызываемого переносчиком.

В опубликованных работах [6– 8] анализ процессов распространения эпидемий, сходных с малярией, ограничивался асимптотическим поведением функции (4) и решением уравнений (5) во времени. При отсутствии старения и при постоянном темпе контактирования условие того, что эпидемия «персистирует» (продолжается), формулируется в виде неравенства для базовой скорости репродукции инфекции R_0 :

$$R_0 = \frac{m\alpha^2 bc}{\rho} \times \frac{\exp(-gn)}{g} > 1 \quad (7)$$

Ниже будет продемонстрировано, что при наличии старения это условие меняется существенным образом, так что игнорирование старения дает слишком пессимистический прогноз развития эпидемий. При этом мы ограничимся постоянным темпом контактирования $\alpha(t) = \alpha$, что соответствует классическому подходу.

Стационарная и стабильная популяции

Рассмотрим сначала стационарную популяцию, в которой москиты появляются на свет с постоянной скоростью \mathcal{E} , а размер стационарной популяции равен $N = \mathcal{E} \int_0^{\infty} S(\tau) d\tau$. Подставляя это соотношение в (4), получаем выражение для доли инфицирующих москитов в момент времени T в форме

$$Y(T) = \frac{\alpha c \int_{\sigma+n}^{\infty} S(x) \int_{\sigma}^{x-n} X(T-x+t) e^{-\alpha c \int_{\sigma}^t X(T-x+\tau) d\tau} dt dx}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau}. \quad (8)$$

Функция $Y(T)$ и решение уравнения (5) $X(T)$ в зависимости от времени стремятся или к нулю (это означает, что эпидемия не возникает), или к некоторым отличным от нуля стационарным значениям \tilde{Y} и \tilde{X} . Во втором случае эпидемия персистирует. Чтобы найти условия, при которых эпидемия устойчива, выразим \tilde{Y} следующим образом:

$$\tilde{Y} = \frac{\alpha c \int_{\sigma+n}^{\infty} S(x) \int_{\sigma}^{x-n} \tilde{X} e^{-\alpha c \tilde{X}(t-\sigma)} dt dx}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau} = \frac{\alpha c \tilde{X} \int_{\sigma+n}^{\infty} S(x) \int_0^{x-n-\sigma} e^{-\alpha c \tilde{X} t} dt dx}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau}. \quad (9)$$

Из условия $\frac{d}{dT} \tilde{X}(T) = 0$ следует, что

$$m b \alpha \tilde{Y} (1 - \tilde{X}) - \rho \tilde{X} = 0 \quad (10)$$

$$\text{и } \tilde{Y} = \frac{\rho \tilde{X}}{m \alpha b (1 - \tilde{X})}. \quad (11)$$

Окончательно выражение для стационарного значения \tilde{X} получается в форме

$$\frac{\rho \tilde{X}}{m\alpha b(1-\tilde{X})} = \frac{\alpha c \tilde{X} \int_{\sigma+n}^{\infty} S(x) \int_0^{x-n-\sigma} e^{-\alpha c \tilde{X} t} dt dx}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau} =$$

$$= \frac{\alpha c \tilde{X} \int_0^{\infty} S(x+n+\sigma) \int_0^x e^{-\alpha c \tilde{X} t} dt dx}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau}.$$
(12)

Введем функцию

$$f(t) = \int_t^{\infty} S(x+n+\sigma) dx$$
(13)

и величину

$$R_0^s = \frac{m\alpha^2 bc}{\rho} \times \frac{\int_0^{\infty} f(t) dt}{\int_0^{\infty} S(x) dx},$$
(14)

а затем перепишем это уравнение как

$$\frac{\rho \tilde{X}}{m\alpha b(1-\tilde{X})} = \frac{\alpha c \tilde{X} \int_0^{\infty} e^{-\alpha c \tilde{X} t} \int_t^{\infty} S(x+n+\sigma) dx dt}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau} = \frac{\alpha c \tilde{X} \int_0^{\infty} e^{-\alpha c \tilde{X} t} f(t) dt}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau}.$$
(15)

Отсюда получаем

$$\frac{\tilde{X}}{R_0^s} = \tilde{X}(1-\tilde{X}) \frac{\int_0^{\infty} e^{-\alpha c \tilde{X} t} f(t) dt}{\int_0^{\infty} f(\tau) d\tau}.$$
(16)

Уравнение (16) имеет корень $\tilde{X} = 0$ и, возможно, второй корень, который удовлетворяет соотношению $0 < \tilde{X} < 1$. Чтобы найти условия существования ненулевого корня, отметим, что для любого $0 < \tilde{X} < 1$ имеет место неравенство

$$0 < (1 - \tilde{X})^0 \frac{\int_0^{\infty} e^{-\alpha c \tilde{X} t} f(t) dt}{\int_0^{\infty} f(\tau) d\tau} < 1. \quad (17)$$

Тогда уравнение

$$\frac{1}{R_0^s} = (1 - \tilde{X})^0 \frac{\int_0^{\infty} e^{-\alpha c \tilde{X} t} f(t) dt}{\int_0^{\infty} f(\tau) d\tau} \quad (18)$$

имеет решение в том и только в том случае, когда

$$R_0^s = \frac{m\alpha^2 bc}{\rho} \times \frac{\int_0^{\infty} f(t) dt}{\int_0^{\infty} S(x) dx} > 1. \quad (19)$$

Величину R_0^s можно выразить в виде $R_0^s = \frac{bc}{\rho} C$, где C – векториальная емкость в стационарной популяции [4]:

$$C = \frac{m\alpha^2}{\int_0^{\infty} S(\tau) d\tau} \int \left(\int_{x+n}^{\infty} S(\tau) d\tau \right) dx, \quad (20)$$

и по аналогии со случаем нестареющей популяции трактовать ее как базовую скорость репродукции инфекции. Условие (19), таким образом, при учете старения и ненулевого возраста начала контактирования заменяет классическое условие для нестареющей популяции

$$R_0 = \frac{m\alpha^2 bc}{\rho g} e^{-gn} > 1.$$

Стационарное значение доли инфицированных людей \tilde{X} можно либо вычислить как ненулевое решение уравнения (12), либо аппроксимировать аналитически в результате разложения по \tilde{X} в окрестности точки 0 правой части соотношения

$$1 - \tilde{X} = \frac{1}{R_0^s} \frac{\int_0^{\infty} f(t) dt}{\int_0^{\infty} e^{-\alpha c \tilde{X} t} f(t) dt} \quad (21)$$

Аппроксимирующая формула имеет вид

$$\tilde{X} \approx (R_0^s - 1) / \left(R_0^s + \frac{\alpha c \int_0^{\infty} t f(t) dt}{\int_0^{\infty} f(t) dt} \right), \quad (22)$$

что в случае $R_0^s = R_0$ совпадает с классическим выражением для не-стареющей популяции [9]:

$$\tilde{X} = \frac{R_0 - 1}{R_0 + \frac{\alpha c}{g}}. \quad (23)$$

Графики точной и аппроксимирующей зависимостей \tilde{X} от R_0^s представлены на рис. 1.

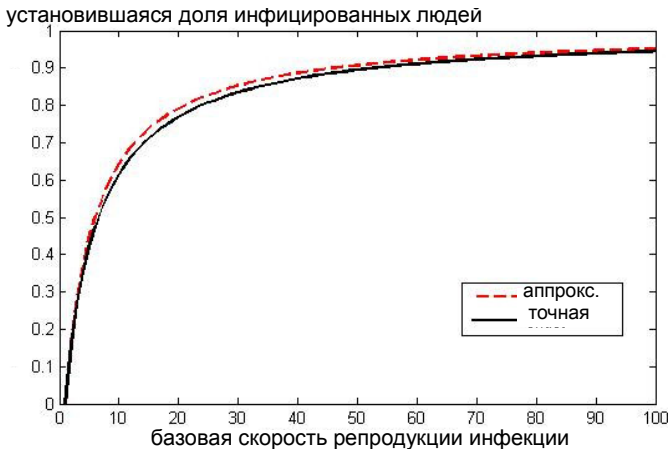


Рис. 1. Точная и аппроксимирующая зависимости стационарного значения доли инфицированных людей \tilde{X} от базовой скорости репродукции инфекции R_0^s

Видно, что при практических вычислениях вместо точной зависимости $\tilde{X} (R_0^s)$ можно использовать аппроксимацию.

В стабильной популяции москитов условие развития эпидемии можно получить, используя соответствующую формулу для векториальной емкости [4] (r – показатель роста популяции):

$$R_0^s = \frac{bc}{\rho} C = \frac{ma^2bc}{\rho \int_0^{\infty} S(t) e^{-rt} dt} \int_0^{\infty} e^{-rx} \int_{x+n}^{\infty} S(t) dt dx = \frac{ma^2bc}{\rho} \times \frac{\int_0^{\infty} e^{-rt} f(t) dt}{\int_0^{\infty} e^{-rt} S(t) dt}. \quad (24)$$

Тогда соотношение (19) принимает следующую форму:

$$R_0^s = \frac{m\alpha^2bc}{\rho} \times \frac{\int_0^{\infty} e^{-rt} f(t) dt}{\int_0^{\infty} e^{-rt} S(x) dx} > 1. \quad (25)$$

Второй множитель этого произведения отражает роль старения в анализе динамики эпидемий. Когда присутствует старение, величина R_0 может оказаться меньше, чем при отсутствии старения. Таким образом, в критических случаях эпидемия, предсказанная моделью при отсутствии старения, на практике может не возникнуть

Роль старения в развитии эпидемии

Новое выражение для базовой скорости репродукции инфекции, приведенное в предыдущем разделе, в случае наличия старения позволяет сделать более точное предсказание возникновения инфекции и выяснить, когда предсказания с помощью модели без учета старения ошибочны. Результаты вычислений процесса развития эпидемии с параметрами, данными в работе [3] $\alpha=0.75$, $b=c=0.5$, $g=1/32$, $\rho=0.01$, $n=10$, $\sigma=3$, приведены на рис. 2.

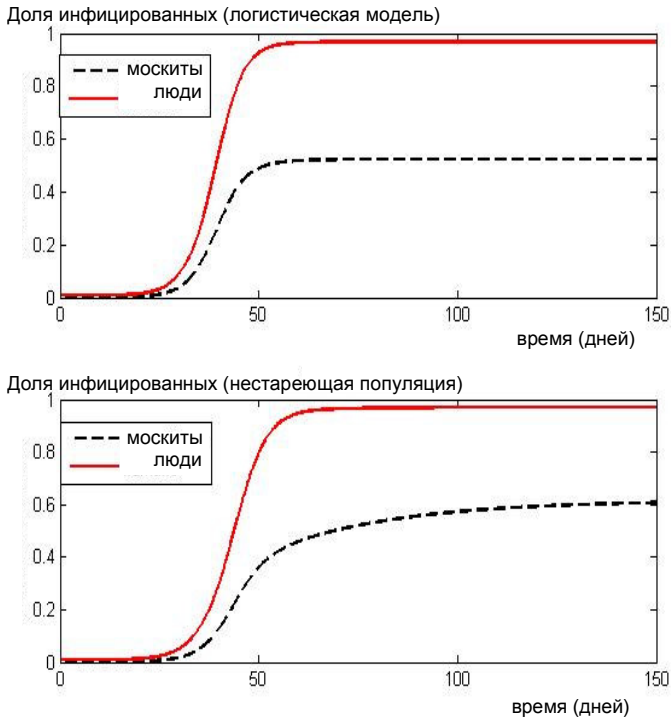


Рис. 2. Динамика развития эпидемии при наличии (верхняя панель) и отсутствии старения (нижняя панель) в популяции москитов.

Плотность москитов $m=1.5$. Стационарные значения долей инфицированных людей при больших значениях базовой скорости репродукции инфекции в обоих случаях близки.

На верхней панели показано изменение во времени долей инфицированных людей и москитов при старении, когда смертность описывается логистической моделью. На нижней панели приведены те же кривые при отсутствии старения. В обоих случаях плотность москитов $m=1.5$. Базовая скорость репродукции инфекции при наличии старения $R_0^S = 167,3$, а при его отсутствии $R_0 = 449,6$. Для столь высоких значений R_0 эпидемия начинается в обоих случаях, а стационарные значения долей инфицированных людей близки друг другу.

Однако для низких значений R_0 ситуация оказывается другой (рис. 3). Для тех же параметров, что и на рис. 2, но при низкой плотности

москитов $m=0.007$ величина базовой скорости репродукции инфекции в стареющей популяции равна $R_0^S = 0,8$, а в нестареющей популяции – $R_0 = 2,1$. Это означает, что в присутствие старения эпидемия не начнется, хотя в отсутствие старения модель и предсказывает ее развитие.

На верхней панели рис. 3 показано затухание эпидемии в стареющей популяции москитов, а на нижней – развитие эпидемии при отсутствии старения. Рис. 3 показывает, что игнорирование старения может привести к ошибочным выводам относительно возникновения и развития эпидемии, что особенно важно в неясных ситуациях. Последнее обстоятельство имеет место, когда показатель базовой скорости репродукции инфекции близок к 1.

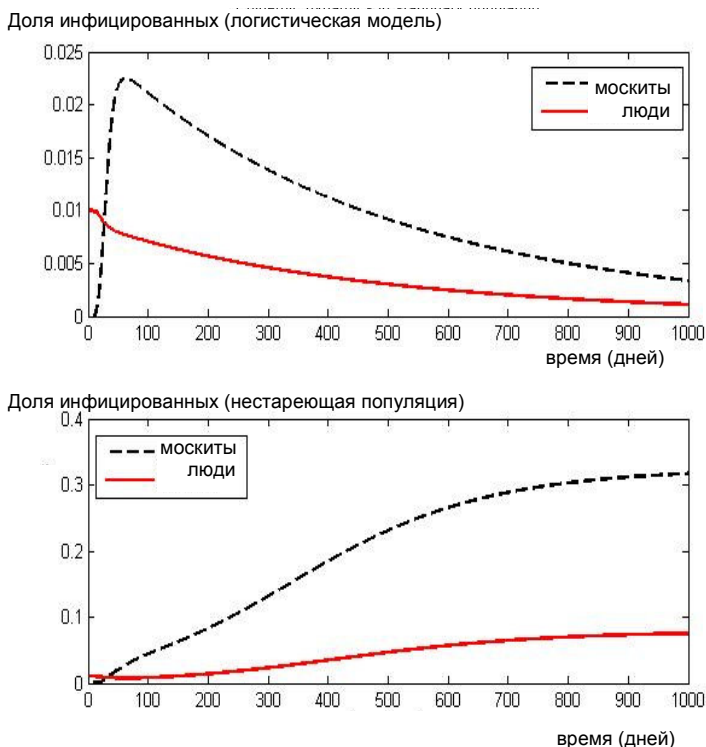


Рис. 3. Динамика развития эпидемии при наличии (верхняя панель) и отсутствии старения (нижняя панель) в случае малой плотности москитов $m=0,007$

Заключение

Возраст влияет на способность переносчика переносить патоген, так что старение является существенным фактором, который позволяет улучшить прогноз развития эпидемий, вызываемых переносчиками. В настоящей работе было показано, что включение процессов старения переносчиков в анализ распространения эпидемий позволяет в замкнутом виде получить уравнения их развития (см. табл. 1). Количественные расчеты, выполненные по полученным формулам, позволили выяснить, когда игнорирование старения приводит в отношении распространения эпидемий к излишне пессимистическим результатам. На вопрос о возникновении эпидемии при малых значениях показателя базовой скорости репродукции инфекции учет старения дает негативный прогноз, тогда как при отсутствии старения эпидемия должна возникнуть.

Таблица 1

Уравнения, описывающие динамику развития эпидемий

	Без учета старения	При учете старения
Уравнение для доли инфицирующих переносчиков	$\frac{d}{dT} Y(T) = acX(T)(e^{-gn} - Y(T)) - gY(T)$	$Y(T) = \frac{1}{N(T)} c\alpha \int_{\sigma+n}^{\infty} \epsilon(T-x) S(x) \int_{\sigma}^{x-n} X(T-x+t) e^{-c\alpha \int_{\sigma}^t X(T-x+\tau) d\tau} dt dx$
Условие возникновения эпидемии	$R_0 = \frac{m\alpha^2 bc}{\rho g} e^{-gn} > 1$	$R_0^s = \frac{m\alpha^2 bc}{\rho \int_0^{\infty} S(t) e^{-\rho t} dt} \int_{\sigma}^{\infty} \int_{\sigma+x+n}^{\infty} S(t) dt dx > 1$

Этот результат, подобно результатам статьи [4], может оказаться критически важным, когда обсуждаются вопросы изменения климата Земли. В таком случае возникновение эпидемий начинает по-новому зависеть от сезонной динамики, специфики демографических факторов и особенностей поведения самок взрослых переносчиков. Результаты, полученные в настоящем исследовании, свидетельствуют о том, что в критических случаях классические модели развития эпидемий могут дать ошибочные предсказания.

Список литературы

1. Львов Д.К., Писарев В.Б., Петров В.А., Григорьев Н.В. Лихарадка Западного Нила: по материалам вспышек в Вологодской области в 1999–2002 гг. – Волгоград. 2004. – 104 с.
2. Андерсон Р., Мэй Р. Инфекционные болезни человека, Динамика и контроль. М.: Мир; Научный Мир – 2004.
3. Styer L.M., Carey J.R., Wang J.-L., Scott T.W. Mosquitoes do senesce: departure from the paradigm of constant mortality // *Am. Journ. Trop. Med. Hyg.* 2007. Vol. 76. P. 111-117.
4. Новосельцев В.Н., Михальский А.И., Новосельцева Ж.А., Кэрри Джим, Скотт Томас. Старение переносчиков эпидемических заболеваний – см. настоящий сборник
5. Smith D.L., McKenzie F.E. 2004. Statics and dynamics of malaria infection in *Anopheles* mosquitoes. *Malaria Journ.* 3:13.
6. Dengue hemorrhagic fever – U.S.-Mexico border, 2005 // *MMWR Weekly* 2007, 56:785-789.
7. Gilles M.T. 1988. *Anopheles* mosquitoes: vector behaviour and bionomics. In: Principles and practice of malariology. Wernsdorfer W.H. and McGregor I.A. eds, NY: Churchill 453-485.
8. Cook P.E. et al. 2006. The use of transcriptional profiles to predict adult mosquito age under field conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103:18060-18065.
9. Smith DL, McKenzie FE, Snow RW, Hay SI. 2007. Revisiting the basic reproductive number for malaria and its implications for malaria control. *PLoS Biol.* 5:e42.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИДЕМИЙ В ГЕТЕРОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

Введение

Малярия и другие заболевания, распространяемые переносчиками, в последнее время привлекают к себе особое внимание исследователей. Если в прошлые века эпидемии распространялись в основном в экваториальных зонах и на прилегающих к ним территориях, то теперь из-за потепления климата наблюдается расширение «опасных зон» на север. Для Российской Федерации, как и для остальных экономически развитых и развивающихся стран северного полушария, в последние годы проблема только обостряется.

В Волгоградской, Астраханской и Ростовской областях России постоянно регистрируются случаи малярии, Крымской геморрагической лихорадки и лихорадки Западного Нила. В развитых странах Запада (в частности, в США) возникают отдельные вспышки таких заболеваний. Типичным примером вспышки инфекционных заболеваний является появление лихорадки Денге в штате Техас (США) в 2005 г. [1].

Транспортные и миграционные потоки способствуют быстрому перемещению патогенов по различным регионам. Например, мигранты из южных республик завозят малярию в центральные области России и в Москву, а неблагоприятные условия жизни приводят к повышенной смертности, прежде всего детей.

Модели инфекций, распространяемых переносчиками, давно применяются для анализа эпидемических заболеваний [2]. Указанные выше обстоятельства требуют создания новых моделей, которые позволяли бы точнее описывать заболевания. Одним из таких путей является учет старения переносчиков [3–5]. Поскольку возникновение эпидемий происходит «внезапно», когда складываются благоприятные погодные условия, то нужны модели, учитывающие экологические факторы. В настоящей статье делается попытка моделирования развития таких эпидемий в условиях нестационарной окружающей среды.

Моделирование эпидемий в гетерогенных условиях среды

Уравнения распространения эпидемий при наличии старения записываются следующим образом. Первое уравнение относится к доле инфицирующих москитов $Y(T)$ в момент времени T в стареющей популяции и имеет вид [5]

$$Y(T) = \frac{1}{N(T)} c\alpha \int_{\sigma+n}^{\infty} \varepsilon(T-x) S(x) \int_{\sigma}^{x-n} X(T-x+t) e^{-c\alpha \int_{\sigma}^t X(T-x+\tau) d\tau} dt dx, \quad (1)$$

где $N(t)$ – численность популяции в момент времени t , c – вероятность передачи инфекции от комара к человеку, α – темп контактирования (число укусов в день), $\varepsilon(t)dt$ – количество москитов, появившихся на свет на интервале времени $(t, t+dt]$, $S(x)$ – дожитие до возраста x , n – количество дней, необходимое москиту для того, чтобы после попадания в его организм патогена стать заразным, σ – возраст, в котором москиты начинают контактировать с хозяином (кусать его). Второе уравнение описывает долю $X(T)$ инфицированных людей в человеческой популяции в момент времени T и имеет вид [6]

$$\frac{d}{dT} X(T) = mb\alpha Y(T)(1 - X(T)) - \rho X(T), \quad (2)$$

где m – количество москитов, приходящихся на одного человека, b – вероятность передачи инфекции от человека к москиту, ρ – длительность инфекции у человека. Уравнения (1) и (2) полностью определяют динамику эпидемического процесса, вызываемого переносчиком.

В уравнении (1) учитывается старение переносчиков, наличие конечного интервала времени до начала контактов с хозяином и возможная зависимость плотности популяции переносчиков от времени. Благодаря этим особенностям и удается учесть эффект гетерогенности окружающей среды. Поскольку изменение условий среды приводит к резким изменениям плотности популяции москитов, оно моделируется путем изменения во времени величины темпа появления москитов $\varepsilon(t)$.

Обычно при моделировании инфекций, переносимых москитами, предполагают, что темп контактирования москитов с человеком (т.е. темп, с которым люди оказываются укушенными) и доля инфицированных москитов положительно коррелированы. Однако в гетерогенных условиях среды эти факторы могут коррелировать и отрицательно. Такие средовые факторы, как дожди или влажность, также заставляют флуктуировать величину популяции москитов [7].

Временная гетерогенность возникает в тех случаях, когда меняющаяся плотность популяции москитов изменяет величину EIR посредством изменения темпа контактирования москитов с человеком. В этом случае выражение (1) и решение уравнения (2) дают возможность вычислений, которые выявляют характер развития эпидемического заболевания.

При моделировании процессов заболевания особый интерес представляет ход заболевания в гетерогенных условиях среды (например, при изменении влажности в течение года). На рис. 1 приведены графики течения эпидемического процесса в установившемся режиме в течение трех лет. Влажность среды менялась регулярным образом в зависимости от сезона, когда высокая влажность сменялась низкой. Размножение популяции переносчиков в соответствии с работой [7] моделировалось синусоидальным законом $\varepsilon(T) = K[1 + \sin(2\pi T/365)]$ при $K=1.5/32$.

Максимальные значения кривой рождаемости соответствуют самым благоприятным для этого условиям, а минимальные, наоборот, наиболее неблагоприятным. При принятом среднем уровне рождаемости величина базовой скорости репродукции инфекции R_0 намного больше 1 как для нестареющей, так и для стареющей популяций москитов, что и подтверждается фактом установления и поддержания ненулевой доли инфицированных людей, т.е. наличием эпидемии. В обоих случаях (стареющая и нестареющая популяции москитов) пик плотности инфицирующих москитов следует немедленно за пиком общей плотности москитов. Сдвиг во времени между двумя кривыми меньше в случае учета старения москитов. В свою очередь, доля инфицирующих москитов (т.е. отношение плотности инфицирующих москитов к общей их плотности) достигает своего максимума вблизи точек минимума общей плотности – в сухие сезоны.

Глубина и скорость падения доли инфицирующих москитов после достижения максимума оказываются больше при старении.

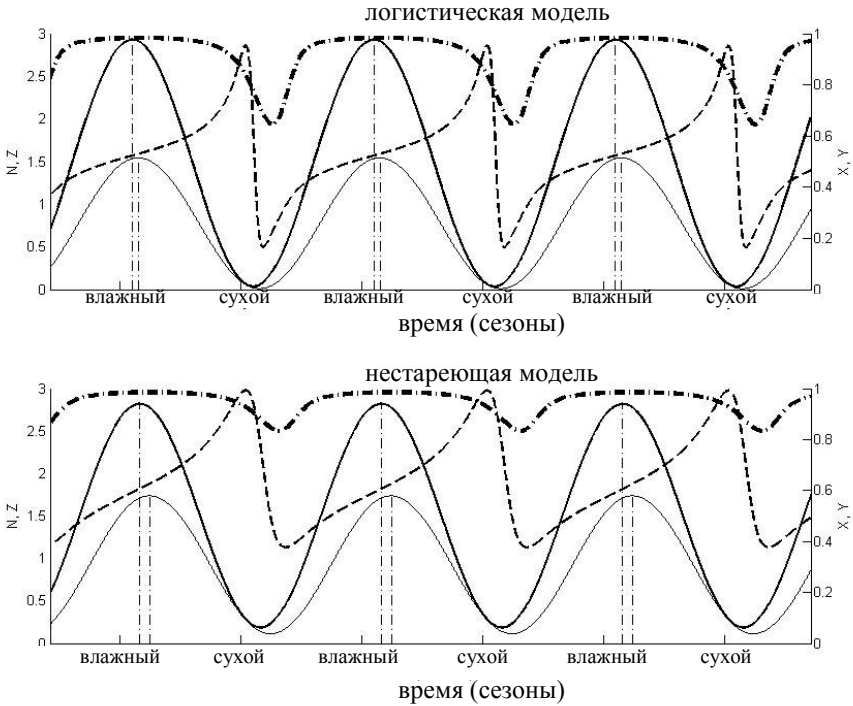


Рис. 1. Динамика эпидемии в условиях временной гетерогенности для стареющей популяции москитов (верхняя панель, логистическая модель смертности) и в отсутствие старения (нижняя панель)

N – общая плотность москитов (сплошная жирная линия),
 Z – плотность инфицирующих москитов (сплошная тонкая линия),
 X – доля инфицированных людей (жирная линия «точка-тире»),
 Y – доля инфицирующих москитов (тонкий пунктир). Учет старения приводит к увеличению глубины провала величины X .

Доля заболевших в популяции, $X(T)$

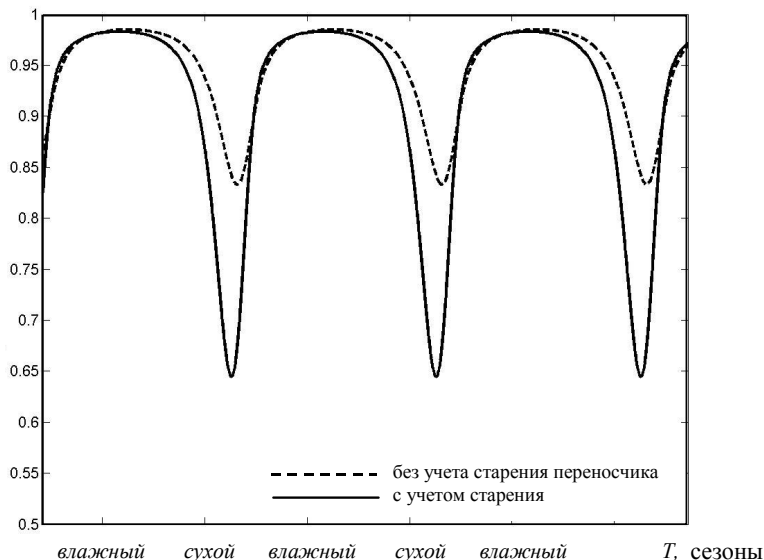


Рис. 2. Заболевание малярией в условиях гетерогенной окружающей среды. Показан установившийся режим для доли инфицированных людей с учетом и без учета старения москитов

Доля инфицированных людей в популяции показана на рис. 2, из которого видно, что если максимальные значения доли инфицированных людей в обоих случаях практически совпадают, то минимальные значения при учете старения переносчиков оказываются существенно ниже, составляя только 76% от минимальных значений, полученных без учета старения. Таким образом, результаты моделирования показывают, что учет старения переносчиков заметно изменяет динамику развития эпидемии.

Вспышки эпидемий и расширение эпидемического ареала

Эпидемические процессы, представленные на рис.1 и 2, соответствуют высокому уровню ежедневной рождаемости москитов. В этом случае процессы выходят на установившиеся режимы в течение

первого года (на рисунках не показаны). Однако можно ожидать, что при низком уровне рождаемости различие в характере динамики при учете старения и без такого учета окажется достаточно существенным. Действительно, если повторить моделирование при $K=10^{-4}/32$, что отражает низкий средний уровень рождаемости, то, как видно из рис. 3, в случае учета старения все эпидемические процессы постепенно затухают. Если же старение не учитывается, то процессы выходят на установившиеся режимы. Характер изменения доли инфицированных людей отдельно показан на рис. 4. Обе кривые, рассчитанные с учетом и без учета старения, начинаются в одной точке (0.01), а затем резко расходятся. В первом случае имеет место колебательный процесс, стремящийся к нулю, а во втором случае – установление колебательного процесса со средним значением порядка 0.08. Таким образом, учет старения переносчиков в критических ситуациях дает возможность оценить перспективы развития или затухания эпидемии гораздо точнее.

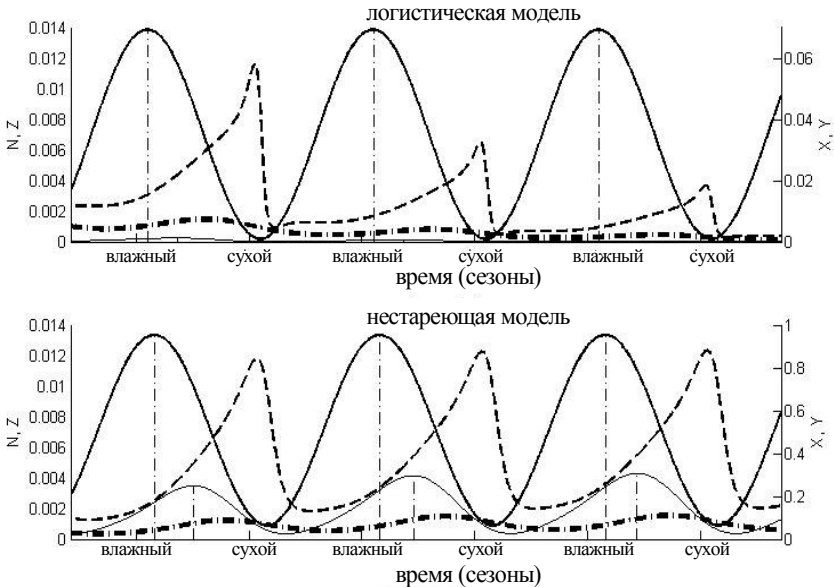


Рис. 3. Динамика эпидемии при низком уровне рождаемости москитов в условиях временной гетерогенности для стареющей популяции москитов (верхняя панель, логистическая модель смертности) и в отсутствие старения (нижняя панель)

N – общая плотность mosкитов (сплошная жирная линия),
 Z – плотность инфицирующих mosкитов (сплошная тонкая линия),
 X – доля инфицированных людей (жирная линия «точка-тире»),
 Y – доля инфицирующих mosкитов (тонкий пунктир). Учет старения приводит к затуханию эпидемии, в то время как для нестареющей популяции наблюдается установление эпидемического режима.

Вспышки эпидемических заболеваний в развитых странах

В условиях потепления климата имеет место продвижение границ эпидемических ареалов на север. Это относится практически ко всем заболеваниям – малярии, лихорадке Западного Нила, лихорадке Денге, Крымской геморрагической лихорадке и пр. В частности, в 2005 г. в Волгоградской области России среди местного населения было зарегистрировано 16 лабораторно подтвержденных случаев Крымской геморрагической лихорадки, 15 случаев лихорадки Западного Нила и 2 случая малярии [8]. Вспышки лихорадки Западного Нила в Волгоградской области наблюдались и в конце XX века [9].

Особое значение в эпидемиологии придается случаям возникновения различных эпидемических заболеваний в развитых странах Запада (США, Канаде). В подобных случаях обычно приходится рассматривать «граничные» эпидемические заболевания, когда величина R_0 оказывается настолько малой, что эпидемия может как возникнуть, так и не возникнуть. Типичным примером эпизодической вспышки инфекционных заболеваний является появление лихорадки Денге в штате Техас (США) в 2005 г. [1]. Во время эпидемии в Мексике (в г. Матаморос было зафиксировано 1596 случаев заболеваний) в американском графстве Камерон (Техас) при тщательном изучении эпидемиологической ситуации было обнаружено 25 случаев заболевания. Схема вспышки приведена на рис. 3.

Учет старения в популяции переносчика позволяет более точно прогнозировать возникновение эпидемии. Кривые развития эпидемии, построенные в предположении о наличии или отсутствии старения в популяциях переносчиков, представлены на рис. 4.

Доля заболевших в популяции людей, $X(T)$



Рис. 4. Доля инфицированных людей при отсутствии старения и при его учете в условиях низкой ежедневной рождаемости переносчиков $\varepsilon(T)$. При учете старения модель показывает, что эпидемия затухает, а в нестареющей популяции эпидемия развивается, выходя на установившийся колебательный режим

Обсуждение

В наших работах показано, что возраст является критическим детерминантом способности москитов переносить патоген. В частности, хорошо известно, что эпидемия возникает только при условии $R_0 > 1$. В африканских популяциях при развитии малярии эта величина меняется от значений, немного больших 1, до величин порядка 3000 [2]. Оценки, полученные в настоящей статье, позволяют вычислять эти значения значительно более точно, что дает возможность корректного определения границ возможного появления малярии или лихорадки Денге.

FIGURE 1. Jurisdictions affected by dengue fever outbreak — Texas–Mexico border, 2005

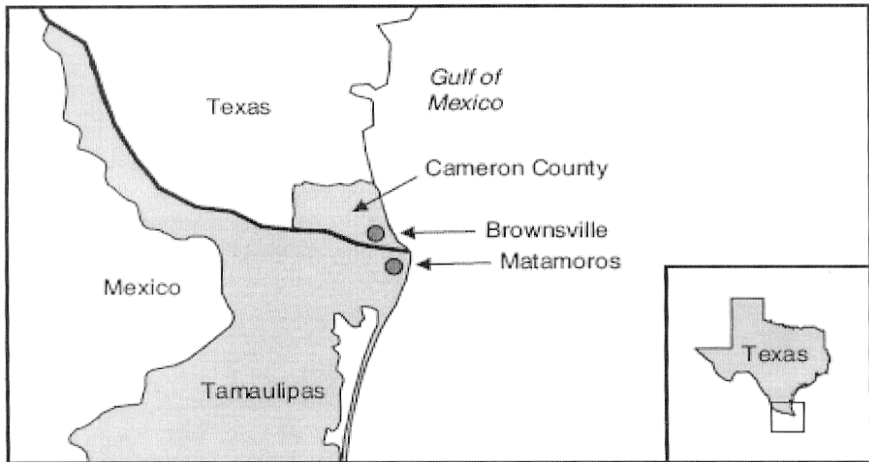


Рис. 5. Вспышка геморрагической лихорадки Денге в США в 2005 г.

Так, в этой статье была проанализирована динамика развития эпидемического процесса в двух случаях – в отсутствие и при наличии старения переносчиков. Было показано, что при низких уровнях ежедневной рождаемости учет старения переносчиков давал прогноз, при котором доля инфицированных людей со временем стремилась к нулю, тогда как в отсутствие старения эта доля выходила на ненулевой установившийся режим. Этот результат может оказаться существенным при обсуждении вопросов расширения ареала эпидемических заболеваний (типа малярии или лихорадки Денге) в связи с общим климатическим потеплением на Земле. В этом случае динамика распространения инфекций, переносимых переносчиками, в особенности сезонная динамика и демографическая специфичность, оказываются чрезвычайно важными. Наши исследования показывают, что в критических ситуациях классическая модель, предсказывающая спорадические и локальные вспышки эпидемии, может давать неверные прогнозы.

Литература

1. Dengue hemorrhagic fever – U.S.-Mexico border, 2005 // MMWR Weekly 2007, 56:785-789.
2. Андерсон Р., Мэй Р. Инфекционные болезни человека. Динамика и контроль. М.: Мир; Научный Мир – 2004.
3. Styer LM, Carey JR, Wang J-L, Scott TW. 2007. Mosquitoes do senesce: departure from the paradigm of constant mortality. *Am J Trop Med Hyg.* 76:111-117.
4. Новосельцев В.Н., Михальский А.И., Новосельцева Ж.А., Кэрри Джим, Скотт Томас. Старение переносчиков эпидемических заболеваний – см. настоящий сборник.
5. Новосельцев В.Н., Михальский А.И., Новосельцева Ж.А. Динамика эпидемий, распространяемых переносчиками – см. настоящий сборник.
6. Smith D.L., McKenzie F.E. 2004. Statics and dynamics of malaria infection in *Anopheles* mosquitoes. *Malaria Journ.* 3:13.
7. Smith D.L., Dushoff J., McKenzie F.E. 2004. The risk of a mosquito-borne infection in a heterogeneous environment. *PloS Biol.* 2:e368.
8. <http://www.donses.ru/prsses/press65.shtml>
9. Львов Д.К., Писарев В.Б., Петров В.А., Григорьев Н.В. Лихорадка Западного Нила: по материалам вспышек в Вологодской области в 1999–2002 гг. – Волгоград. 2004. – 104 с.

СОЦИАЛЬНО-СЕТЕВЫЕ ПОДХОДЫ В ПРОФИЛАКТИКЕ ВИЧ/СПИД

Поведенческий риск ВИЧ/СПИД и его личностные и социальные детерминанты

Характерной особенностью глобальной эпидемии ВИЧ/СПИД является то, что риск инфицирования зависит от индивидуального поведения человека. Возможность заражения ВИЧ в большинстве уязвимых сообществ зависит, за редким исключением, от склонности индивида к рискованному поведению. Природа риска личностна: именно индивид выбирает то или иное поведение, при этом осознавая или не осознавая степень риска. Так, бихевиористы в основном полагают, что поведение личности обусловлено определенной комбинацией личностных черт, таких как отношения, намерения, а также воспринятые нормы [1, 2, 3]. Однако индивидуальный выбор поведения не является выбором в чистом виде. Полагаем, что поведенческий выбор не только личностен, но и социален. Социальные детерминанты поведения рассматриваются в рамках социально-экологических теорий изменения поведения и подтверждаются выводами недавних исследований [4, 5]. Социальность предполагает социализацию посредством системы интеракций индивида с другими индивидами. Система интеракций не существует сама по себе, она существует там, где имеют место социальные связи, основанные на системе обмена различного вида ресурсами. Наличие социальных связей между индивидами является основой для формирования «социальных сетей».

Термин «социальные сети» восходит корнями в 1930-е годы, когда в 1934 г Якобом Морено была предложена методология эмпирического измерения и анализа социальных связей между индивидами (социометрия) [6]. Уже к концу 1930-х годов параллельно возникли два исследовательских подхода [7]. Первый подход связан с разработкой команды исследователей из Гарвардского университета, которые ставили перед собой задачу идентификации локальных под-

групп внутри больших групп (социоцентрический подход). Другой, этноцентрический подход, разработанный в Университете Манчестера, связан с изучением социального окружения единственного индивида. Социально-сетевые методы уже широко и давно применяются в эпидемиологии (например, в эпидемиологических расследованиях случаев инфицирования), но в контексте ВИЧ-профилактики эти методы стали использоваться относительно недавно.

Несмотря на то что социально-сетевые методы восходят к западной социологии, где они были впервые разработаны, социальные сети являются одним из ключевых понятий для понимания особенностей устройства социальных отношений в России и в других странах Восточно-Европейского и Центрально-Азиатского региона. Недостаточная эффективность функционирования социальных институтов, а также недоверие официальным источникам информации приводят к поискам более эффективных альтернатив. Социальные сети доверия и обмена, таким образом, играют роль своеобразных заменителей таких официально-регламентированных социальных институтов [8]. Эффективность социально-сетевого обмена, однако, является локальной, и нормы, согласно которым происходит такой обмен, являются неформальными и неустойчивыми. Многие сетевые формы обмена в экономической области связаны с негативными явлениями (например, клановость, кумовство, корпоративный сговор, протекционизм, блат, бартер – все эти явления связаны с внутрисетевыми правилами игры). Однако существуют и положительные примеры такого обмена: например, дружеская взаимоподдержка, психологическая поддержка, микрокредитование, поддержка советом – все это исключительно важные компоненты социальной жизни индивида. В эту же систему межличностных взаимодействий и доверительного общения может войти и сфокусированная, целенаправленная профилактика ВИЧ внутри социальных сетей.

В пятиступенчатой классификации социально-сетевой уровень поведенческой профилактики ВИЧ занимает третье, промежуточное положение между профилактикой в малых группах и на уровне общества. Особенностью социально-сетевых подходов является то, что, в отличие, от программ консультирования, в них не предполагается, что индивид, практикующий рискованные практики, будет

лично обращаться за профилактическими услугами. В отличие от традиционных волонтерских аутрич-программ в социально-сетевых подходах возможно проведение персонализированной аутрич-работы, в частности, если в такую работу будут привлечены лидеры социальных сетей.

Типология социальных сетей в контексте рискованного поведения и профилактики ВИЧ/СПИД

Типологизация социальных сетей может быть произведена на основании природы интеракций между индивидами. Нами выделены и описаны три таких типа социальных сетей:

Тип 1: Сети биологического риска передачи ВИЧ. Рискованное поведение в отношении ВИЧ/СПИД – это, главным образом, сексуальное поведение и поведение, связанное совместным использованием шприцев при внутривенном приеме наркотиков. Следовательно, акторами, участвующими в поведенческом выборе, априори являются, соответственно, члены сети сексуальных партнеров или наркопотребителей. Сети, члены которых объединены совместным вовлечением в поведение высокого риска – это один из типов социальных сетей, которые могут быть связаны с поведенческим выбором или изменением поведения. Исследованием передачи ВИЧ и других инфекций, передающихся половым путем в сетях сексуальных партнеров, занимался Rothenberg с коллегами [9, 10]. Исследователи показали, что сети первого типа могут быть использованы для выявления цепочки распространения ВИЧ и других заразных инфекций с целью эпидемиологического расследования случаев и предупреждения дальнейшей передачи инфекции. Сексуальные партнеры и совместные наркопотребители могут быть как постоянными и долгосрочными, так и случайными, контакты с которыми ограничиваются несколькими рискованными интеракциями. Потенциал ВИЧ-профилактических воздействий в рамках сетей секс-партнеров недостаточно изучен. Однако наработан большой опыт исследований профилактики ВИЧ в сетях совместных наркопотребителей [11–15].

Тип 2: Сети социального общения. Более стабильную и постоянную референтную группу индивида могут составлять друзья, члены семьи, сотрудники, члены других формальных или неформальных групп, – все те, с кем происходит систематическое обыденное социальное взаимодействие на протяжении длительного периода времени. При этом один и тот же индивид может состоять параллельно в нескольких сетях второго типа, которые могут, в свою очередь, быть автономными или пересекающимися. Считается, что именно в сетях второго типа вырабатываются свойства личности, формирующие поведение.

Тип 3: Сети виртуального общения. Относительно недавно появившийся новый тип социальных сетей связан с быстрым развитием сети Интернет. Электронно-сетевые коммуникации имеют различные цели, разнообразные формы проявления, а также многообразные способы реализации. Какое отношение сети виртуального общения имеют к ВИЧ/СПИД? Виртуальные сети все чаще используются для поиска сексуальных партнеров [16, 17] и способствуют быстрому нахождению партнеров. Исследования показали, что среди тех, кто пользуется услугами сайтов знакомств, широко распространены практики частой смены сексуальных партнеров, что потенциально связано с повышенным риском ВИЧ.

Несмотря на то что мы выделили три типа социальных сетей, эти типы не являются автономными. В определенной степени имеет место пересечение различных типов сетей, а также межсетевая миграция. Примером пересечения сети является ситуация, при которой сексуальный партнер является еще и близким человеком. Например, связи между супругами в рамках брака или просто между стабильными партнерами можно классифицировать как сетевые отношения и первого, и второго типов. Примером межсетевой миграции служит следующий случай: индивидуум, знакомство с которым происходит в сети третьего типа, например на доске объявлений «bbs», могут впоследствии перейти в сеть второго типа, то есть войти в число друзей или знакомых, или первого типа – при наличии, например, сексуальных контактов с этим индивидом. Межсетевая миграция возможна и между первым и вторым типами сетей. Так, случайный в прошлом сексуальный партнер становится впоследствии другом или подругой, то есть переходит из сети первого типа в сеть второго типа.

Далее будет осуществлен обзор исследований связи ВИЧ-рискованного поведения, эффективности профилактики ВИЧ и социальных сетей различных уязвимых групп.

Социально-сетевые исследования в контексте профилактики ВИЧ

Одним из направлений социально-сетевых исследований, связанных с ВИЧ/СПИД, явились исследования среди потребителей инъекционных наркотиков (ПИН) о влиянии свойств, характеристик социальных сетей на внутрисетевые социальные нормы и уровни поведенческого риска [18–28]. Например, Zapka и коллеги [28] пришли к выводу, что избегание рискованных инъекционных практик связано с меньшим количеством друзей ПИН, большим количеством друзей, способных оказать психологическую поддержку, а также более развитыми навыками убеждать в необходимости безопасного поведения.

Ряд работ был связан с исследованием эффективности ВИЧ-превентивных программ среди ПИН. Так, Cotter и коллеги [11] исследовали воздействие программы, проведенной в социальных сетях самими заранее обученными членами сообщества ПИН. Trotter и коллеги [12] показали, что стандартное консультирование по снижению риска для ПИН более эффективно, когда оно было дополнено групповым тренингом для членов социальной сети этих ПИН. Исследования Latkin и коллег [13, 14] также показали, что лидеры сообществ ПИН, будучи обученными по специальной ВИЧ-профилактической программе, способны оказывать позитивное поведенческое влияние на членов своих социальных сетей. Broadhead с коллегами сравнили традиционную программу вмешательства на основе аутрич-работы с социально-сетевой программой и показали значительно большую эффективность последней: доля снижения уровня совместного пользования одними и теми же шприцами уменьшилась на 11% в аутрич-программе и на 76% в социально-сетевой программе; средняя частота инъекций наркотиков в аутрич-программе не изменилась, в то время как в социально-сетевой программе снизилась на 64%. Broadhead и коллеги [15] отметили также

высокую экономическую эффективность социально-сетевых программ по сравнению с аутрич-программами.

Социально-сетевые исследования в области профилактики сексуальной передачи ВИЧ проводились главным образом с этническими меньшинствами [29], МСМ [4, 30] и женщинами [31]. Так, в рамках исследований было установлено, что имеет место внутренняя корреляция уровней риска поведения членов одной и той же сети и что лидеры социальных сетей, прошедшие тренинг-обучение, могут эффективно влиять на поведение своих друзей.

Опыт проведения ВИЧ-профилактической программы среди эгоцентрических сетей МСМ в Восточной Европе

Исследование, проведенное в Санкт-Петербурге и Софии в 2003–2005 гг. (n=276 в 52-х социальных сетях), было направлено на измерение эффективности программы профилактики ВИЧ/СПИД среди социальных сетей МСМ [32]. Под социальной сетью (эгоцентрическая сеть) подразумевалась малая группа, всех членов которой объединяют дружеские отношения с одним индивидуумом. Как правило, члены одной и той же сети связаны дружескими отношениями еще и друг с другом. В популярных местах досуга целевой группы исследователи наблюдали за посетителями, выделяли неформальные группы и выявляли «вероятных» лидеров («индексов»). Индексы приглашались на интервью, где сообщали информацию о том, кто входит в круг их друзей. Все члены сети, включая индекса, были опрошены по социометрической карточке с целью выявления неформального лидера сети. Затем все сети были случайно распределены на экспериментальную и контрольную группы. Для лидеров экспериментальных групп мы провели тренинг-программу из 9 сессий. Лидеров мотивировали проводить ВИЧ-профилактические беседы с друзьями-членами их сети. ВИЧ-профилактическое общение было домашним заданием. Опыт проведения бесед лидеров с друзьями, а также выявленные проблемы обсуждались в группе на каждом последующем занятии. На сессиях лидеры обучались тому, как «работать» над теми факторами, которые приводят к риску поведе-

ния их друзей: менять групповые нормы, преодолевать негативное отношение к презервативам, вырабатывать намерения предохраняться, повышать самоуверенность. Практические упражнения тренинга позволяли выработать необходимые навыки для подобного общения с друзьями. Интервью с целью замера поведенческих рисков осуществлялись со всеми участниками до экспериментальной тренинг-программы, а также через 4, и еще раз, через 12 месяцев после этой программы. Статистический анализ выявил то, каким образом поведение экспериментальных участников отличалось от поведения контрольных участников.

При опросе через 4 месяца после тренинга между экспериментальными и контрольными группами выявились очень значительные различия: уровни риска в контрольной группе почти не изменились, в то время как в экспериментальной группе произошло понижение многих показателей риска: незащищенный секс за последние 3 месяца практиковали 70% контрольных участников и 48% — экспериментальных ($p=0,0001$). Оказалось, что основной стратегией снижения риска экспериментальные участники выбрали для себя снижение количества партнеров, с которыми практиковался незащищенный секс ($p=0,02$): доля тех экспериментальных участников, кто вступал в контакты без презерватива с двумя или более партнерами за последние 3 месяца, снизилась с 32 до 13%, а доля контрольных участников практически не изменилась (23 и 25%). Различия в показателях риска контрольных и экспериментальных участников через 12 месяцев после лидерского тренинга в целом сократились. Однако в подгруппе тех, кто практиковал незащищенный секс с двумя или более партнерами за последние 3 месяца, различия между группами сохранились.

Социально-сетевые подходы в контексте профилактики ВИЧ являются весьма перспективными. Направления дальнейших исследований могут быть связаны, например, с новыми, инновационными подходами к профилактике: изучение поведенческого риска в контексте структуры и свойств социальных сетей, степень воздействия лидеров различного типа на поведение членов социальных сетей, связь динамики социальных сетей с поведенческим риском, изучение различных методов ВИЧ-профилактических вмешательств на уровне социальных сетей. Возможно применение социально-сетевых

методов в качестве способа набора участников в ту или иную текущую программу. Наконец, возможна модификация существующей программы таким образом, чтобы учитывать и полагаться на имеющиеся социальные связи между ее клиентами, что потенциально может повысить ее покрытие и эффективность.

Литература

1. Bandura, A. (1986). *Social foundation of thought and action: a social-cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

2. Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: an introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison Wesley.

3. Fisher, J.D. & Fisher, W.A. (1992). Changing AIDS risk behavior. *Psychological Bulletin*, 111, 455-474.

4. Amirkhanian, Y.A., Kelly, J.A., Kirsanova, A.V., DiFranceisco, W., Khoursine, R.A., Semenov, A.V., & Rozmanova, V.N. (2006). HIV risk behavior patterns, predictors, and STD prevalence in young MSM social networks in St. Petersburg, Russia. *International Journal of STD & AIDS*, 17, 50–56.

5. Kabakchieva, E., Vassileva, S., Kelly, J.A., Amirkhanian, Y.A., DiFranceisco, W.J., McAuliffe, T.L., Antonova, R., Mihaylova, M., Vassilev, B., Khoursine, R.A., & Petrova, E. (2006). HIV risk behavior patterns, predictors, and STD prevalence in the social networks of young Roma (Gypsy) men in Sofia, Bulgaria. *Sexually Transmitted Diseases*, 33, 485–490.

6. Moreno, J.L. (1936). Organization of the social atom. *Sociometric Review*, 4, 10–13.

7. Chung, K. K., Hossain, L. and Davis, J. (27-29 November 2005). Exploring sociocentric and egocentric approaches for social network analysis. Paper presented for International Conference on Knowledge Management Asia Pacific, Victoria University, Wellington, New Zealand.

8. Рона-Тас, А. (1999). Устойчивость социальных сетей в посткоммунистической трансформации Восточной Европы. // Неформальная экономика: Россия и мир. Под редакцией Т. Шанина. М: Логос. 396–411 с.

9. Rothenberg, R.B. & Narramore, J. (1996). The relevance of social network concepts to sexually transmitted disease control. *Sexually Transmitted Diseases*, 23, 24–29.

10. Rothenberg, R., Kimbrough, L., Lewis-Hardy, R., Heath, B., Williams, O.C., Tambe, P., Johnson, D., & Schrader, M. (2000). Social network methods for endemic foci of syphilis: a pilot project. *Sexually Transmitted Diseases*, 27, 12–18.

11. Cottler, L.B., Compton, W.M., Abdallah, P.B., Cunningham-Williams, R., Abram, F., Fichtenbaum, C., & Dotson, W. (1998). Peer-delivered interventions to reduce HIV risk behavior among out-of-treatment drug abusers. *Public Health Reports*, 113 (Supplement 1), 31–41.
12. Trotter, R.T., Bowen, A.M., Baldwin, J.A., & Price, L.J. (1996). The efficacy of network-based HIV/AIDS risk reduction programs in mid-sized towns in the United States. *Journal of Drug Issues*, 26: 591–605.
13. Latkin, C.A., Mandell, W., Vlahov, D., Oziemkowska, M. & Celentano, D.D. (1996). The long-term outcome of a personal network-oriented HIV prevention intervention for injection drug users: the SAFE study. *American Journal of Community Psychology*, 24, 341–364.
14. Latkin, C.A. (1998). Outreach in natural settings. The use of peer leaders for HIV prevention among injecting drug users' networks. *Public Health Reports*, 113 (Supplement 1), 151–159.
15. Broadhead, R.S., Heckathorn, D.D., Weakliem, D.L., Anthony, D.L., Madray, H., Mills, R.J., & Hughes, J. (1998). Harnessing peer networks as an instrument for AIDS prevention: Results from a peer-driven intervention. *Public Health Reports*, 113 (Supplement 1), 42–57.
16. Benotsch, E.G., Kalichman, S.C., & Cage, M. (2002). Men who have sex partners via the Internet: Prevalence, predictors, and implications for HIV prevention. *Archives of Sexual Behavior*, 31, 177–183.
17. Elford, J., Bolding, G., & Sherr, L. (2001). Seeking sex on the Internet and sexual risk behaviour among gay men using London gyms. *AIDS*, 15, 1409–1419.
18. Sergeev, B., Oparina, T., Rummyantseva T.P., Volkanevskii, V.L., Broadhead, R.S., Heckathorn, D.D., & Madray, H. (1999). HIV prevention in Yaroslavl, Russia: A peer-driven intervention and needle exchange. *Journal of Drug Issues*, 29, 777–804.
19. Stormer, A., Tun, W., Guli, L., Harxhi, A., Bodanovskaia, Z., Yakovleva, A., Rusakova, M., Levina, O., Bani, R., Rjepaj K., & Bino, S. (2006). An analysis of respondent driven sampling with injection drug users (IDU) in Albania and the Russian Federation. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 83, i73–i82.
20. Broadhead, R.S., Heckathorn, D.D., Altice, F.L., Hulst, Y. et al. (2002). Increasing drug users' adherence to HIV treatment: Results of a peer-driven intervention feasibility study. *Social Science and Medicine*, 55, 235–246.
21. Donaldson, S.I. (1995). Peer influence on adolescent drug use: A perspective from the trenches of experimental evaluation research. *American Psychologist*, 9, 801–802.

22. Friedman, S.R., Curtis, R., Neaigus, A., Jose, B., & Des Jarlais, D.C. (1999). *Social networks, drug injectors' lives, and HIV/AIDS*. New York: Kluwer Academic/Plenum.

23. Friedman, S.R., & Aral, S. (2001). Social networks, risk-potential networks, health, and disease. *Journal of Urban Health*, 78, 411–418.

24. Latkin, C., Mandell, W., Oziemkowska M., Celentano, D., Vlahov, D., Ensminger, M., Knowlton A. (1995). Using social network analysis to study patterns of drug use among urban drug users at high risk for HIV/AIDS. *Drug and Alcohol Dependence*, 38, 1–9.

25. Neaigus, A., Friedman, S., R., Curtis, R., Des Jarlais, D. C., Furst, R. T., Jose, B., Mota, P., Stepherson, B., Sufian, M., Ward, T., & Wright, J. W. (1994). The relevance of drug injectors' social and risk networks for understanding and preventing HIV infection. *Social Science and Medicine*, 38, 67–78.

26. Neaigus, A., Friedman, S.R., Kottiri, B.J. & Des Jarlais, D.C. (2001). HIV risk networks and HIV transmission among injecting drug users. *Evaluation and Program Planning*, 24, 221–226.

27. Trotter, R., Bowen, A., & Potter, J. (1995). Network models for HIV outreach and prevention programs for drug users. In R. Needle, S. Coyle, S. Genser, & R. Trotter (Eds.), *Social networks, drug abuse, and HIV transmission* (pp. 144-180). Rockville, MD: National Institute on Drug Abuse.

28. Zapka, J.G., Stoddard, A.M., & McCusker, J. (1993). Social network, support and influence: Relationship with drug use and protective AIDS behavior. *AIDS Education and Prevention*, 5, 352–366.

29. Kelly, J.A., Amirkhanian, Y.A., Kabakchieva, E., Vassileva, S., McAuliffe, T.L., DiFranceisco, W.J., Antonova, R., Petrova, E., Khoursine, R.A., Vassilev, B., & Dimitrov, B. (2006). Prevention of HIV and sexually transmitted diseases in high risk social networks of young Roma (Gypsy) men in Bulgaria: randomized controlled trial. *British Medical Journal*, 333, 1098–1101.

30. Smith, A.M.A., Grierson, J., Wain, D., Pitts, M., & Pattison, P. (2004). Associations between the sexual behaviour of men who have sex with men and the structure and composition of their social networks. *Sexually Transmitted Infections*, 80, 455–458.

31. Kincaid, D.L. (2000). Social networks, ideation and contraceptive behavior in Bangladesh: A longitudinal analysis. *Social Science & Medicine*, 50, 215–231.

32. Amirkhanian, Y.A., Kelly, J.A., Kabakchieva, E., Kirsanova, A.V., Vassileva, S., Takaes, J., DiFranceisco, W.J., McAuliffe, T.L., Khoursine, R.A., Mocsonaki, L. (2005). A randomized social network HIV prevention trial with young men who have sex with men in Russia and Bulgaria. *AIDS*, 19, 1897–1905.

СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ УПОТРЕБЛЕНИЯ НАРКОТИКОВ СРЕДИ ПИН

Материалы и методы исследования

В ходе исследования были проанкетированы больные, употреблявшие наркотики инъекционным способом (ПИН). Исследование проводилось в 2006 г. в государственных наркологических больницах Москвы, Ленинградской, Омской, Пермской, Читинской, Свердловской, Волгоградской областей, Приморского края и Республики Удмуртия.

Основным признаком отбора являлось употребление наркотиков путем инъекций в течение последнего года. Еще одним условием было отсутствие наркотической абстиненции, депрессивного состояния или нахождения в состоянии заторможенности в связи с медикаментозным воздействием, что могло затруднить контакт с респондентом. Важным моментом при отборе больных для участия в исследовании было согласие их на участие в интервью.

Инструментом для сбора данных о больных наркоманией являлась стандартная карта, включающая в себя 5 основных разделов: социально-демографические данные, данные об употреблении наркотиков, риск поведения, информация о лечении, предполагаемый объем помощи, обследование на ВИЧ, гепатит В и С, диагноз. Информация о лечении и результаты обследования выкопировывались из стационарных историй болезни опрошенных ПИН.

В результате были собраны данные о 1803 потребителях инъекционных наркотиков (ПИН), находившихся на лечении в государственных наркологических стационарах выбранных регионов.

Проверка анкет на этапе сбора данных и ввода в ПК проводилась визуальным методом: каждая анкета просматривалась сотрудником отделения с целью оценки полноты и правильности заполнения анкеты; при визуальном просмотре сразу же выбраковывались анкеты, заполненные менее чем на половину, а также анкеты респондентов,

не относящиеся к ПИН. В ряде случаев визуальный метод позволял выявить дубликаты (копии), хотя в этом отношении его возможности ограничены.

Для выявления дубликатов (повторно заполненных карт на одно и то же лицо) на основе Visual Basic for Application (VBA) разработан макрос, последовательно сравнивающий между собой наблюдения. Наблюдения, которые совпадали на 90%, помечались как дубликаты. По номеру наблюдения анкеты изымались из массива документов, визуально сравнивались между собой и только после этого принималось решение об изъятии наблюдения из базы данных. Таким образом, среди 201 анкеты, полученных из Волгоградской области, выявлено 67 дубликатов. Дальнейшей статистической обработке подлежали 134 анкеты респондентов этой территории.

Сформированная база данных в Excel была подвергнута проверке на наличие в ней наблюдений, не соответствующих условию отбора, каким являлось инъекционное употребление наркотиков.

Для этого были исследованы переменные «диагноз», «инъекции наркотиков за последний год», а также переменные, характеризующие пути введения основного и двух последующих наркотиков.

Базы данных о респондентах и номинантах, сформированные и выверенные в Excel, импортированы в SPSS для проведения дальнейшего анализа и статистической обработки.

Для изучения количественных переменных, таких как «возраст», «возраст при первой инъекции наркотика» и т.п., использовались описательные статистики. Поскольку большинство наших переменных имели распределение, отличное от нормального (Гауссова), то при сравнении двух групп по количественному признаку (например, возраст) использовался непараметрический тест Колмогорова–Смирнова [1, 2]. Исследование группы по качественному признаку осуществлялось с помощью критерия χ^2 [3].

Социально-демографическая характеристика респондентов

В выборку вошли 1803 больных наркоманией, госпитализированных в наркологические учреждения 9 субъектов РФ. Из них

большинство – жители крупных городов (Владивосток, Москва, Омск, Пермь, Ижевск, Чита, Екатеринбург и др.), удельный вес которых составил 68,2%.

Большая часть респондентов – мужчины (76,6%), женщины составили 23,4%. В таблицах 1 и 2 приведено распределение лиц, вошедших в выборку по полу, возрасту, а также основные статистические характеристики возрастного распределения. Анализ представленных данных свидетельствует о том, что распределение по возрасту и мужчин, и женщин отличается от нормального (распределения Гаусса). Причем выборка женщин по сравнению с мужской, имеет сдвиг в более молодые возрастные группы: так, среди мужчин доля лиц в возрасте 15–19 лет составила 3,2%, среди женщин – 11,2%. Об этом же свидетельствуют такие показатели, как средний возраст – 26,7 лет у мужчин, 24,6 лет у женщин; медиана – 26 лет у мужчин, 24 года у женщин; мода – 25 лет и 21 год соответственно. Различия возрастного распределения мужчин и женщин в выборке подтверждены статистическими методами – тест Колмогорова–Смирнова – при $p < 0,001$.

Таблица 1

Распределение больных по полу и возрасту*

Группировка по возрасту	Абсолютные числа			в % к итогу		
	мужской	женский	оба пола	мужской	женский	оба пола
15–17 лет	7	3	10	0,5	0,7	0,5
18–19 лет	37	44	81	2,7	10,5	2,7
20–24 года	396	184	580	28,9	44,0	28,9
25–29 лет	590	134	724	43,1	32,1	43,1
30 и старше	340	53	393	24,8	12,7	24,8
Всего	1370	418	1788	100	100	100

* Здесь и далее абсолютные числа, удельный вес и иные показатели рассчитываются от числа респондентов, ответивших на вопросы, поэтому анализируемое число может не совпадать с числом опрошенных респондентов.

**Статистические характеристики
возрастного распределения у мужчин и женщин**

Статистические характеристики	Мужской	Женский	Оба пола
Число наблюдений	1370	418	1788
Средний возраст	26,7	24,6	26,2
Станд. ошибка среднего	0,126	0,236	0,113
Станд. отклонение	4,7	4,8	4,8
Медиана	26	24	26
Мода	25	21	25
Минимум	15	17	15
Максимум	50	55	55
Экссесс	1,351	4,523	1,763
Станд. ошибка эксцесса	0,132	0,238	0,116
Коэффициент асимметрии	0,765	1,465	0,866
Станд. ошибка коэфф. асимметрии	0,066	0,119	0,058
Тест Kolmogorov-Smirnov, Z	4,142		
Значимость, p	<0,001		

По уровню образования (табл. 3) больные распределились следующим образом: более половины от числа ответивших имели среднее специальное или среднее образование (57,2%), незаконченное высшее и высшее – 16,2, 12,8% – закончили 8 (9) классов, лишь 2,2% имели образование менее 8 (9) классов средней школы. На момент проведения опроса учились в различных учебных заведениях 8,3% опрошенных. Приведенные данные свидетельствуют об относительно высоком уровне образования ПИН.

Сведения об источниках средств существования характеризуют возможности социальной адаптации (табл. 4). Постоянную или временную работу имело более 40 % ПИН, случайные заработки – 31,1%. Таким образом, свыше 70 % опрошенных зарабатывали на жизнь самостоятельно. Наряду с этим, 23,3% больных жили на доходы родителей (родственников) или супруга (партнера).

Таблица 3

Уровень образования

Образование	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
Менее 8(9) классов средней школы	39	2,2	2,2
8 (9) классов средней школы	227	12,6	12,8
11 (10) классов средней школы	472	26,2	26,6
Незаконченное среднее специальное	202	11,2	11,4
Среднее специальное	543	30,1	30,6
Незаконченное высшее	171	9,5	9,7
Высшее	116	6,4	6,5
Другое	2	0,1	0,1
Всего ответивших	1772	98,3	100,0
Число не ответивших	31	1,7	
Всего опрошенных	1803	100,0	

Таблица 4

Основной источник средств существования

Источник средств существования	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
Постоянная работа	423	23,5	23,8
Временная работа	307	17,0	17,3
Случайные заработки	552	30,6	31,1
Родители или родственники	324	18,0	18,2
Супруг или партнер	91	5,0	5,1
Другое	80	4,4	4,5
Всего ответивших	1777	98,6	100,0
Число не ответивших	26	1,4	
Всего опрошенных	1803	100,0	

Больше половины опрошенных ПИН (58,9%) проживали совместно с родственниками, 14,9% жили отдельно и 22,6% – с супругом или партнером. Постоянного жилья не имели лишь 12 человек (0,7%) (табл. 5).

Таблица 5

Проживание в последнее время

Категории	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
Отдельно	266	14,8	14,9
С родителями или родственниками	1053	58,4	58,9
С друзьями	53	2,9	3,0
С супругом или партнером	404	22,4	22,6
В учреждении	1	0,1	0,1
Бездомный или непостоянное жилье	8	0,4	0,4
Другое	3	0,2	0,2
Всего ответивших	1788	99,2	100,0
Число не ответивших	15	0,8	
Всего опрошенных	1803	100,0	

Другой важной социальной характеристикой является проживание с потребителем наркотиков: 23,5% опрошенных жили совместно с потребителем наркотиков (табл. 6). Этот и некоторые другие социально-демографические показатели в дальнейшем изучались как факторы риска развития гемоконтактных инфекций среди потребителей инъекционных наркотиков.

Таблица 6

Проживание с потребителем наркотиков

Категории	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
Да	417	23,1	23,5
Нет	1355	75,2	76,5
Всего ответивших	1772	98,3	100,0
Число не ответивших	31	1,7	
Всего опрошенных	1803	100,0	

Первые пробы наркотиков

Первая проба наркотика является важным моментом в жизни человека и может определить его дальнейшую судьбу. Большинство наших респондентов начали употребление с тяжелых наркотиков: производные опиата были первым наркотиком у 3/4 (74,4%) опрошенных, причем половина (51,4%) начали потребление наркотиков с героина. Психостимуляторы были первыми наркотиками лишь у 1,9% опрошенных. Вопреки ожиданию число и доля респондентов, начавших употребление наркотиков с так называемых «легких наркотиков», невелико: производные конопли были первым наркотиком у 1/5 опрошенных (19,9%) и лишь 1 опрошенный признался, что начал с употребления клея. 60 опрошенных (3,3%) затруднились с ответом на этот вопрос (табл. 7).

Таблица 7

Распределение респондентов по виду наркотика, с которого впервые в жизни началось потребление наркотиков

Виды наркотиков	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
Героин	927	51,4	51,4
Другие опиаты	414	23,0	23,0
Каннабиноиды	358	19,9	19,9
Психостимуляторы	35	1,9	1,9
Галлюциногены (ЛСД)	1	0,1	0,1
Клей	1	0,1	0,1
Разное (кетамин, «таблетки»)	7	0,4	0,4
Затруднились с ответом	60	3,3	3,3
Всего опрошенных	1803	100,0	100,0

Анализ распределения первых проб наркотика у мужчин и женщин показал статистически значимые расхождения такого распределения (табл. 8). Для проведения анализа были исключены случаи употребления галлюциногенов, клея, разных наркотиков и случаи, когда респонденты затруднились с ответом, число которых невелико и не было значимым для анализа.

Таблица 8

**Употребление первого наркотика
у мужчин и у женщин**

Виды наркотиков	Мужчины	%	Женщины	%	Всего	%
Героин	639	48,8	283	68,4	922	53,5
Другие опиаты	344	26,3	68	16,4	412	23,9
Каннабиноиды	305	23,3	51	12,3	356	20,6
Психостимуляторы	22	1,7	12	2,9	34	2,0
Всего	1310	100	414	100	1724	100
PearsonChi-Square(χ^2)	56,0					
Значимость, p	<0,001					

Оказалось, что у женщин первым наркотиком значимо чаще был героин по сравнению с мужчинами (68,4 и 48,8% соответственно), а у мужчин – каннабис (23,3% у мужчин и 12,3% у женщин), при этом $\chi^2 p < 0,001$ (что свидетельствует о высокой статистической значимости различий).

Возраст первых проб (табл. 9) варьировал от 8 до 49 лет: у мужчин от 8 до 45 лет, у женщин от 13 до 49 лет. Медиана возраста первых проб при этом составила 18 лет и у мужчин, и у женщин.

Таблица 9

Возраст первых проб наркотиков

Группировка по возрастам	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
0–14 лет	175	9,7	10,1
15–17 лет	585	32,4	33,7
18–19 лет	396	22,0	22,8
20–24 года	435	24,1	25,0
25–29 лет	119	6,6	6,9
30 лет и старше	27	1,5	1,6
Всего ответивших	1737	96,3	100,0
Число не ответивших	66	3,7	
Всего опрошенных	1803	100,0	

Каждый третий респондент отнес первые пробы наркотиков к возрасту 15–17 лет, каждый пятый – к возрасту 18–19 лет, и каждый четвертый – к возрасту 20–24 года (табл. 9). Таким образом, подавляющее большинство респондентов (81,5%) впервые в жизни попробовали наркотик в возрасте 15–24 года. Наряду с этим, каждый десятый респондент (10,1%) впервые попробовал наркотик до 14 лет.

Основной наркотик

Основным наркотиком считается такое наркотическое вещество, которое потребитель в течение последнего года употребляет наиболее часто и предпочитает иным наркотикам.

Для анализируемой выборки характерно преимущественное употребление опиатов. Наиболее часто основным наркотиком ответившие называли героин (77,1%), второе по частоте место заняли кустарно изготовленные производные опия («ханка», мак, «черняшка», опий-сырец и т.п.) – 21,0%, третье место – опиоиды медицинского назначения (1,1%), такие как метадон, терпинкод, трамал и т.п. Небольшое число ПИН в качестве основного наркотика назвали психостимуляторы (амфетамин, винт, первитин, единичные случаи употребления кокаина), удельный вес таких больных невелик – 0,6%. К другим наркотикам (табл. 10) были отнесены единичные случаи употребления ЛСД и марихуаны в качестве основного наркотика.

Таблица 10

Основной наркотик

Вид наркотика	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
Героин	1391	77,1	77,1
Кустарные опиаты	379	21,0	21,0
Опиаты медицинского назначения	20	1,1	1,1
Психостимуляторы	10	0,6	0,6
Другие наркотики	3	0,2	0,2
Всего опрошенных	1803	100,0	100,0

Путь введения основного наркотика – в основном инъекционный (97,6% от числа опрошенных). Только 1,1% респондентов сообщили об ином способе употребления основного наркотика – курение, вдыхание и т.п., а 2,7% – не ответили на вопрос о способе употребления основного наркотика. Дальнейший анализ показал, что эти респонденты употребляли инъекционным способом второй и третий наркотик и поэтому не были исключены из выборки.

Несмотря на то что статистически значимых различий в возрасте первых проб наркотиков между мужчинами и женщинами не отмечалось, возрастное распределение при первом употреблении основного наркотика имело значимые гендерные различия ($p < 0,001$). Так, если медиана первого употребления основного наркотика составила для женщин 18 лет, то для мужчин – 20 лет, т.е. женщины пробовали основной наркотик раньше мужчин.

Медиана возраста, в котором началось регулярное употребление наркотика, для всей выборки – 20 лет. Как и в предыдущем случае, значения этого показателя для мужской и женской популяции значимо отличались ($p < 0,001$): у мужчин начало регулярного употребления основного наркотика пришлось на 21 год, у женщин – на 20 лет, т.е. женщины переходили к регулярному употреблению основного наркотика также в более молодом возрасте.

Лаг (продолжительность периода) от первых проб основного наркотика до регулярного его употребления у мужчин и женщин статистических различий не имел и составлял в среднем у мужчин – 1,4 года, у женщин – 1,3 года; медиана и в том и другом случае – 1 год (табл. 11).

Подавляющее большинство респондентов употребляли основной наркотик ежедневно – 82,3% от числа ответивших. С регулярностью 2–6 дней в неделю – 8,5%, 1 раз в неделю и реже – лишь 9,2% респондентов (табл. 12).

**Признаки, характеризующие употребление
основного наркотика у мужчин и женщин**

Статистические характеристики	Возраст при первом употреблении основного наркотика (лет)	Возраст начала регулярного употребления основного наркотика (лет)	Лаг от первых проб до начала регулярного употребления основного наркотика (число лет)
Мужчины			
число наблюдений	1368	1355	1352
Среднее	20,0	21,4	1,4
станд.отклонение	4,0	4,0	1,9
Медиана	20	21	1
Женщины			
число наблюдений	420	417	417
Среднее	19,1	20,4	1,3
станд.отклонение	4,1	4,0	1,6
Медиана	18	20	1
Оба пола			
число наблюдений	1788	1772	1769
Среднее	19,8	21,2	1,4
станд.отклонение	4,0	4,0	1,9
Медиана	19	20	1
Тест Kolmogorov-Smirnov Z	2,528	2,773	0,499
Значимость (p)	<0,001	<0,001	0,965

**Частота употребления основного наркотика
за последние 30 дней**

Группировка по частоте употребления	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
1 раз в неделю и реже	154	8,5	9,2
2–6 дней в неделю	142	7,9	8,5
Ежедневно	1376	76,3	82,3
Всего ответивших	1672	92,7	100,0
Не употреблял за последние 30 дней	83	4,6	
Число не ответивших	131	7,3	
Всего опрошенных	1803	100,0	

Другие наркотики

Наряду с употреблением основного наркотика многие наркоманы практикуют употребление других наркотиков и психоактивных веществ. В ряде случаев, когда употребление таких наркотиков становится регулярным, развивается зависимость от наркотиков химических групп, отличных от основного. В дальнейшем сочетанное употребление наркотиков различных химических групп приводит к формированию наиболее тяжелой формы зависимости – полинаркомании, характеризующейся прогрессивным течением, быстрым изменением личности и резистентностью к лечению [4]. С этой точки зрения представляется важным изучение сочетанного употребления наркотиков.

Об употреблении второго наркотика сообщили 602 респондента (табл. 13), или 33,4% от их общего числа. Среди респондентов, употреблявших второй наркотик, также преобладали потребители опиатов – их удельный вес оставил 45,3%; 35,6% респондентов употребляли препараты каннабиса; 15,9% – психостимуляторы. Удельный вес потребителей других медицинских препаратов (пипольфен, феназепам) невелик – 1,2%; других ПАВ (клей, алкоголь, а также субстанции, уличное название которых не позволило отнести их в ту или иную группу) – лишь 1,0%.

Второй наркотик

Вид наркотика	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
Героин	95	5,3	15,8
Кустарные опиаты	144	8,0	23,9
Опиаты медицинского назначения	34	1,9	5,6
Психостимуляторы	96	5,3	15,9
Каннабиноиды	220	12,2	36,5
Другие медицинские препараты	7	0,4	1,2
Другие ПАВ	6	0,3	1,0
Всего ответов	602	33,4	100,0
Нет ответа	1201	66,6	
Всего респондентов	1803	100,0	

Основной способ употребления второго наркотика – инъекционный, о чем сообщили 56,7% ответивших респондентов; курят – 36,5%; принимают наркотики внутрь – 3,2%, вдыхают – 3,6%.

Следует отметить высокую частоту употребления второго наркотика – о ежедневном его употреблении сообщили 15,7% ответивших на этот вопрос, 14,3% употребляли второй наркотик 2–6 дней в неделю, т.е. почти треть респондентов имеют частоту употребления второго наркотика, характерную для регулярного употребления.

Об относительно редком употреблении второго наркотика (1 раз в неделю и реже) сообщили 36,3% респондентов; не употребляли за последние 30 дней – 33,6% ответивших.

Об употреблении третьего наркотика сообщили 177 респондентов (9,8% от числа опрошенных) (табл. 14). Эти респонденты в качестве третьего наркотика наиболее часто использовали производные каннабиса – 41,2%; реже психостимуляторы (амфетамины, первитин, эфедрон, экстази и т.п.) 30,5%, опиоиды – 23,7%, причем большая часть из них – употребляли опиоиды медицинского назначения – метадон, трамал, терпинкод, кодеин – всего 23 случая (13,0%). Удельный вес потребителей героина и кустарных опиатов составил лишь 10,7% (3 человека).

Третий наркотик

Вид наркотика	Распределение	% от числа опрошенных	% от числа ответивших
Героин	3	0,2	1,7
Кустарные опиаты	16	0,9	9,0
Опиаты медицинского назначения	23	1,3	13,0
Психостимуляторы	54	3,0	30,5
Каннабиноиды	73	4,0	41,2
Другие медицинские препараты	2	0,1	1,1
Другие ПАВ	6	0,3	3,4
Всего ответов	177	9,8	100,0
Нет ответа	1626	90,2	
Всего респондентов	1803	100,0	

Основной способ употребления третьего наркотика, как и в предыдущих случаях, инъекционный – на его долю пришлось 40,2% случаев. 39,1% ответивших респондентов курят третий наркотик, 11,8% – принимают внутрь, ингаляционным способом употребляют 8,9% респондентов.

Ежедневно употребляли третий наркотик 10,8% ответивших на этот вопрос, 26,6% – употребляли 2–6 дней в неделю. Таким образом, 37,4% респондентов, употребляющих третий наркотик, сообщили о высокой частоте его употребления, что может быть косвенным свидетельством формирующейся (или сформировавшейся) зависимости от этого наркотика.

Наряду с этим, 40,5% респондентов сообщили о том, что за последние 30 дней они не употребляли третий наркотик, а каждый пятый (22,2%) – употребляли 1 раз в неделю и реже.

Таким образом, для изученной группы ПИН характерны следующие особенности: это мужчины и женщины преимущественно в возрасте 20–29 лет, имеющие среднее или среднее специальное образование, постоянную или временную работу, проживающие со своими родителями.

Первые пробы наркотиков приходится на 18 лет и у мужчин, и у женщин, при этом статистически значимых отличий не отмечается. Большая часть респондентов (и мужчины, и женщины) начинали потребление наркотиков с героина. Легкие наркотики (каннабиноиды) были первым наркотиком лишь у 1/5 части респондентов. Наряду с этим у женщин значимо чаще первым наркотиком был героин, а у мужчин – каннабис.

В качестве основного наркотика большинство ПИН называют производные опийной группы (99,2%), причем наиболее часто – героин (77,1%). Женщины начинают употреблять основной наркотик (возраст первых проб основного наркотика) раньше (в 18 лет) по сравнению с мужчинами (20 лет). При этом переход от первых проб основного наркотика к регулярному его употреблению у мужчин и женщин примерно одинаков и составляет примерно один год. К регулярному потреблению основного наркотика женщины приходят несколько раньше (в 20 лет) по сравнению с мужчинами (21 год). Подавляющее большинство ПИН в выборке употребляют основной наркотик ежедневно – 82,3%, при этом способ его введения – инъекционный.

Для изучаемых ПИН характерно употребление двух и более наркотиков. Каждый третий респондент сообщал об употреблении второго наркотика, каждый 10-й – третьего наркотика. Среди ПИН, употребляющих второй и третий наркотик, преобладают потребители опиатов, наряду с этим выше удельный вес потребителей психостимуляторов и каннабиса по сравнению с основной выборкой.

Литература

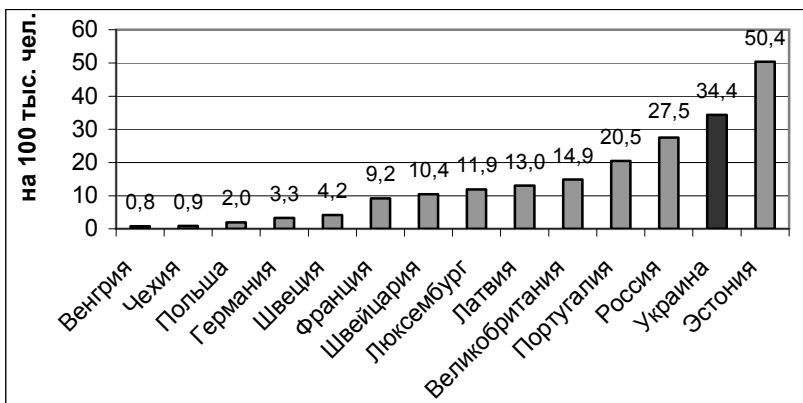
1. Бюль Ахим, Цефель Петер. SPSS: искусство обработки информации. – М., СПб., Киев, DiaSoft., 2002. – 602 с.
2. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. М.: Медиа Сфера, 2006. – 305 с.
3. Флейс Дж. Статистические методы для изучения таблиц долей и пропорций. М.: Финансы и статистика, 1989. – 317 с.
4. Пятницкая И.Н. Наркомании.– М.: Медицина, 1994. – 542 с.

ЭПИДЕМИЯ ВИЧ/СПИДА В УКРАИНЕ: ТЕНДЕНЦИИ И ПОСЛЕДСТВИЯ

Одним из наибольших социальных рисков, который на национальном уровне превращается в угрозу национальной безопасности Украины, является эпидемия ВИЧ/СПИДа. Если в 1995 г. по оценке ВОЗ Украина принадлежала к странам с низким уровнем распространения ВИЧ, то в современный период она страдает от одной из самых масштабных в Европейском регионе эпидемии. По данным Европейского центра эпидемиологического мониторинга ВИЧ/СПИДа частота новых случаев ВИЧ в Украине превышает показатели почти всех европейских стран кроме Эстонии, а уровень заболеваемости СПИДом практически самый высокий: в 2006 г. указанные показатели составляли соответственно 34,4 и 10,1 в расчете на 100 тыс. чел. (рис. 1, 2). Хотя уровень распространения ВИЧ среди населения Украины не настолько высокий, как например в африканских странах, расположенных к югу от Сахары, тенденции распространения ВИЧ свидетельствуют о реальной возможности выхода эпидемии за границы групп риска и перехода ее из концентрированной стадии в генерализованную.

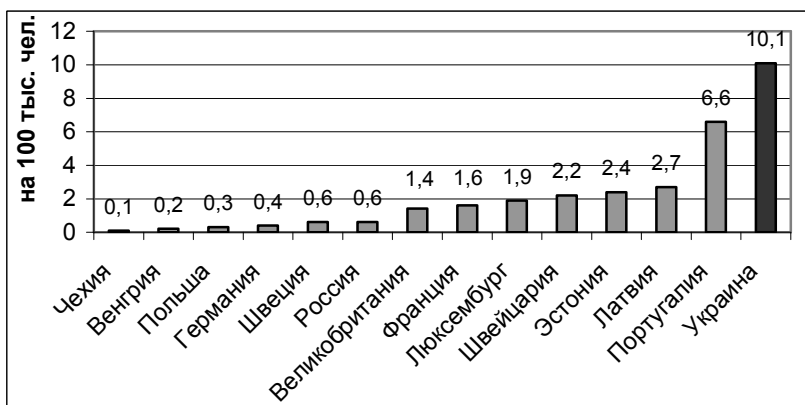
Частота новых случаев инфицирования ВИЧ начала быстро расти в Украине после 1994 г.: в среднем на 33% за год. В течение 1996–2007 гг. официально зарегистрированное годовое количество новых случаев ВИЧ повысилось втрое и в 2007 г. составляло 17,7 тыс. человек. Это самый высокий показатель за период наблюдения (рис. 3). По данным Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины на начало 2008 г. было официально зарегистрировано 122,7 тыс. ВИЧ-позитивных, из которых число больных СПИДом составляет 22,5 тыс. чел., 12,5 тыс. умерло от СПИДа. Вместе с тем существует значительная недооценка числа ВИЧ-инфицированных. В частности, согласно последней согласованной оценке отечественных и зарубежных экспертов (Украинский центр профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины, ВОЗ, ЮНЕЙДС, МБФ «Международный Альянс ВИЧ/СПИД») в Украине общее количество ВИЧ-инфицированных (всех возрастов) на конец 2007 г. составляло почти 440 тыс. чел., в том числе 395,3 тыс. чел. в возрасте 15–49 лет, из которых 163,7 тыс. являются инъекционными по-

требителями наркотиков. ВИЧ-инфицированными в Украине является 1,63% населения в возрасте 15–49 лет.



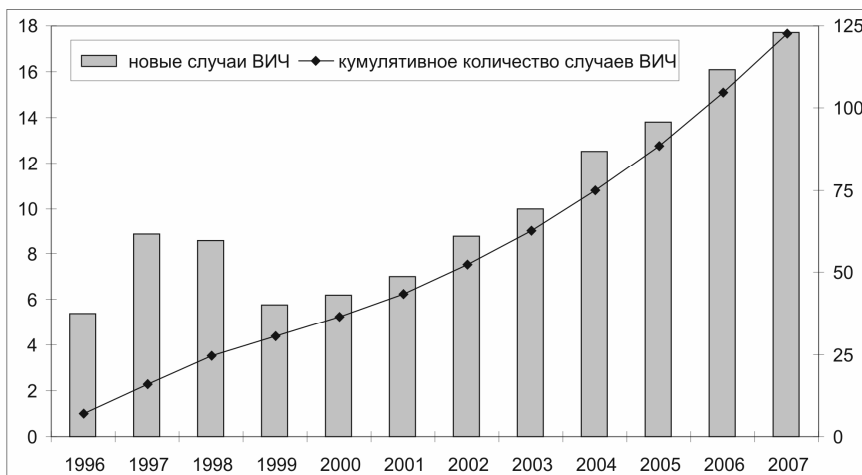
Источник: EuroHIV. HIV/AIDS Surveillance in Europe. Mid-year report 2006; данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 1. Число зарегистрированных новых случаев ВИЧ в Украине и других европейских странах в 2006 г., на 100 тыс. чел.



Источник: EuroHIV. HIV/AIDS Surveillance in Europe. Mid-year report 2006; данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 2. Заболеваемость СПИДом в Украине и других европейских странах в 2006 г., на 100 тыс. человек



Источник: Данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 3. Динамика официально зарегистрированных новых случаев ВИЧ и кумулятивного количества ВИЧ-инфицированных в Украине в 1996–2007 гг., тыс. чел.

По классификации ЮНЕЙДС Украина находится в концентрированной стадии эпидемии. Такая стадия, как известно, отличается высоким уровнем распространения ВИЧ среди групп повышенного риска (5% и больше) и распространением ВИЧ среди беременных женщин на уровне ниже 1%. Генерализованная стадия эпидемии начинается тогда, когда ВИЧ распространяется на широкие слои населения и его уровень среди беременных женщин превышает 1%. В Украине за данными сероэпидемиологического мониторинга в 2007 г. удельный вес положительных результатов на антитела к ВИЧ среди общего количества обследований составлял 1,15%; в том числе в группах, которые характеризуют «общее» население: среди беременных – 0,34%; доноров – 0,13%. В группах высокого риска уровень ВИЧ составлял: среди потребителей инъекционных наркотиков – 15,33%; лиц, больных заболеваниями, передающимися половым путем – 1,50%; заключенных – 12,82%⁷. Хотя эпидемия ВИЧ/СПИДа в Украине продолжает концентрироваться в группах риска,

⁷ ВІЛ-інфекція в Україні. Інформаційний бюлетень. №29. — К.: МОЗ України, Укр. центр профілактики і боротьби зі СНІД, 2008.

она активно развивается дальше. В отдельных группах риска уровень распространения ВИЧ превысил «порог» концентрированной эпидемии. Есть основания утверждать, что в современный период эпидемия находится в своеобразной точке перелома и при «благоприятных» условиях может привести к выходу ВИЧ/СПИДа за пределы этих групп и распространению на социально благополучные слои населения.

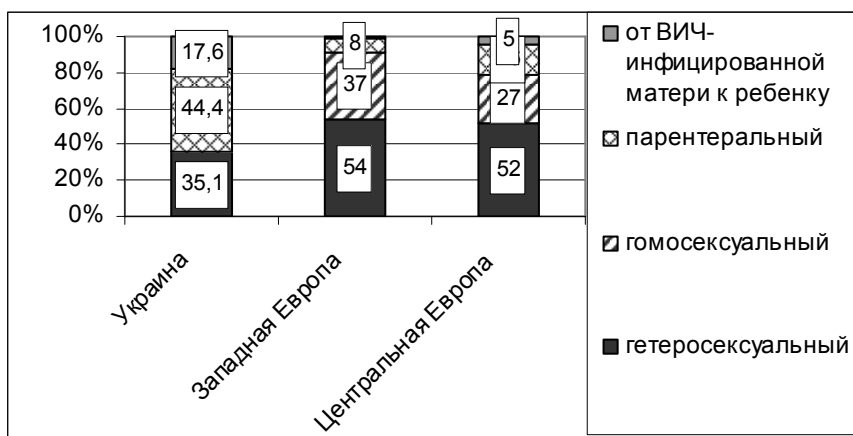
Кроме того, следует заметить, что эпидемическая ситуация с ВИЧ/СПИДом в Украине очень неоднородна в региональном масштабе: в западном регионе уровень распространения ВИЧ наиболее низкий, а в отдельных областях и больших городах, расположенных на юге и востоке страны, уже наблюдается генерализация эпидемии. Наиболее поражены Одесская (распространенность ВИЧ составляет 414,2 на 100 тыс. населения в 2007 г.), Днепропетровская (414,2), Донецкая (395,6), Николаевская (378,9) области, а также г. Севастополь (309,4) и г. Киев (194,4).

Проведенный анализ свидетельствует, что эпидемия ВИЧ/СПИДа в Украине (как и в других постсоветских странах) имеет свою специфику, которая связана со следующими обстоятельствами.

Как известно, в странах Западной Европы основной группой риска относительно инфицирования ВИЧ являются мужчины, имеющие секс с мужчинами. Данные Европейского центра мониторинга наркотиков и наркотической зависимости и Европейского Центра эпидемиологического мониторинга ВИЧ/СПИДа свидетельствуют, что в большинстве стран Европейского Союза уровень трансмиссии ВИЧ среди потребителей инъекционных наркотиков находится на довольно низком уровне, что является следствием высокой доступности услуг относительно профилактики ВИЧ, программ уменьшения вреда от употребления наркотиков, тогда как тенденция к уменьшению уровня употребления наркотиков наблюдается лишь в немногих странах. Западно-европейским странам благодаря активным превентивным мерам удалось достичь ощутимых результатов в деле предотвращения распространения ВИЧ в среде инъекционных наркопотребителей, хотя эффективность таких мероприятий среди другой группы риска – мужчин, имеющих секс с мужчинами – пока что недостаточна. Вместе с тем в последние годы во многих странах прослеживается тенденция к увеличению гетеросексуального пути передачи ВИЧ. В структуре новых случаев ВИЧ в странах Западной Европы в 2006 г. парентеральный путь передачи (через инъекционное употребление наркотиков) составлял

лишь 8%, гомосексуальный – 37%, гетеросексуальный – 54%, от ВИЧ-инфицированной матери к ребенку – 1% (рис. 4).

В странах Центральной Европы уровень распространения ВИЧ довольно низкий, а структура путей передачи ВИЧ-инфекции является переходной от западно- к восточноевропейской. В частности, удельный вес парентерального пути передачи ВИЧ больше, чем в странах Западной Европы, но не настолько велик, как в восточноевропейских странах, в том числе в Украине. В 2006 г. он составлял 16%. На гомосексуальный путь передачи приходится четверть новых случаев ВИЧ (25%), на гетеросексуальный – более половины (52%) случаев, трансмиссия от матери к ребенку составляет 5% (рис. 4).



Источник: EuroHIV. HIV/AIDS Surveillance in Europe. Mid-year report 2006; данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 4. Структура путей передачи ВИЧ (новые случаи) в Украине, странах Западной и Центральной Европы⁸ в 2006 г., %

⁸ К странам Западной Европы относятся 23 страны: Андорра, Австрия, Бельгия, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Исландия, Ирландия, Израиль, Испания, Люксембург, Мальта, Монако, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Сан-Марино, Испания, Швеция, Швейцария, Великобритания. К странам Центральной Европы относятся 15 стран: Албания, Босния и Герцеговина, Болгария, Хорватия, Кипр, Чешская Республика, Венгрия, Македония, Черногория, Польша, Румыния, Сербия, Словакия, Словения, Турция.

В Украине с 1994 г. потребители наркотиков инъекционным путем являются основной группой риска; практика общего пользования шприцами среди наркопотребителей сыграла главную роль в стремительном распространении ВИЧ/СПИДа. Динамика и характер наркопотребления определяют характер эпидемии ВИЧ/СПИДа, и именно это обстоятельство обуславливает трудности противодействия эпидемии. Сейчас не существует достоверной информации относительно численности наркозависимых в Украине, которые являются закрытой и труднодоступной группой из-за угрозы наказания за фактом потребления наркотических веществ, хотя действующее национальное законодательство предусматривает уголовную ответственность лишь в случае изготовления и сбыта наркотической продукции, а не ее употребления. Согласно данным Госкомстата Украины численность больных, находившихся на учете в медицинских учреждениях с диагнозом расстройства психики и поведения вследствие употребления наркотических веществ, составляла на начало 2007 г. 86,6 тыс. лиц. По расчетам Харьковского института неврологии, психиатрии и наркологии АМН Украины болеют наркологическими расстройствами около 140 тыс. человек. Согласно данным МВД Украины правоохранными органами в 2007 г. зарегистрировано 174 тыс. лиц, которые потребляют наркотические вещества.

Следует подчеркнуть, что официальная статистика является не полной, а потому недостоверной; она отражает не столько настоящие масштабы распространения наркомании в стране, сколько активность и качество работы правоохранительных органов, доступность соответствующих медицинских служб, поскольку лишь небольшая часть больных наркоманией обращаются за помощью в лечебные учреждения. Реальное число потребителей наркотиков в Украине значительно выше. В частности, согласно последним согласованным оценкам отечественных и зарубежных экспертов на конец 2007 г. число потребителей инъекционных наркотиков (ПИН) в Украине могло составлять от 325,0 (минимальная оценка) до 425 (максимальная оценка) тыс. чел., из которых 163,7 тыс. ВИЧ-инфицированы⁹.

⁹ Звіт щодо узгоджених національних оцінок з ВІЛ/СНІДу в Україні станом на кінець 2005 року // Український центр профілактики та боротьби зі СНІДом МОЗ України, ВООЗ, Міжнародний Альянс з ВІЛ/СНІДу в Україні, UNAIDS, Київ, 2006.

Согласно данным обследования HBSC-2002¹⁰ 33% юношей и 15,4% девушек пятнадцатилетнего возраста хотя бы один раз в жизни употребляли наркотики. Знакомство подростков с наркотическими веществами начинается чаще всего с употребления каннабиноидов (марихуаны и гашиша). Таких потребителей на протяжении последних 12 месяцев согласно опросу было 20,8% среди ребят и 8% среди девушек. Около 6% школьников употребляли каннабиноиды регулярно.

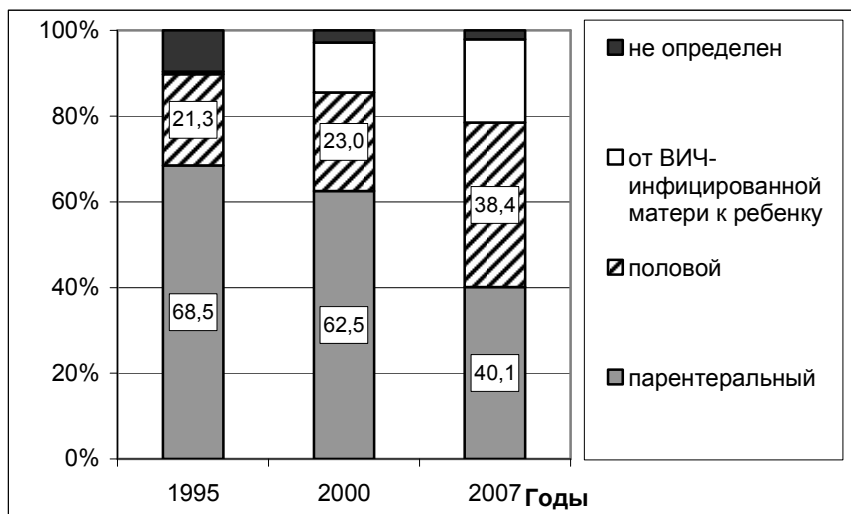
По результатам опроса учащейся молодежи Украины в 2003 г. (ESPAD) 29% юношей и 12% девушек в возрасте 13–17 лет имели на протяжении жизни опыт употребления каких-либо наркотиков. При этом часть несовершеннолетних, которые пробовали наркотики, стремительно увеличивается с возрастом: от 14,6% среди 15-летних до 26,6% среди 17-летних¹¹. Начало употребления наркотиков происходит в довольно раннем возрасте. Согласно результатам вышеназванного опроса по нашим расчетам средний возраст начала употребления наркотических веществ инъекционным путем составляет 17,7 года, не инъекционные наркотики впервые пробуют еще раньше: в среднем в 13–14 лет. Именно в этом возрасте трудности социализации на фоне юношеского максимализма и отсутствия жизненного опыта часто становятся толчком к первой пробе наркотиков. Кроме того, разные исследования дают основание утверждать о четко выраженной тенденции к омоложению начала употребления наркотических веществ: средний возраст потребителей наркотиков в Украине ежегодно снижается в среднем на 0,1–0,15 года¹².

¹⁰ HBSC (Health Behaviour in School-aged Children Study) – опрос школьников в возрасте 11, 13 и 15 лет, проведен в Украине в 2002 и 2006 гг. // Здоров'я та поведінкові орієнтації учнівської молоді України. – К.: Укр. ін-т соціальних досліджень, 2007. – 128 с.

¹¹ ESPAD (The European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs) – исследовательский проект «Европейский опрос учащейся молодежи относительно употребления алкоголя и наркотиков» проводился в Украине в 1995, 1999, 2003 гг. // Динаміка поширення тютюнопаління, вживання алкоголю та наркотичних речовин серед учнівської молоді України: 1995, 1999, 2003 роки. – К.: Держ. ін-т проблем сім'ї та молоді, 2003. – 174 с.

¹² Огляд роботи зі споживачами ін'єкційних наркотиків в Україні в контексті боротьби з епідемією ВІЛ/СНІДу. – К.: Центр соціальних експертиз Ін-ту соціології НАН України, 2005. – 172 с.

Среди ПИН все еще довольно распространено использование частично или полностью совместного инструментария для приготовления наркотиков. По данным опроса новые, «чистые» шприцы использовали для первой инъекции лишь 66% ПИН¹³. При этом женщины чаще чем мужчины соглашаются на использование инъекционных инструментов совместно с другими лицами. Наиболее уязвимыми относительно рисков, связанных с инъекциями, являются самые молодые ПИН с низким уровнем образования.



Источник: Данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 5. Структура путей передачи ВИЧ в Украине в 1995, 2000 и 2007 гг., %

Ныне, как и раньше, большинство случаев ВИЧ-инфицирования в Украине связано с инъекционным употреблением наркотиков, тем не менее прослеживается четкая тенденция к усилению роли другого пути

¹³ Чинники впливу та попередження початку вживання молоддю наркотиків ін'єкційним шляхом. Аналітичний звіт та Стратегії профілактики ініціації вживання наркотиків ін'єкційним шляхом серед уразливих груп підлітків та молоді. – К.: Укр. ін-т соціальних досліджень, ЮНІСЕФ, ЮНЕЙДС, 2006. – 140 с.

передачи, который будет иметь все большее влияние на население в целом, а не только на группы повышенного риска. Наблюдения последних лет свидетельствуют о существенных изменениях в составе путей передачи новых случаев ВИЧ: уменьшение удельного веса парентерального пути с 68,5% в 1995 г. до 40,1% в 2007 г. при одновременном росте количества инфицирований половым путем и передачи ВИЧ от матери к ребенку (рис. 5, 6). Согласно выводам исследователей в Украине развиваются три эпидемических волны: взрывоподобная – среди потребителей инъекционных наркотиков, медленная, но массовая – через гетеросексуальные отношения и третья – среди новорожденных через передачу ВИЧ от инфицированной матери к ребенку¹⁴.



Источник: Данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 6. Доля потребителей инъекционных наркотиков среди новых случаев ВИЧ-инфицирования в Украине в 1997 и 2000–2007 гг., %

Доля наркозависимых в составе официально зарегистрированных новых случаев ВИЧ на протяжении последних лет имеет тенденцию к сокращению и в 2007 г. составляла 40,1%; однако в кумулятивном количестве ВИЧ-инфицированных она составляет 55%, т.е. остается все

¹⁴ Балакірєва О. М. Соціально-економічні аспекти епідемії ВІЛ/СНІД в Україні //Український соціум. – №2(13). – 2006. – С. 109.

еще довольно значительной. Данные серологических исследований на ВИЧ-инфекцию среди ПИН, которые проживают в 10-ти городах Украины (Полтава, Донецк, Кривой Рог, Одесса, Симферополь, Харьков, Николаев, Луцк, Сумы, Херсон), свидетельствуют, что уровень распространения ВИЧ среди ПИН лежит в пределах от 11 до 60%: максимальные уровни зафиксированы в Симферополе (59%), Одессе (58%), минимальное значение – в Сумах (11%)¹⁵. Есть основания утверждать, что во многих регионах уровень распространения ВИЧ среди ПИН достиг своих пороговых значений. Однако пока что рано говорить об уменьшении уровня ВИЧ-инфицирования среди наркопотребителей, он остается на стабильно высоком уровне, что очевидно может быть следствием эпидемического насыщения ВИЧ в среде наркозависимых или замещения умерших инфицированных наркопотребителей новыми рекрутированными потребителями. Это касается прежде всего регионов с высоким уровнем распространения ВИЧ (восточных и южных областей), откуда эпидемия ВИЧ/СПИДа в Украине начала свое развитие. В регионах с низким и средним распространением ВИЧ часть ПИН среди новых случаев ВИЧ продолжает возрастать.

Вопреки тому, что на национальном уровне роль ПИН в эпидемическом процессе уменьшается, количество лиц, инфицированных ВИЧ-позитивными наркозависимыми, продолжает возрастать. Это объясняется, как уже отмечалось, усилением в Украине полового пути передачи ВИЧ. Если в 1995–1998 гг. инфицирование происходило исключительно среди потребителей инъекционных наркотиков, то в современный период к ним приобщились лица (прежде всего, женщины), которые не употребляют наркотики, но имеют незащищенные половые контакты с наркопотребителями, а также дети, рожденные ВИЧ-инфицированными женщинами. В современный период значительная опасность заражения ВИЧ существует для половых партнеров ПИН, женщин, занятых в секс-бизнесе, и их клиентов, а также для заключенных. Именно эти группы населения имеют не только высокий риск инфицирования ВИЧ из-за незащищенных сексуальных контактов, но и являются своеобразными «мостами» выхода вирусной инфекции на широкие слои населения.

¹⁵ Socioeconomic Impact of HIV/AIDS in Ukraine. — The World Bank, International HIV/AIDS Alliance in Ukraine, 2006. – 112 p.

По данным серологических исследований на ВИЧ-инфекцию среди женщин, занятых в сфере секс-бизнеса, проведенных в 10-ти городах Украины, уровень распространения ВИЧ находился в пределах от 10 до 31%, при этом максимальные показатели были зафиксированы в Одессе (31,1%), Николаеве и Донецке (30%), минимальное значение – в Луцке (9,8%) и Сумах (10%). В случае, когда секс-работницы употребляют инъекционные наркотики, уровень ВИЧ возрастает до 80%. Показатель инфицированности ВИЧ среди лиц, больных инфекциями, передающимися половым путем, колебался в пределах от 1% в Харькове до 9% в Одессе¹⁶. Результаты согласованных оценок распространенности ВИЧ среди населения Украины, в том числе среди групп повышенного риска, выполненных отечественными и зарубежными экспертами на основании данных эпидемиологических наблюдений и результатов многочисленных поведенческих исследований, приведены в табл. 1.

Таблица 1

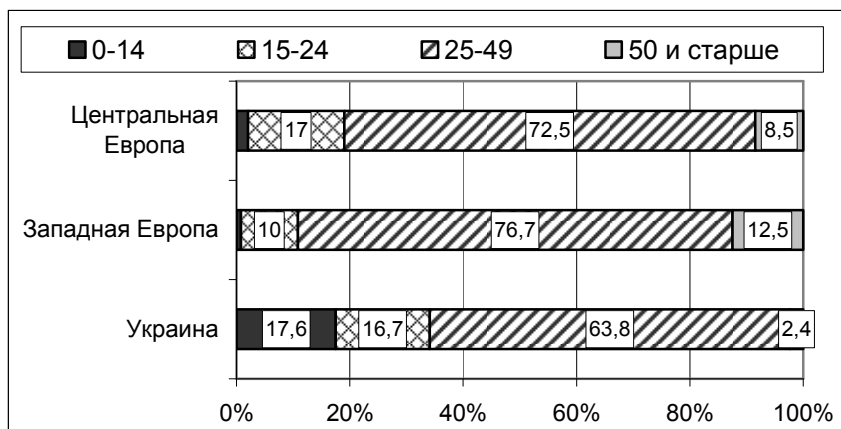
**Согласованная экспертная оценка
распространенности ВИЧ в Украине на конец 2007 г.**

Группы ВИЧ-инфицированных	Абсолютное количество, тыс. чел.
Общее количество ВИЧ-инфицированных (все возраста)	439,9
Количество ВИЧ-инфицированных среди взрослых в возрасте 15–49 лет, в т. ч. по полу:	395,3
– мужчины	217,5
– женщины	177,8
по группам риска:	
– потребители инъекционных наркотиков	163,7
– мужчины, которые имеют секс с мужчинами	41,0
– женщины коммерческого секса	34,2
– мужчины – клиенты женщин коммерческого секса	18,8
– заключенные	10,1
– партнеры других групп риска	127,5

Источник: ВІЛ-інфекція в Україні. Інформаційний бюлетень. №29. – К.: МОЗ України, Укр. центр профілактики і боротьби зі СНІД, 2008.

¹⁶ Socioeconomic Impact of HIV/AIDS in Ukraine. – The World Bank, International HIV/AIDS Alliance in Ukraine, 2006. – 112 p.

Большинство ВИЧ-инфицированных и больных СПИДом в Украине это молодые люди: в составе новых случаев ВИЧ в 2007 г. удельный вес детей и молодежи в возрасте до 25 лет составлял почти 35%, постоянно возрастает удельный вес детей, родившихся от ВИЧ-инфицированных матерей, а также подростков в возрасте 15–17 лет. Большинство ВИЧ-инфицированных принадлежит к возрастной группе 20-39 лет, наиболее пораженными являются мужчины в возрасте от 20 до 30 лет. Вместе с тем в странах Западной Европы доля молодежи до 25 лет составляет лишь 10,8%, в странах Центральной Европы – 19% (рис. 7). На население в возрасте 25–49 лет здесь приходится 72–75% от общего числа ВИЧ-инфицированных. Таким образом, возрастной состав ВИЧ-инфицированных в Украине значительно моложе, чем в западно- и восточно-европейских странах.

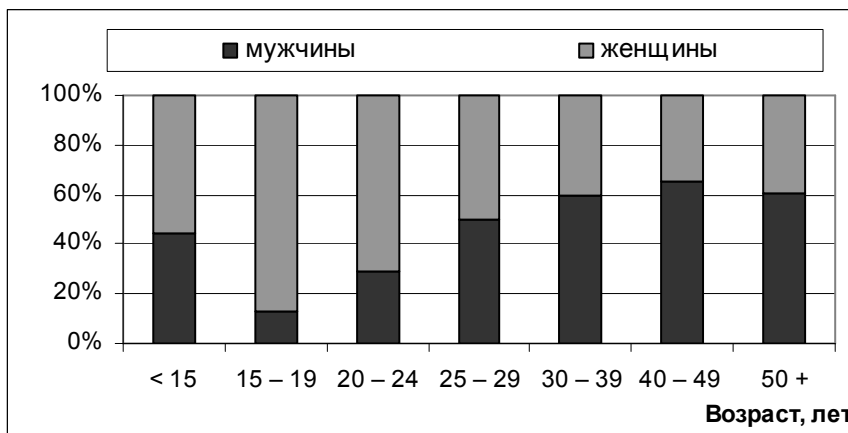


Источник: EuroHIV. HIV/AIDS Surveillance in Europe. Mid-year report 2006.

Рис. 7. Возрастной состав ВИЧ-инфицированных (новые случаи) в Украине, странах Западной и Центральной Европы в 2006 г., %

Эпидемия ВИЧ/СПИДа до недавнего времени концентрировалась главным образом среди молодых мужчин, потребителей инъекционных наркотиков. Однако последние наблюдения свидетельствуют, что из-за усиления полового пути передачи ВИЧ эпидемия

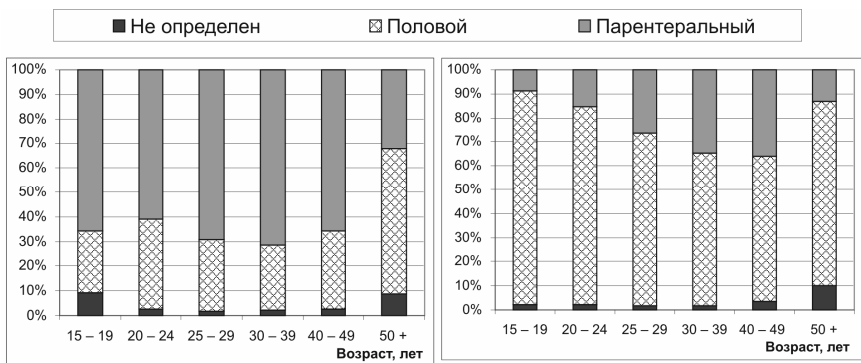
ВИЧ/СПИДа в Украине постепенно теряет мужское «лицо». В частности, доля женщин в составе ВИЧ-инфицированных увеличилась от 23,5 в 1996 г. до 36,5 в 2000 г. и 43,8% в 2007г.



Источник: Данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 8. Доля женщин в составе ВИЧ-инфицированных разного возраста (новые случаи) в Украине в 2007 гг., %

При этом доля женщин в составе ВИЧ-инфицированных существенно отличается по возрасту. Самые молодые ВИЧ-инфицированные в Украине – преимущественно женщины. За данными 2007 г. из каждых трех новых случаев ВИЧ в возрасте 15–24 годы двое были женщинами (рис. 8). Доля мужчин начинает возрастать после 25 лет и достигает максимальных показателей в группе 30–39 (65%) и 40–49 лет (71%). При этом основной путь ВИЧ-инфицирования среди женщин – половой (особенно в возрасте 15–24 годы), хотя роль инъекционных наркотиков заметно усиливается после 30 лет. У мужчин основной путь передачи ВИЧ – парентеральный, он преобладает во всех возрастных группах, за исключением самых старших возрастов (рис. 9).



Источник: данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 9. Структура путей передачи ВИЧ среди мужчин и женщин разного возраста (новые случаи) в Украине в 2007 гг., %

Специфика эпидемии ВИЧ/СПИДа в Украине заключается в том, что распространение ВИЧ/СПИДа сопровождается значительным распространением сопутствующих так называемых ко-инфекций, которые усиливают эпидемию ВИЧ/СПИДа и обусловленные ею потери. Фактически речь идет о нескольких крайне опасных социальных эпидемиях: наркомании, ВИЧ/СПИДа, СПИД-ассоциированного туберкулеза, заболеваний, передающихся половым путем, вирусного гепатита. Так, в структуре заболеваемости ВИЧ-инфицированных как среди новых случаев, так и среди лиц, которые находились на диспансерном учете, первое место занимает туберкулез. Наличие ВИЧ является мощным фактором, который способствует развитию активной формы туберкулеза у носителей латентной инфекции и повышает вероятность развития рецидивного туберкулеза. ВИЧ-инфицированные очень восприимчивы к развитию трудно излечимых полирезистентных штаммов туберкулеза. Кроме того, высокий уровень заболеваемости инфекциями, передающимися половым путем, «облегчает» передачу ВИЧ и одновременно свидетельствует о все еще весьма высокой распространенности в Украине рискованного сексуального поведения. По результатам опроса населения 25–49 лет¹⁷ вступали в сексуальные контакты со случай-

¹⁷ Опрос проводился в 2004 г. Государственным институтом проблем семьи и молодежи совместно с Украинским институтом социальных исследований.

ным(и) сексуальным(и) партнером(ами) на протяжении последнего месяца 9% опрошенных, из них 25% не использовали презерватив во время последнего сексуального контакта со случайным партнером.

Последствия, связанные с эпидемией ВИЧ/СПИДа в Украине, выражаются в значительных демографических потерях, особенно учитывая то, что распространение ВИЧ/СПИДа «наложилось» на крайне неблагоприятную демографическую ситуацию и сопровождается огромным бременем СПИД-ассоциированных заболеваний. В условиях депопуляции улучшение состояния здоровья населения и прирост средней продолжительности жизни могли бы сыграть роль компенсирующего фактора, который противостоит количественной убыли населения вследствие низкой рождаемости. Вместе с тем эпидемия ВИЧ/СПИДа будет «усиливать» негативные тенденции в воспроизводстве населения.

Проведенный анализ свидетельствует, что в последнее время в некоторых странах Западной Европы количество новых случаев ВИЧ стабилизировалось, в отдельных странах – возрастает, что связано прежде всего с усилением гетеросексуального пути передачи ВИЧ, тем не менее число диагностированных случаев СПИДа и смертность от СПИДа уменьшается. Благодаря антиретровирусной (АРВ) терапии, которая доступна в странах Европейского Союза начиная с 1996 г., удалось существенно приостановить распространение СПИДа и снизить смертность от него (даже в странах Балтии). По данным Европейского центра эпидемиологического мониторинга ВИЧ/СПИДа и Европейского центра мониторинга наркотиков и наркотической зависимости уровень предоставления АРВ-терапии в странах-членах ЕС довольно высокий и составляет не менее 75% для тех, кто в ней нуждается.

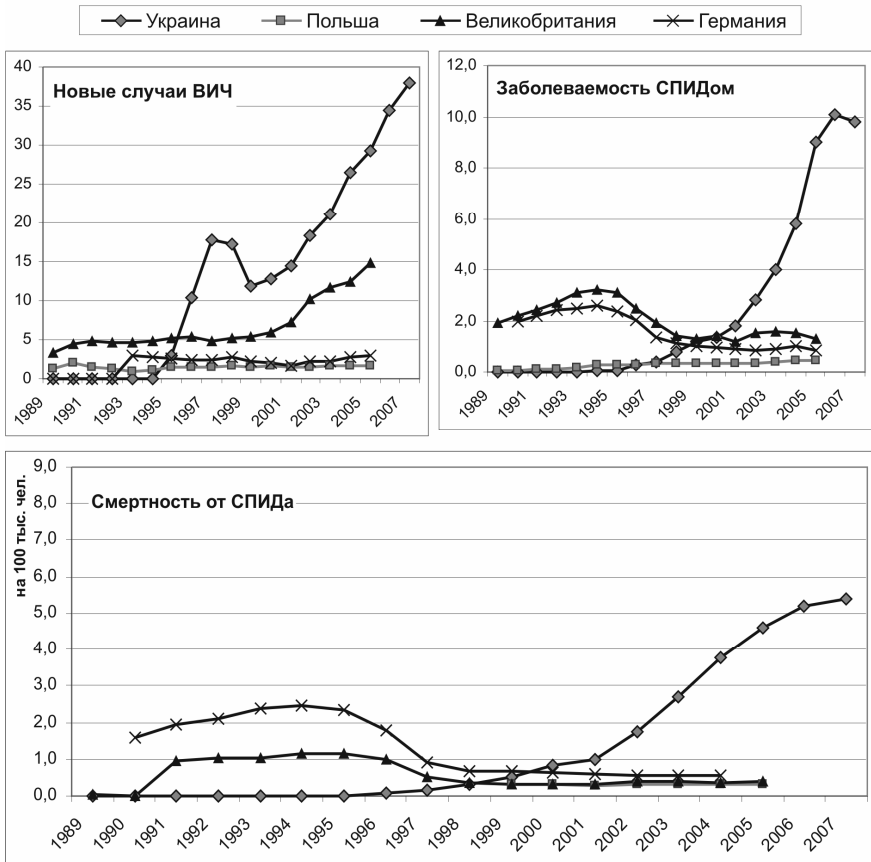
Вместе с тем в Украине антиретровирусная терапия начала применяться со значительным опозданием, начиная с 2001 г. для 10-ти пациентов. Только в 2004–2005 гг. после получения гранта Глобального фонда борьбы со СПИДом, туберкулезом и малярией возможности предоставления АРВ-терапии существенно увеличились. В частности, по состоянию на начало 2008 г. в Украине ее получали 7,7 тыс. больных; из них лишь 2,4 тыс. чел. были обеспечены за счет государственных средств, что составляет 31% от общего количества тех, кто получает АРВ-терапию, и 35% от расчетного количества

тех, кто в ней нуждается. Предполагается, что до конца 2008 г. антиретровирусная терапия будет предоставляться во всех 27 регионах Украины, хотя ее активному внедрению в ряде областных центров СПИДа препятствуют такие причины, как отсутствие лабораторий, недостаток кадров и помещений.

Следует отметить, что правительство Украины неохотно берет на себя финансовые обязательства относительно обеспечения антиретровирусного лечения. Хотя количество больных, которые получают антиретровирусное лечение, возрастает, пока что объемы предоставленного лечения не удовлетворяют потребности всех, кто в нем нуждается. Поскольку темпы распространения ВИЧ в Украине довольно высоки и для значительного количества инфицированных ВИЧ будет постепенно переходить в стадию болезни, потребность в антиретровирусной терапии и других услугах в Украине будет постоянно увеличиваться. Очевидно, что для полноценного обеспечения таких нужд необходимо наращивать государственные расходы и усиливать участие государства как провайдера соответствующих медицинских услуг.

Доля ВИЧ-инфицированных потребителей наркотиков в составе тех, кто принимает лечение, пока что невелика. Это объясняется тем, что для достижения эффективности лечения необходимы систематический прием лекарств, медицинский контроль и наблюдение, чего довольно трудно достичь среди наркозависимых из-за отсутствия у них заинтересованности в лечении. Кроме того, предоставление АРВ-терапии наркопотребителям должно обязательно дополняться заместительной терапией, что не всегда выполняется. С целью активного привлечения ПИН к АРВ-терапии на конец 2005 г. в 7 городах Украины началось внедрение программ заместительной терапии с использованием бупренорфина, однако к этим программам пока что привлечено лишь около 200 человек¹⁸. Применение метадона – дешевого и рекомендованного ВОЗ препарата, который широко используется в заместительной терапии во многих странах, пока что не нашло понимания в украинском обществе, хотя экономическая целесообразность использования этого препарата не вызывает сомнений.

¹⁸ Наркотична ситуація в Україні. – К.: Українська Національна Обсерваторія з алкоголю та наркотиків, 2007.



Источник: Данные Европейского центра эпидемиологического мониторинга ВИЧ/СПИДа и Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.

Рис. 10. Динамика зарегистрированных показателей новых случаев ВИЧ, заболеваемости СПИДом и смертности от СПИДа в Украине, Польше, Великобритании и Германии на протяжении 1989-2007 гг., на 100 тыс. человек

На рисунке 10 изображена динамика показателей новых случаев ВИЧ, заболеваемости СПИДом и смертности от СПИДа в Украине, Польше (Центральная Европа), Франции и Германии (Западная Европа). Как видим, в Украине эпидемия длится и пока что эпидемическая ситуа-

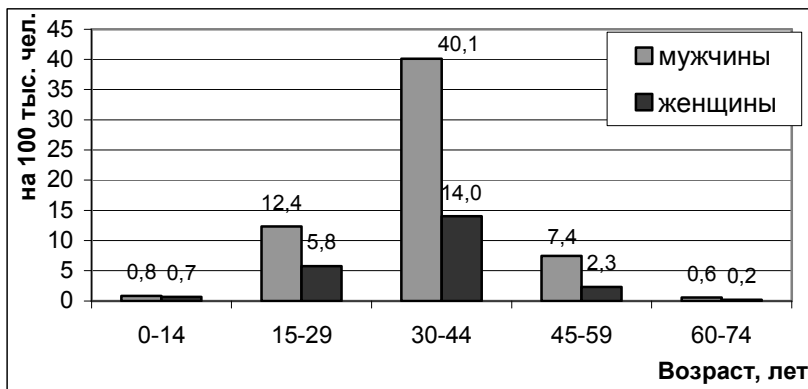
ция не обнаруживает явных признаков стабилизации: уровень заболеваемости ВИЧ повышается. Следует отметить, что политика относительно выявления и регистрации ВИЧ до 2004 г. носила «пассивный» характер (выявление не стимулировалось), что было обусловлено отсутствием возможностей лечения. Постепенное внедрение АРВ-терапии начиная с 2004 г. «стимулировало» выявление ВИЧ-инфицированных лиц и таким образом содействовало увеличению количества официально зарегистрированных случаев инфекции. В 2006 г. по сравнению с 2005 г. число новых случаев ВИЧ (на 100 тыс. населения) выросло на 17,8%; в 2007 г. по сравнению с предыдущим годом – на 10,5%.

Таблица 2

Официальные показатели новых случаев ВИЧ, заболеваемости СПИДом и смертности от СПИДа в Украине в 2004–2007 гг., на 100 тыс. чел.

	2004	2005	2006	2007
Новые случаи ВИЧ	26,4	29,2	34,4	38,0
Заболеваемость СПИДом	5,8	9,0	10,1	9,8
Смертность от СПИДа	3,8	4,6	5,2	5,4

Источник: Данные Украинского центра профилактики и борьбы со СПИДом МОЗ Украины.



Источник: Данные ВООЗ (HFA–MDB).

Рис. 11. Повозрастные коэффициенты зарегистрированной смертности мужчин и женщин от СПИДа в Украине в 2006 г., на 100 тыс. чел.

Вместе с тем в 2007 г. благодаря активному внедрению АРВ-терапии показатель заболеваемости СПИДом впервые уменьшился (хотя и в незначительной степени); темпы роста смертности от СПИДа несколько замедлились. Тем не менее в последнее время в Украине все больше регистрируются случаи ВИЧ, выявленные из-за наличия клинических признаков болезни. Ныне в Украине показатель смертности от СПИДа фактически самый высокий в Европейском регионе. Самые большие потери несут мужчины и женщины в возрасте 30–44 года (рис. 11).

Важной проблемой является увеличение количества детей, родившихся от ВИЧ-инфицированных матерей: от 196 в 1997 г. до 3430 в 2007 г.; уровень вертикальной трансмиссии составлял 19,4% в 2007 г. С 2001 г. в Украине активно реализуются программы профилактики передачи ВИЧ от матери к ребенку. В 2007 г. 92% из числа ВИЧ-инфицированных беременных женщин получали препараты с целью предупреждения передачи ВИЧ ребенку, несмотря на это количество ВИЧ-позитивных детей продолжает расти.

Для оценки последствий эпидемии ВИЧ/СПИДа в Украине межотраслевой группой специалистов под руководством МОЗ Украины и Мирового банка в 2005 г. был осуществлен прогноз развития эпидемии на период 1994–2014 гг. с помощью модулей DemProj и AIM программы Spectrum¹⁹. Проведенное исследование показало, что среди демографических последствий эпидемии наиболее ощутимым будет ее влияние на состояние здоровья, уровень заболеваемости и смертности населения. Как свидетельствуют полученные результаты, согласно среднему сценарию прогноза численность ВИЧ-инфицированных лиц может достичь максимума в 2009 г. (640,7 тыс. чел.). В 2014 г. она может составлять от 478,5 тыс. (по оптимистическому варианту) до 820,4 тыс. лиц (по пессимистическому варианту).

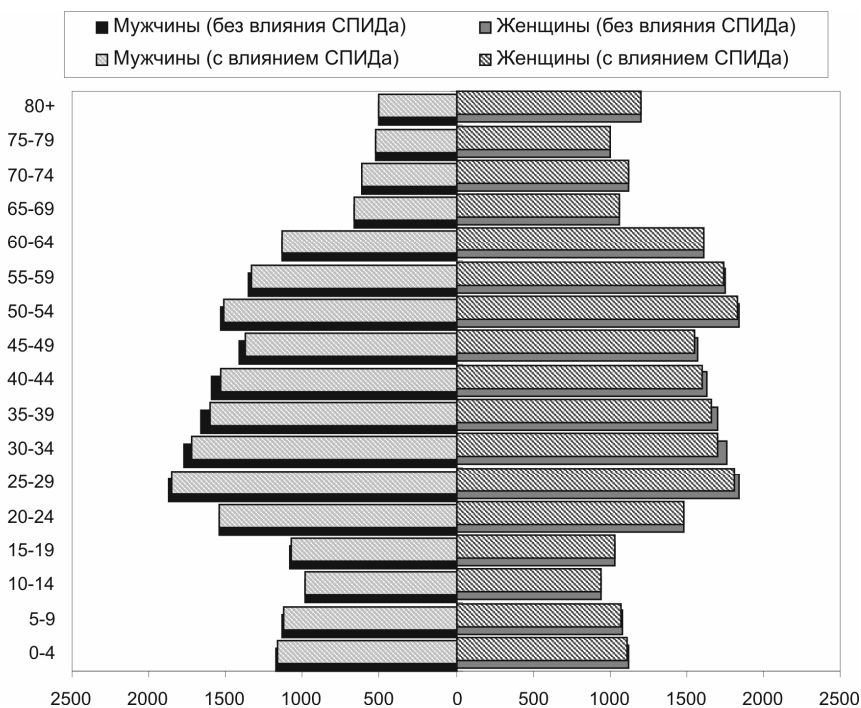
Результаты проведенного исследования дают основания утверждать, что роль СПИДа в структуре причин смерти населения Украины заметно усилится. Уровень смертности от СПИДа в ближайший период будет возрастать даже при условии замедления темпов

¹⁹ Demographic Forecast under the HIV/AIDS Epidemic // Socioeconomic Impact of HIV/AIDS in Ukraine. – The World Bank, International HIV/AIDS Alliance in Ukraine, 2006.

распространения ВИЧ-инфекции, поскольку для большинства инфицированных ВИЧ будет постепенно переходить в стадию болезни. Этот рост может оказаться довольно ощутимым при условии отсутствия широкого доступа к антиретровирусной терапии в полном объеме для тех, кто в ней нуждается. Поскольку жертвами СПИДа являются преимущественно молодые люди, самые существенные сдвиги произойдут именно в структуре смертности населения молодого трудоспособного возраста. СПИД постепенно будет оттеснять другие причины смерти, так как значительная часть молодых людей не будет доживать до старости и болезней преклонного возраста. Наибольшие потери понесет население в возрасте 30–39 лет. Для Украины это станет особенно ощутимым после 2010 г., когда восстановятся негативные тенденции в формировании возрастного состава населения, начнется дальнейшее повышение уровня его постарения, а также сокращение доли трудоспособного контингента. Хотя большинство среди тех, кто рискует в будущем заболеть СПИДом, будут составлять мужчины, все прогнозные варианты предусматривают постепенный рост удельного веса женщин среди ВИЧ-инфицированных и больных СПИДом. В частности, доля женщин среди больных СПИДом по среднему сценарию прогноза может вырасти до 46,8% в 2014 г. Таким образом, половой дисбаланс в пользу мужчин до конца прогнозируемого периода будет смягчаться и постепенно нивелироваться (рис. 12).

При условии реализации оптимистического сценария, который предусматривает медленный тип перехода ВИЧ в СПИД для детей и взрослых, успешную профилактику передачи ВИЧ от матери к новорожденному и оптимистические предпосылки относительно доступа к антиретровирусной терапии, общее кумулятивное количество смертей от СПИДа может составлять 301,3 тыс., а в случае реализации пессимистического варианта накопленное за весь прогнозный период число смертей от СПИДа увеличится до 526,4 тыс. Удельный вес умерших от СПИДа в общем количестве смертных случаев в Украине в 2014 г. может составлять от 4,8% по оптимистическому варианту до 8,6% по пессимистическому варианту. Распространение СПИДа и связанная с ним смертность будет препятствовать процессу повышения средней продолжительности жизни в Украине.

Вследствие влияния эпидемии вероятные ожидаемые потери продолжительности жизни в 2014 г. будут колебаться в пределах от 3,2 до 4-х лет для мужчин и от 2,9 до 4,8 года для женщин. В этом контексте очень важно расширение доступа к антиретровирусному лечению, которое дает возможность снизить смертность от СПИДа.



Источник: Demographic Forecast under the HIV/AIDS Epidemic // Socio-economic Impact of HIV/AIDS in Ukraine. — The World Bank, International HIV/AIDS Alliance in Ukraine, 2006.

Рис. 12. Возрастно-половой состав населения Украины в начале 2014 г. без учета и с учетом влияния смертности* от СПИДа, тыс. чел.

* – по среднему варианту прогноза.

Очевидно, что влияние эпидемии ВИЧ/СПИДа на процесс воспроизводства населения долговременно и будет выходить за пределы прогнозируемого нами периода. Предпосылками для дальнейше-

го развития эпидемии ВИЧ/СПИДа в Украине являются, во-первых, значительная распространенность рискованного относительно ВИЧ поведения (рискованное сексуальное поведение и небезопасная практика употребления наркотиков); во-вторых, низкий уровень знаний населения о путях передачи ВИЧ и его профилактике; в-третьих, высокий уровень распространения заболеваний, передающихся половым путем, которые значительно повышают риск заражения ВИЧ; в-четвертых, недостаточный уровень охвата групп риска программами профилактики (в том числе среди заключенных); рост количества тех, кто нуждается в АРВ-лечении и ограниченные финансовые возможности удовлетворения потребности в нем.

Эпидемия ВИЧ/СПИДа в Украине будет углублять существующие негативные тенденции в динамике демографических процессов, что может стать серьезным препятствием для благоприятных демоэкономических перспектив и социального благополучия страны. Потери, связанные с ней, будут иметь не только демографический, но и социально-экономический характер, поскольку ее жертвами становятся преимущественно молодые люди детородного и трудоспособного возраста. Речь идет об уменьшении численности экономически активного населения, росте потребности в медицинских услугах и значительной дополнительной нагрузке на систему здравоохранения, увеличении количества детей-сирот, родители которых умрут от СПИДа, усилении потребности в социальной поддержке детей и семей, которые потеряли кормильца. Если в начале эпидемии ее негативное влияние на макроэкономику Украины было довольно слабым и почти неощутимым, то в перспективе на фоне усиления дефицита финансовых ресурсов и сокращения капиталовложений ВИЧ/СПИД может тормозить темпы экономического роста в стране.

Система противодействия эпидемии ВИЧ/СПИДа в Украине пока что в значительной мере зависит от финансовой поддержки международных доноров. В частности, основным источником финансирования программ борьбы с эпидемией ВИЧ/СПИДа являются средства не государства, а международных фондов, которые осуществляют финансирование услуг для ВИЧ-инфицированных и больных СПИДом, хотя нельзя не отметить значительный прогресс относительно государственного финансирования профилактики передачи

ВИЧ от матери к ребенку и через донорскую кровь. По результатам Национальных расчетов здравоохранения 2003–2004 гг. затраты на ВИЧ/СПИД в Украине в 2004 г. составили 1,89% от общих затрат на здравоохранение, или 0,13% от ВВП. В структуре общих затрат на ВИЧ/СПИД их источники распределяются таким образом: государственные – 13,5%; частные домохозяйства – 56,5%; неприбыльные организации, которые обслуживают домохозяйства – 6,8%, доноры – 23,1%²⁰. Таким образом, в деле противодействия эпидемии ВИЧ/СПИДа Украина существенно полагается, во-первых, на донорские средства, во-вторых, на частное финансирование, т.е. средства самых пациентов. Очевидно, что для многих домохозяйств, где проживают ВИЧ-позитивные, такие расходы могут стать значительным бременем и преградой для доступа к требующимся им услугам.

Внедрение программ, которые финансируются Глобальным фондом, привело к росту объема медицинских и социальных услуг, которые предоставляются ВИЧ-позитивным лицам, однако, во-первых, основной целью таких программ является главным образом лечение, и в значительно меньшей степени – профилактика среди групп повышенного риска; во-вторых, разнообразные проекты и созданные сервисные общественные организации, финансируемые за счет международной помощи, слабо интегрированы в национальную систему противодействия эпидемии ВИЧ/СПИДа и в случае прекращения финансовой помощи со стороны международных доноров вряд ли смогут продолжить свою деятельность; в-третьих, существующие программы борьбы со СПИДом, наркоманией и туберкулезом и их финансирование часто являются фрагментарными и разрозненными, а потому не всегда эффективными, поскольку отсутствует комплексный подход и согласованность в реализации мероприятий, направленных фактически на те самые целевые группы; не налажена координация деятельности на национальном и местном уровнях. Существуют также проблемы управления и контроля за использованием донорских средств, которые находятся в распоряжении неправительственного общественного сектора.

²⁰ Національні рахунки охорони здоров'я України. Том 1. Аналітичний звіт. Київ, квітень 2006 р. — 132. с.

Несмотря на то что государственные расходы на противодействие эпидемии ВИЧ/СПИДа в Украине на протяжении последних лет возрастают, они остаются неадекватными масштабам эпидемии; эпидемическая ситуация по ВИЧ/СПИДу в Украине остается крайне неблагоприятной. Кроме того, начиная с 2005 г. финансирование мер по борьбе с ВИЧ/СПИДом было объединено с расходами на лечение туберкулеза и онкологических больных, что значительно усложняет и ограничивает возможности эффективного противодействия эпидемии ВИЧ/СПИДа. В 2007 г. Глобальный фонд борьбы со СПИДом, туберкулезом и малярией выделил очередную помощь объемом до 151 млн. долл. на финансирование программы противодействия эпидемии ВИЧ/СПИДа в Украине на 2007–2011 гг., которая предусматривает три составляющих: профилактику среди населения и групп повышенного риска; создание условий для развития заместительной поддерживающей терапии; лечение, уход и поддержку лиц больных такими тяжелыми патологиями, как ВИЧ/СПИД, наркомания и туберкулез. Тем не менее ни одна международная помощь не способна заменить собственное финансирование, которое может осуществляться из национального бюджета, поскольку такие инвестиции являются необходимой и важной предпосылкой смягчения негативных демографических и экономических последствий эпидемии. Государству нужно предусмотреть существенное увеличение доли затрат на нужды профилактики и лечение лиц с ВИЧ/СПИДом и постепенно брать на себя ответственность за финансирование эффективного противодействия эпидемии.

Поскольку Украина находится в «концентрированной» стадии развития эпидемии и именно потребители инъекционных наркотиков остаются группой с самым высоким риском инфицирования ВИЧ, постольку политика относительно профилактики наркомании и политика относительно предотвращения ВИЧ/СПИДа в Украине должны быть хорошо скоординированными, согласованными и базироваться на принципах одобренной ООН и ВОЗ стратегии уменьшения вреда, которые предусматривают: доступность лечения для больных наркоманией, в том числе предоставления заместительной поддерживающей терапии; расширение доступа к антиретровирусному лечению; повышение эффективности профилактической дея-

тельности, расширение предоставления информационно-консультативных и прочих социальных услуг целевым группам. В Украине не создана действенная система лечения больных наркоманией, нет эффективного механизма ее реализации, который бы предусматривал профилактику, лечение и ресоциализацию потребителей наркотиков. Государство ныне не удовлетворяет потребности тех, кто хотел бы избавиться от наркотической зависимости, поскольку в наркологических диспансерах предлагается исключительно детоксикация (92% случаев лечения наркологических расстройств), в значительно меньшей степени – амбулаторная реабилитация больных.

С другой стороны, долговременные тенденции распространения ВИЧ в Украине будут определяться уровнем осведомленности широких слоев населения относительно ВИЧ, степенью распространения рискованных моделей поведения, прежде всего сексуального, и готовности общества и государства к адекватному ответу на эпидемию. Широкомасштабные профилактические программы, направленные на формирование среди молодежи и групп риска модели безопасного поведения, должны стать приоритетным направлением развития целевых программ и быть подкрепленными соответствующим финансированием из бюджетных источников. Достижение весомых результатов в значительной степени зависит от поддержки со стороны местных органов власти, активного сотрудничества государственных и общественных организаций, постепенного привлечения бизнес-сектора, координации их усилий с тем, чтобы предотвратить генерализацию эпидемии в стране.

ОПЫТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭПИДЕМИИ ВИЧ/СПИД В РОССИИ

В этой статье читателю предлагается обзор работ по прогнозированию эпидемии ВИЧ/СПИД в России, на этом примере рассматривается прогнозирование как особый вид деятельности.

Человеку свойственно постоянное желание заглянуть в будущее. По всей видимости, все основные мировоззренческие доктрины имеют свое объяснение этому феномену: любопытство, страх неизвестного, желание присвоить прибавочную стоимость, удовлетворить половое влечение и проч. Знание о будущем существовать не может, о нем можно рассуждать только предположительно, гипотетически, поэтому принято разграничивать способы выработки суждений о будущем, отличать предсказания и предвидения от *научных* расчетов. Доминирующий в научном мире английский язык различает термины: *prophecy*, *prediction*, *forecast*, *projection*. На русский язык каждый из них (два последних – практически без вариантов) может быть переведен словом прогноз, имеющим оттенок научности. Между тем греческое προϋψισις не более, чем предвидение и/или предсказание (два первых в английском ряду).

Практика демографического прогнозирования дает основания разделить прогнозирование в его *научной* части на две основные составляющие: (1) выработка обоснованного представления о будущем и (2) расчет характеристик этого будущего. Соответственно, демографическое прогнозирование распадается на два этапа: (1) формулировка гипотез, собственно видение будущего и путей к нему и (2) расчет. Вторая часть этой работы по-английски называется *population projection* (вспомните проекцию из школьных курсов черчения и геометрии), что в русском переводе: *прогнозирование населения*, несколько теряет специфику деятельности. Когортно-компонентный метод, или передвижка возрастов является именно проекцией гипотез о будущем, аналогично (допустим) $2 \times 2 =$ (тогда получим) 4. Часть читателей, возможно, еще помнит таблицу умножения и в этом примере не может разделить условие от результата, для них менее очевидное: $984 \times 357 = ?$ – в этом слу-

чае уже придется вспоминать умножение в столбик или применять передовые технологии в виде *калькулятора*. Передвижка возрастов – то же умножение, только в матричном виде, результат которого однозначно определяется левой частью. Выработка самих гипотез – существенно менее детерминированная процедура.

Можно различить минимум три самостоятельных метода прогнозирования (в части выработки гипотез): моделирование явления, экстраполяции и Дельфи.

Экстраполяция – продление временного тренда, как правило, с помощью более или менее простой *статистической* модели, например линейного или экспоненциального тренда. Выбор кривой определяется субъективно, в зависимости от целей исследования, исходя из соображений здравого смысла.

Рассмотрим пример (рис. 1), дано: месячные числа новых случаев ВИЧ+ с января 1993 г. по август 2003, всего около 90 наблюдений (кружки на рисунке). В марте 1999 число новых зарегистрированных случаев ВИЧ впервые в истории России перевалило за тысячу (1008). За период с января 1993 по февраль 1999 г. указанный показатель увеличился с 24 до 746, или более чем в 30 раз. А с февраля 1999 по апрель 2001 г. еще в 13.6 раза. После апреля 2001 г. число новых месячных случаев стало устойчиво падать. Другими словами, динамика показателя противоречива. Предполагая отсутствие знания о механизме эпидемии, трудно сказать куда она повернет в дальнейшем.

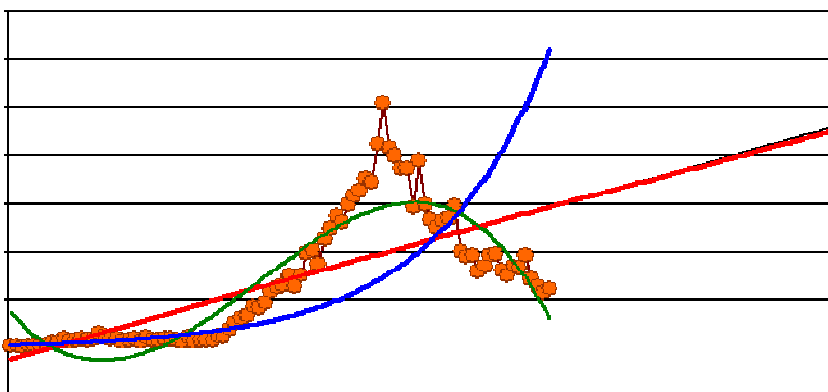


Рис. 1. Пример неудачного использования экстраполяции

Рисунок 1 иллюстрирует трудности применения этого подхода: при экстраполяции на 48 месяцев все использованные стандартные тренды (включенные в большинство табличных процессоров офисных пакетов) показали абсурдный результат, что для прогнозирования не является из ряда вон выходящим случаем. Иными словами, экстраполяция имеет смысл на коротком, или очень коротком, прогнозном периоде, в нашем случае, пожалуй, квартал, плюс требует большого искусства выявления тренда, что (выше) не было продемонстрировано. Тем не менее именно экстраполяция, несмотря на горы литературы о ее недостатках [1], является наиболее распространенной практикой обыденного прогнозирования (так называемое планирование от достигнутого).

Моделирование является некой альтернативой экстраполяции. Разумеется, всегда есть желание понимать явление, причины его развития и механизм изменения, но построить модель такого типа не получается практически ни у кого и никогда. Более распространено построение статистических моделей, но в целях прогнозирования они мало отличны от экстраполяции. Существует целый набор эпидемиологических подходов, разработанных достаточно давно, но ВИЧ/СПИД является оригинальным явлением и не всегда описывается классическими моделями. Эпидемия ВИЧ/СПИД также может быть описана моделью таблицы смертности с множественным выбытием, такая схема была предложена в «Демографии ВИЧ» (2005) [2]. Трудности ее применения состоят в отсутствии доступа к собранным данным. Тем не менее никакой анализ данных не дает представления о будущем, *угадать* которое возможно, но вероятность не угадать намного больше.

Метод Дельфи заимствовал свое имя у Дельфийского оракула [3]²¹. В древнегреческих Дельфах находился храм Аполлона (Феба), известный своим оракулом (прорицалищем), или предсказателем (употребляемое сейчас слово латинского происхождения, греческое слово: *μαντείο*). К оракулу греки обращались за помощью при принятии наиболее существенных решений, в том числе военно-

²¹ Знакомство автора с деятельностью дельфийского храма [3] привело автора к выводу о том, что за прошедшие сотни лет практика прогнозирования не изменилась по существу.

политических. Жрица оракула Пифия (то ли многоопытная старушка, то ли юная девственница) сидела в котелке на треножнике, стоявшем над расщелиной в земле, из глубин которой поднимались миазмы (по современной версии пары этилена) убитого Аполлоном Пифона/Дельфиния (змея, давшего название этой местности, или наоборот), приводившие Пифию в состояние, необходимое для формулировки прогноза – ею овладевал дух Аполлона. По другой (более древней?) легенде Пифон убил Аполлона (бессмертного олимпийца). Иносказательные формулировки Пифии были очень туманны и трудны для понимания, для пояснения ее идей при храме состоял штат толковательниц, через которых дельфийские жрецы (среди которых одно время был и историк Плутарх) оказывали огромное влияние на жизнь всей Греции. Любопытно, что занятие было очевидно гендерно селективным, что, видимо, связано с пережитками матриархата и возглавляемой Аполлоном первой гендерной революцией, кровавой как все революции – Пифон охранял оракула Геи (доолимпийской богине, возникшей вслед за Хаосом) и Фемиды, культ которых древнее. Сам Аполлон научился прогнозированию у Геи, возможно, захватил этот дар. Упомянутый выше треножник видимо играл существенную роль (алтаря?), поскольку Геракл пытался его украсть. Аполлон также наградил даром пророчества печально известную Кассандру.

В античный период процедура прогнозирования методом Дельфи состояла из четырех действий: (1) путешествие в Дельфи, возможное только при наличии большой нужды желая, с одной стороны, и информации о сервисе, с другой; (2) приготовления на месте включали жертвоприношения, магические процедуры и, между прочим, интервью по существу вопроса; (3) собственно свидание с Пифией и (4) получение разъяснений возвращения домой. Пожалуй, наиболее известный прогноз был дан царю Лидии Крезу, атаковавшему Персию: *перейдешь реку – погубишь империю*. Воодушевленный пророчеством Крез перешел (напал на соперника) и погубил свое собственное царство. Кроме Креза среди клиентов оракула такие авторитетные исторические личности, как Ликург, Солон, Ксеркс, Нерон и др.

Дельфийскую Сибиллу, не связанную с оракулом (но с Дельфами), не следует путать с Пифией. Сибилла также занималась прогнозированием, обеспечивая альтернативность и плюрализм. Кроме

дельфийской Сибиллы (дочери Аполлона) известны и другие, сибилла и прорицательница – практически синонимы. Дельфийский оракул действовал с VIII века до Р. Х. по 393 год нашей эры, когда в рамках идеологической зачистки вместе с другими языческими храмами был закрыт христианским императором Феодосием I. Известность дельфийского оракула объясняется тем, что он является наиболее документированным памятником древней Эллады. Известны и другие древние методы прогнозирования, например китайский И Цзин (кости), появление которого датируется XVI веком до Р. Х., египетский оракул храма Пер-Ваджет еще старше, датируется третьим тысячелетием до Р. Х., индийский оракул Акашвани (голос небес).

Резюмируя историю, отметим, что прорицание и предвидение будущего всегда пользовались спросом. Исторический опыт позволяет нам выделить основные компоненты прогнозирования: заказчика, формулирующего запрос, исполнителя, выдающего результат, и собственно черный ящик самого процесса. Существенно, на мой взгляд, выделение заказчика из остальной совокупности и, во-первых, его непонимание того, что происходит после поданной им заявки, а во-вторых, доверие к полученному результату. Место загадочных пифий и сибилл заняли не менее загадочные программисты и их компьютеры, а также всевозможные посредники и эксперты, помогающие как сформулировать вопрос, так и понять ответ. Катрены Нострадамуса нельзя назвать прогнозом в античном, да и современном смысле по причине отсутствия заказчика, Нострадамус скорее – полузабытый бюджетный институт невысокой категории, результаты которого вдруг оказались востребованными.

В 1944 г. генерал Арнольд заказал отчет для ВВС США о будущих технологических возможностях, применимых в военных целях [4]. Через два года авиакомпания Дуглас начала проект RAND для оценки влияния будущих технологических изменений на способы ведения войны, в частности, для изучения возможностей ведения межконтинентальной войны вне поверхности земли. При попытках построения прогнозов компания быстро столкнулась с недостатками и слабостями теоретических подходов, моделирования и экстраполяции, поэтому Олаф Эльмер (Olaf Helmer), Норман Далки (Norman Dalkey) и Никола Решер (Nicholas Rescher) разработали современ-

ный метод Дельфи. Применение метода в принципе аналогично современному модеризируемому интернет-форуму или дискуссии в блоге и состояло в том, что эксперты RAND формулировали свое мнение о вероятности, частоте и интенсивности атак противника, а сторонние эксперты анонимно высказывали свое мнение в виде комментариев. После этого эксперты RAND изменяли свое мнение и снова получали комментарии, через конечное число итераций общее мнение формулировалось как бы само собой.

Следующие технические стороны считаются основными: (1) структурированный вопросник для эксперта, (2) подготавливаемый организатором, далее все информационные потоки идут через него, (3) изолированность экспертов, (4) известность мнения каждого и (5) возможность его пересмотра, (6) анонимность, (7) движение по цепочке тезис-антитезис-синтез до выработки консенсуса или исчерпания возможности продолжать процесс. Метод естественным образом применяется в прогнозировании, одним из первых результатов стал отчет Гордона (Gordon) и Эльмера (1964) о возможных научных прорывах и, между прочим, о возможностях контроля населения. Другим группам удалось предсказать применение автоматизации и промышленных роботов, интернет и многое другое. Метод применяется не только государственными структурами, но в большей степени бизнесом, где наработан большой опыт, в основном в процессе принятия решений. Есть расширения метода, в которых выработка консенсуса не предполагается, например обсуждение предпочтительности возможных будущих ситуаций.

В нашей стране метод Дельфи не получил широкого распространения в силу практической не востребованности (догоняющее развитие), слабости (малочисленности) экспертной базы (все возможные эксперты знают друг друга), воспитанного столетиями здорового и неплохо стимулируемого отсутствия привычки не только высказывать, но и формулировать (собственное) независимое мнение, с одной стороны, и соглашаться с (равноправным) оппонентом, с другой. Единственной попыткой можно считать работу А.Я. Кваши над сценариями развития смертности, проведенной в начале 70-х годов в НИИ ЦСУ СССР, результаты этой работы не опубликованы [5].

Функция прогнозирования – предоставление информации о возможном будущем для целей социального и экономического планиро-

вания, каким бы скомпрометированным этот термин ни был. В случае ВИЧ экономика – это прежде всего расходы на лечение и содержание больных СПИДом и АРТ, то есть *экономика потребления* через систему здравоохранения. Эти расходы входят в государственные гарантии. Социальная часть – это отношения людей, в первую очередь половые, те половые отношения, которые происходят в зонах повышенного риска: внебрачный, коммерческий секс, секс между мужчинами. Общество в целом и отдельные граждане должны быть информированы об опасностях. Второй основной источник общественного риска – наркопотребление, где также надо планировать вмешательства, возможно и военного характера. Соответственно задача прогноза – количественная оценка будущей проблемы для обоснования выбора управленческих решений. Есть, или должна быть, разница в общественной реакции на численность ВИЧ-инфицированных 0.5 млн и 25 млн человек. Известные автору прогнозы будущего состояния ВИЧ-эпидемии в России сведены в таблицу²².

Зарегистрированное число ВИЧ-инфицированных служит исходным пунктом всех прогнозов. **Мировой банк** для оценки экономических последствий, исходя из предположения о неполноте учета, умножало зарегистрированное число ВИЧ инфицированных на шесть в пессимистическом сценарии и четыре в оптимистическом [6]. Население разделялось на две части: (1) ПИН (1.5–3 млн. чел., или 2–4% от всего населения) и (2) неПИН. Динамика изменения обеих частей прогнозировалась отдельно. По отдельности оценивались и вероятности передачи вируса: (1) внутри популяции ПИН (два новых случая ВИЧ+ на один уже существующий в год – оптимистический вариант, четыре – пессимистический), (2) внутри популяции неПИН, (3,4) – между этими популяциями; кроме первого

²² Когда статья была уже написана, стал известен ещё один прогноз, о котором можно с уверенностью сказать только то, что он существует и выполнен в одном из медицинских институтов. Информация о нём получена от М. Фешбаха (*Woodrow Wilson International Center for Scholars*). Сам прогноз, к сожалению, до настоящего времени не доступен, известно только что он датируется концом 80-х – началом 90-х годов, то есть, самым началом развития эпидемии в нашей стране. Автор надеется на продолжение работы с привлечением новых (на самом деле самых старых) результатов.

случае все остальные популяции производили 0,3–0,4 новых случаев в год. Эти предположения задавали размер эпидемии в будущем. В результате к 2020 г. до четверти населения нашей страны станет инфицировано ВИЧ. Побочным результатом стало выявление роста доли новых случаев ВИЧ+ в результате половой передачи вируса при фиксированной вероятности самой половой передачи.

Таблица 1

**Некоторые характеристики прогнозов,
выполненных по России**

Год	Заказчик	Исполнитель	Метод
2002	Мировой банк	ФНМЦ СПИД, Мировой банк	Экстраполяция
2002	Национальный совет по разведке при директоре ЦРУ	Институт американско- гопредпринимательства (А. Гордон, Н. Эберштадт	Спектрум
2002	Инициативная работа ЮНЭЙДС, Департа- мент международного	Ш. Шарп	Спектрум
2003	развития, Королевское общество, Институт открытого общества	Имперский колледж Лондона	Оригинальная модель
2003	ЮНФПА	ФНМЦ СПИД, МГУ, ИНП	Спектрум
2003	МОТ	МОТ, ИЭ, НПФ «Регионфонд», ВОЗ	Оригинальная модель
2004	ПРООН	ВОЗ, ФНМЦ СПИД	Спектрум

Национальный совет по разведке при директоре ЦРУ США выступил инициатором оценки влияния ВИЧ-эпидемии на перспективы ряда стран, в частности России. Прделанная работа воплотилась в ряде публикаций: [6], [7] и [8], последняя из них является, пожалуй, наиболее известной. **Н. Эберштадт** на основании опроса экспертов предполагал, что эпидемия в России либо уже находится в генерализованной стадии, либо быстро генерализуется, то есть, ситуацию, когда основной путь передачи вируса – половой [8]. При этом, как ни странно, им была

предположена очень высокая скорость распространения вируса, для половой передачи не характерная вообще, тем более для России, где интенсивность половой жизни очевидно ниже, чем в Африке. Другими словами: предположены африканский (половой) путь развития эпидемии и очень высокая (просто жаркая) интенсивность половой жизни. В результате были получены шокирующие результаты, преваленс²³ на 2025 год – 10% (19 млн. чел.) при сильных условиях и 2% при более мягких. Этот прогноз, даром, что явным образом невероятен, тем не менее, стал наиболее популярным и часто используется в дискуссиях о перспективах развития:

«Оценивая здоровье населения через характеристики нездоровья, приходится отмечать рост заболеваемости, особенно по болезням социальной этиологии (туберкулез, сифилис, СПИД/ВИЧ, инфекционный гепатит). Прогнозы показывают, что к 2010 г. 8–11% населения будет ВИЧ-инфицировано, а это около 13 млн. человек, преимущественно молодежи²⁴. По оценкам международных экспертов, Россия находится на стадии концентрированной эпидемии ВИЧ-инфекции. Четверть ВИЧ-инфицированных составляют женщины в активном репродуктивном возрасте. Это означает, что ВИЧ-инфекция может повлечь за собой прямые демографические потери. Экспоненциально растет наркомания, особенно среди детей в возрасте от 11 до 17 лет. По оценкам, численность больных наркоманией достигает 4 млн. человек; ежегодно вследствие употребления наркотиков умирает 70 тыс. человек» [9].

Ш. Шарп частично использовал траектории эпидемии, не опубликованные Эберштадтом, с использованием произвольных множителей для занижения умеренного варианта и завышения наиболее тяжелого (увеличения размаха, неопределенности). В результате получен максимальный преваленс ВИЧ в 8%, согласовывающийся с оценками руко-

²³ На мой взгляд, использование иностранного термина оправдано, поскольку вносит однозначность, которой не обладают русские – *болезненность* и *заболеваемость*. Использование терминов *инцидент* и *превалент* также рекомендовано учебным пособием для вузов [10] по специальности медико-профилактическое дело.

²⁴ То есть, население РФ в 2010 г. составит от 118,2 до 162,5 чел. – либо уменьшится, либо увеличится.

водителя ФНМЦ СПИД В.В. Покровского. Вообще этот прогноз не является самостоятельным, точнее: независимым, а использует эпидемиологические результаты Эберштадта [11]. Прогноз самого Ш. Шарпа относится к экономике, он опубликован на русском языке, см. [16].

Прогноз лондонского Имперского колледжа, является, пожалуй, наиболее интересным с методической точки зрения. В нем использована модель передачи, учитывающая разницу в поведении ПИН и РКС (МСМ отсутствуют), а также остального населения, но не специфицированная по возрасту. В прогнозных расчетах реализованы различные сочетания имеющихся оценок вероятностей инфицирования, всего произведено пять тысяч имитаций. В половине случаев получен преваленс, равный половине или более взрослого населения через 10 лет после инфильтрации вируса в популяцию [12]. По всей видимости, реалистичные расчеты находятся в области маловероятных.

Прогноз ЮНФПА также опубликован [13] и [14]. С точки зрения опыта прогнозирования он интересен, в частности, явным использованием различных стартовых условий, включая наиболее естественное, но не использованное ранее (!) предположение, что истинное число ВИЧ+ равно зарегистрированному. Различные предположения относительно будущего развития эпидемии (включая остановку роста) увеличили число сценариев до девяти. В результате были получены существенно менее катастрофичные варианты. Другой его замечательной особенностью стала попытка использовать экспертные оценки для формулировки гипотез развития эпидемии – была организована специальная конференция²⁵. К сожалению, специалисты не проявили никакой заинтересованности в определении количественных параметров эпидемии, поэтому подготовленный к конференции иллюстративный (см. выше) прогноз, несмотря на очевидные слабости, стал отчетным. Опрос экс-

²⁵ В Москве 19–20 марта 2003 г. состоялась двухдневная научная конференция «СПИД в России: тенденции, факторы, последствия», в ней приняли участие около 80 человек, представляющих исследовательские учреждения, московские представительства международных организаций (ЮНЭЙДС, ПРООН, ВОЗ, МОТ, МОМ, Управление ООН по борьбе с наркотиками и преступностью, Всемирный банк, ЮНИСЕФ), доноров (АМР США, Фонд Форда, Открытый институт здоровья), ряд неправительственных организаций, в том числе организации сексуальных меньшинств (всего около 10 организаций), регионы России и др., см. [17].

пертов, в качестве которых выступили участники конференции и сотрудники региональных СПИД-центров, выявил отсутствие самостоятельности в оценках, никто из опрошенных не вышел за пределы оценок ФНМЦ СПИД (В.В. Покровского), комментарии к ответам носили характер сугубо эмоционального бытового назидания.

Прогноз МОТ [15] формулировал гипотезы о будущем в терминах вероятности инфицирования: постоянной, увеличивающейся, уменьшающейся, смещающейся по возрасту и особый случай: насыщение групп риска, а результаты в форме экономических показателей. Достоинством этого проекта является выработка самостоятельного модуля, описывающего развитие инфекции. В этой работе принимало некоторое участие Министерство труда и социального развития РФ (ныне – часть Минздравсоцразвития), министр – Починок А.П., но основным заказчиком было субрегиональное бюро МОТ.

Прогноз ПРООН, представленный в книге «Как обратить эпидемию вспять», во время презентации которой, пожалуй, впервые завышение преваленса было критически встречено российскими экспертами, в частности М. И. Наркевичем и В. В. Покровским, представляет собой незначительную переработку прогноза Ш. Шарпа.

Таблица 2

Некоторые характеристики будущего эпидемии ВИЧ в России

Исполнитель	Год	ВИЧ-преваленс, % взрослого населения
ФНМЦ СПИД, Мировой банк	2020	9–24
Институт американского пред- принимательства (А. Гордон, Н. Эберштадт Ш. Шарп	2010	7–11
	2025	7–33
	2025	3–9
Имперский колледж Лондона	Через 10 лет после 1-го случая инфицирования	До 50
ФНМЦ СПИД, МГУ, ИНП МОТ, ИЭ, НПФ «Регионфонд», ВОЗ	2025	1–5
	2006–2008	До 1
ВОЗ, ФНМЦ СПИД	2025	3–9

Более чем в половине разобранных случаев (см. табл. 1) для прогнозирования эпидемии использовался пакет «Спектрум», который плохо работает с демографическими данными по России как в части смертности, так и рождаемости. Для преодоления его недостатков придуманы не только специальные плагины и эддоны, но и просто были использованы обходные пути. Обоснованность применения «Спектрума» в нашей стране – тема отдельной работы. В рассматриваемом случае достаточно обратить внимание на то, что один и тот же *калькулятор* («Спектрум») выдал существенно различные результаты, от 1 до 33% по преваленсу ВИЧ.

Использование одного и того же способа расчетов отражает методическую бедность прогнозирования ВИЧ. Мало того, наиболее абсурдный прогноз (Эберштадта) стал основой прогноза Ш. Шарпа, а последний, в свою очередь, – прогноза ПРООН (это около половины всех прогнозов)²⁶. Только в двух использованы специально разработанные модели, при этом результаты, полученные Имперским колледжем, весьма сомнительны. Тем не менее именно этот прогноз является прогнозом собственно эпидемии ВИЧ, для всех остальных прогнозов эпидемии – промежуточный шаг для расчетов ее последствий, экономических, социальных, демографических, политических и других.

Все сделанные прогнозы принимают Россию за единое целое, более или менее однородный резервуар развития эпидемии. Этот недостаток – явное противоречие принятому взгляду на эпидемию ВИЧ как на совокупность множества (локализованных социально и географически) подэпидемий, а предпринятые попытки декомпозиции очевидно недостаточны. Препятствием реализации нормального или адекватного подхода является большой объем работы, и предварительной, и собственно расчетов.

Хотя время проверок еще не наступило, можно предположить, что оценки будущего преваленса в 10 и более роцетов носят не научный, а адвокационный характер. Прогнозы, выполненные по заказам ЮНФПА и МОТ, отличаются наличием некатастрофических сценариев, но и эти более или менее уравновешенные сценарии не подтверждены реальным опытом за прошедшие приблизительно пять лет. Специально отмечу, что все зарубежные эксперты не могут

²⁶ В нашей стране огромную роль сыграл непререкаемый авторитет ЦРУ.

поверить в адекватность системы учета ВИЧ и СПИД, существующей в России. В связи с этим завышается база прогноза: от трех (при умеренных) до пяти (при более тяжелых гипотезах и сценариях) раз. Система учета по умолчанию считается дефектной, но работы по оценке степени полноты учета не ведутся и не планируются²⁷.

Что общего у этих работ, кроме одинакового объекта, России? Ни одна из них не была заказана Российской Федерацией, ни Минздравом, ни Советом безопасности, ни выборным органом власти, ни каким бы то ни было другим ведомством. Возможно, власти смущены разбросом результатов и не знают, что выработка консенсуса – обычное дело, или боятся повторить ошибку Креза. Большая часть прогнозов выполнена по заказу организаций системы ООН, только два являются чисто американскими (выполнены без участия российских экспертов, то есть сотрудничества с ФНМЦ СПИД). Естественный вывод: развитие эпидемии ВИЧ/СПИД в России правительству и многочисленным ведомствам не интересны, несмотря на то, что с течением времени все большее число инфицированных нуждается в дорогостоящем лечении, то есть, прогнозирование эпидемии уже приобрело сугубо прагматический характер и стало необходимым (но отсутствующим) элементом бюджетного планирования, но *экономика потребления* в России никогда не входила в список государственных приоритетов.

Опыт прогнозирования эпидемии ВИЧ в нашей стране показывает на то, что прогнозирование этой области находится в начале пути, происходит накопление знания, работа над ошибками. Самыми важными направлениями, на мой взгляд, являются: эпидемиология экономика и демография наркопотребления и особенности сексуального поведения россиян, то есть работа по определению реальных параметров будущих моделей. Вероятно следует ожидать следующей фазы прогнозной активности, связанной с бюджетным планированием, для расчета будущей численности пациентов на АРВ с целью определения объемов закупок препаратов, как наиболее острой проблемы.

²⁷ Автор несколько раз подавал заявки на проведение таких мероприятий, но, если *National Institutes of Health* (США) указали на недочёты и рекомендовал пути переработки заявки, то РГНФ (по своим правилам) просто отказал, без объяснения причин. Можно было бы предположить, что фонд не заинтересован в работах на этом направлении, если бы не грант Гулина К. А. [18], к сожалению, не получивший дальнейшего развития.

Литература

1. Mills T.C., Time Series Techniques for Economists, Cambridge, 1990.
2. Денисов Б.П., Возможности демографического подхода в изучении эпидемии ВИЧ России, Демография ВИЧ, М., 2005.
3. Кулишова О.В. Дельфийский оракул в системе античных межгосударственных отношений (VII–V вв. до н. э.) СПб., 2001.
4. About Project AIR FORCE, <http://www.rand.org/paf/about/>.
5. Андреев Е.М., Современный демографический кризис и прогнозы населения России, Мир России. 1999. Т. VIII. № 4.
6. Ruhl C., Pokrovsky V., Vinogradov V., The Economic Consequences of HIV in Russia. The World Bank Group in Russia, Moscow, 2002. <http://www.worldbank.org.ru/ECA/Russia.nsf/ECADocByUnid/56435B1EA108E164C3256CD1003FBE54>.
7. The Next Wave of HIV/AIDS: Nigeria, Ethiopia: Russia, India, and China. National Intelligence Council, ICA 2002-04D, Sept. 2002; Grisin S. A., C. A. Wallander. Russia's HIV/AIDS Crisis (Confronting the Present and Facing the Future). Center for Strategic and International Studies, Sept. 2002.
8. Eberstadt N. The Future of AIDS: Grim Toll in Russia, China, and India. Foreign Affairs, vol. 81, No. 6.
9. Римашевская Н. М., Социально-экономические и демографические проблемы современной России, доклад на заседании Президиума РАН, июль 2004, цит. по <http://vivovoco.rsl.ru/VV/JOURNAL/VRAN/2004/D EAD.HTM>
10. Власов В. В., Эпидемиология. Учебное пособие для вузов. М., 2005
11. Sharp S. Modelling the macroeconomic implications of a generalized AIDS epidemic in the Russian Federation. Boulder: Department of Economics, University of Colorado; 2002.
12. Grassly N. C., Lowndes C. M., Rhodes T., Judd A., Renton A., Garnett G. P., Modelling emerging HIV epidemics: the role of injecting drug use and sexual transmission in the Russian Federation, China and India. International Journal of Drug Policy, 14 (2003), 25-43.
13. Покровский В.В., ВИЧ-инфекция в России: прогноз, Вопросы вирусологии, 2004, №2.
14. Денисов Б.П., Сакевич В.И., Прогноз возможных демографических последствий эпидемии ВИЧ/СПИД в РФ, Проблемы прогнозирования, 2005, № 3 (90).
15. Мисихина С.Г., Помазкин Д.В., Социально-экономические последствия эпидемии ВИЧ/СПИДа для пенсионной системы в России, Демография ВИЧ, М., 2005.

16. UNDP. HIV/AIDS in Eastern Europe and the Commonwealth of Independent States. Reversing the Epidemic; Facts and Policy Options. Bratislava: United Nations Development Programme; 2004; русский перевод: ПРООН. Как обратить эпидемию вспять (состояние проблемы и возможные решения). ВИЧ/СПИД в странах Восточной Европы и Содружества независимых государств. Братислава, 2004.

17. Нарышкина А., Болезнь молодых. Через 10 лет поколение 20–30-летних будет вымирать от СПИДа, Известия, 20.03.2003; РИА-Новости, СПИД в России будет распространяться как в Африке – через сексуальные контакты, 20 марта 2003 года; Е. Обухова, Догоняем Африку «Время МН», 21 марта 2003 года; С. Сухая, СПИД: свидание с реальностью, Труд, 25 марта 2003 года; Р. Уколов, СПИД меняет ориентацию, Независимая газета, 31 марта 2003 года.

18. Гулин К.А. Анализ и прогнозирование экономического ущерба от эпидемии ВИЧ/СПИДа и комплексная оценка эффективности противодействующих ей мероприятий, грант РГНФ 03-02-00326а. 2003 года (информация с сайта РГНФ <http://www.rfh.ru/p2-19-02-2004.html>)