

# ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА: МОДЕЛИ И УПРАВЛЕНИЕ

М.С. Токмачев

Представлена авторская методика исследования процесса здоровья населения на основе персонифицированных статистических данных. Разработана математическая модель человеческой жизни (возраст, состояние здоровья). Получены и проанализированы численные показатели здоровья населения региона, включая смертность, указаны тенденции и прогноз.

**Ключевые слова:** персонифицированная база данных, цепь Маркова, состояние здоровья, международная классификация болезней, иерархия классов, стохастическая матрица, вероятность, прогноз, модель.

## ВВЕДЕНИЕ

Как известно, демографический потенциал государства напрямую зависит от здоровья его населения. Для современной России характерны крайне высокий по европейским меркам уровень смертности, наличие огромных неизученных пластов скрытой заболеваемости населения и ряд других негативных обстоятельств. Вместе с тем, ни в одной стране мира (за исключением некоторых бывших республик СССР) нет столь масштабной по объему системы мониторинга, включающей сбор и хранение данных о состоянии здоровья населения, уровне медицинского обслуживания. Унификация государственной статистики позволяет получать информацию, сопоставимую в масштабе всей страны. Однако по некоторым экспертным оценкам в процессе принятия управленческих решений на уровне органов управления здравоохранением субъектов РФ используется лишь 15–20 % информационного массива данных заболеваемости населения.

Здоровье населения, рассматриваемое с точки зрения единства его биологической и социальной природы — многогранное понятие, исследуемое методами различных естественнонаучных дисциплин. Кроме блока собственно медицинских дисциплин, связанных с изучением отдельных классов болезней, лечением, лекарственными препаратами и т. д., отметим и другие подходы: биологический, в том числе, генетический [1], экологический [2], демографический, в том числе, изучение смер-

тности [3], социальный (социологический) [4], изучение здоровья здоровых [5], системный [6, 7], здравоохраненческий [7, 8], экономический [9], психологический, экспериментальный, философский и др. В связи с концепциями доказательной медицины в настоящее время все большее значение приобретают математические методы, в частности, статистические, без которых, как правило, не обходится ни одно научное исследование [10] и методы математического моделирования [6, 11, 12]. Особая роль отводится компьютерному моделированию. Например, в фундаментальной монографии [13] дается обзор перспективных направлений в исследовании старения. Биологические процессы изучаются математическими методами на компьютерных моделях.

В представленной работе использованы вероятностно-статистические и компьютерные методы моделирования и прогноза различных показателей здоровья населения на основе персонифицированных данных здравоохранения. Предпринята попытка исследования в динамике процесса здоровья населения региона статистическими методами с целью изучения, наиболее эффективного воздействия на этот процесс и преломления существующих негативных тенденций.

## 1. ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выступает население Новгородской области, фигурирующее в персонифицированной базе данных (ПБД) смерт-

ности и состояния здоровья населения, созданной в Новгородском научном центре Северо-Западного отделения РАМН. Используются данные всего застрахованного населения области за пятилетний временной интервал 2001—2005 гг. Теоретической основой служат вероятностно-статистические методы, в частности, математический аппарат цепей Маркова с дискретным множеством состояний  $\{E_j\}$ . Задействованы авторские разработки [14—16], позволяющие моделировать процесс общественного здоровья с внесением элементов управления и просчитываемым результатом. В качестве модели человеческой жизни (относительно здоровья) рассматриваются последовательные объединения пар «возраст—состояние» и соответствующие вероятности перехода из состояния в состояние за указанный временной промежуток. При этом вероятности перехода в модели зависят лишь от настоящего состояния и не зависят от состояний, предшествующих настоящему. Разумеется, в реальных процессах, к коим относится и человеческая жизнь, полной независимости от предыстории быть не может. Однако реализация данных за длительный временной интервал и определение состояний по доминирующему заболеванию позволяют в разрабатываемой модели учесть и заболевания более ранних периодов в зависимости от их тяжести, что способствует «марковизации» цепи.

По реальным данным осуществлена математическая проверка зависимостей. Для различных половозрастных групп населения в процессе с шагом три года вычислены условные вероятности переходов  $p_{jk} = P(E_k|E_j)$  и  $p_{ijk} = P(E_k|E_j, E_i)$  при всевозможных  $i, j, k$ , всего порядка 10 тыс. фактических комбинаций. Проведено парное сравнение вероятностей  $p_{jk}$  и  $p_{ijk}$  по критерию Фишера. Значимые различия обнаружены менее чем в 5 % случаев, что соответствует статистическим стандартам. Данные переходы со статистически значимым различием переходных вероятностей проанализированы: в подавляющем большинстве случаев различие можно объяснить малым числом наблюдений в соответствующих группах (издержки масштабного проверочного исследования) и степенью достоверности данных заболеваемости (использована заболеваемость по обращаемости). Также с целью проверки адекватности методики проведено сравнение значений показателей заболеваемости в половозрастных группах населения в 2008 г.: фактических и рассчитанных по модели. Существенных различий нет. Все это указывает на корректность применения неоднородной цепи Маркова.

Разработано программное обеспечение, комплексно реализующее заявленную методику. Получены конкретные численные результаты, соответствующие реальности.

## 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Состояния здоровья индивидуума или исследуемой группы населения на протяжении всей жизни от рождения до смерти рассматриваются в последовательные фиксированные моменты времени. Тогда человеческая жизнь — случайное блуждание по состояниям здоровья, которое заканчивается поглощающим состоянием «смерть» [14]. Под системой понимается индивидуум или группа индивидуумов. Состояние системы в каждый из фиксированных моментов времени — состояние здоровья. Множество состояний априори классифицировано. Согласно разработанной методике все население разбивается по возрастам  $t_i$  и состояниям  $E_j$  ( $j = 0, 1, \dots, 20$ ), при этом  $E_0$  — «относительно здоровые» и  $E_{20}$  — «смерть». Остальные состояния  $E_1, E_2, \dots, E_{19}$  — состояния, соответствующие наиболее тяжелым типам заболевания. Модель человеческой жизни как последовательное объединение пар «возраст — состояние здоровья», представлена в табл. 1:  $a_{j_0}$  — начальная вероятность нахождения системы в состоянии  $E_{j_0}$ ,  $p_{j_0j_1}(1)$  — вероятность перехода из  $E_{j_0}$  в  $E_{j_1}$  на первом шаге и т. д.

Для состояний  $E_j$  ( $j = 0, 1, \dots, 20$ ) введем классификацию (табл. 2).

Теоретической основой представленного разбиения по состояниям служат МКБ-10, т. е. Международная классификация болезней десятого пересмотра (в табл. 2 указаны коды соответствующих заболеваний), и статистический анализ структуры смертности, исходя из которого установлена иерархия состояний заболеваемости (межклассовая и внутриклассовая). Решение проблемы однозначности обеспечивает алгоритм формирования требований для каждого состояния. При наличии нескольких заболеваний классификация осуществляется по доминирующему заболеванию, в соответствии с установленной иерархией по степени тяжести заболевания. Все население группы на определенный начальный момент времени (на 01.01.2001 г.) сортируется по возрастным интервалам и состояниям системы. Далее с учетом доминирующих тяжелых заболеваний каждого индиви-

Таблица 1

Модель человеческой жизни (возраст, состояние здоровья)

Номер интервала	0	1	2	...	$\nu$
Возраст и состояние	$(t_0, E_{j_0})$	$(t_1, E_{j_1})$	$(t_2, E_{j_2})$	...	$(t_\nu, E_{j_\nu})$
Вероятность	$a_{j_0}$	$p_{j_0j_1}(1)$	$p_{j_1j_2}(2)$	...	$p_{j_{\nu-1}j_\nu}(\nu)$



Таблица 2

## Классификация состояний

Состояние	Код	Класс
$E_0$	—	Относительно здоровые
$E_1$	I00-I99	Болезни системы кровообращения
$E_2$	S00-T98	Травмы, отравления и другие последствия внешних причин
$E_3$	C00-D48	Новообразования
$E_4$	J00-J99	Болезни органов дыхания
$E_5$	R00-R99	Симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях
$E_6$	K00-K93	Болезни органов пищеварения
$E_7$	A00-B99	Некоторые инфекционные и паразитарные болезни
$E_8$	G00-G99	Болезни нервной системы
$E_9$	N00-N99	Болезни мочеполовой системы
$E_{10}$	F00-F99	Психические расстройства и расстройства поведения
$E_{11}$	D50-D89	Болезни крови, кроветворных органов
$E_{12}$	E00-E90	Болезни эндокринной системы, нарушения обмена веществ
$E_{13}$	M00-M99	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани
$E_{14}$	Q00-Q99	Врожденные аномалии (пороки развития)
$E_{15}$	L00-L99	Болезни кожи и подкожной клетчатки
$E_{16}$	O00-O99	Беременность, роды и послеродовой период
$E_{17}$	P00-P96	Состояния, возникающие в перинатальном периоде
$E_{18}$	H60-H95	Болезни уха и сосцевидного отростка
$E_{19}$	H00-H59	Болезни глаза и его придаточного аппарата
$E_{20}$	—	Смерть

дуума за весь период исследования устанавливается его состояние через пять лет (на 01.01.2006 г.). Процедура классификации компьютеризирована [17], а все возникшие при практической реализации особые случаи проанализированы группой экспертов. Суть экспертных оценок — проверка на достоверность выводов в малочисленных группах (статистически слабо достоверных), разбор сомнительных (как правило, вызванных ошибками регистрации) и нестандартных случаев.

Используется модель условного поколения, в основе которой лежит упорядочивание по времени значений, взятых за короткий временной промежуток для населения всех возрастов. Значения показателя, представляющие один и тот же период времени, но относящиеся к разным возрастным группам, выстраиваются в виде временного ряда.

Введем случайные величины  $X_{ij}$  — общее число лет жизни человека, дожившего до возраста  $t_i$  и находящегося при этом возрасте в состоянии  $E_j$ , где  $i$  — номер возрастного интервала,  $j$  — номер состояния. Закон распределения случайной величины  $X_{ij}$  имеет вид, представленный в табл. 3 [14], где  $x_{i+1}, x_{i+2}, \dots, x_m$  — середины каждого из последующих за  $i$ -м интервала,  $p_s$  — вероятность перехода в состояние  $E_{20}$  в возрасте  $x_s$ ,  $q_s = 1 - p_s$ . Разработанный программный комплекс вычисляет конкретные значения, а также соответствующие числовые характеристики распределения

Отметим, что в исследовании использованы данные по обращаемости (данных исчерпанной заболеваемости такого масштаба нет). Таким образом, состояние  $E_0$  (относительно здоровые) получается нечетко определенным: индивидум в состоянии  $E_0$  оказывается не здоровым, а всего лишь не обращавшимся за медицинской помощью.

## 3. СТОХАСТИЧЕСКИЕ МАТРИЦЫ

Реальные данные состояния здоровья населения, рассматриваемые в динамике, позволяют рассчитать конкретные значения переходных вероятностей из состояния в состояние для различных половозрастных групп за пятилетний период, т. е. шаг процесса в исследовании — 5 лет. Учитывая специфику детского здоровья, интервал 0—4 полных лет разбит на два: 0—1 и 2—4 лет. Последний возрастной интервал — «более 85 лет». Поскольку переходные вероятности  $p_{jk}$  различны в разных возрастах, то цепь Маркова неоднородная. Мужское и женское население в исследовании относятся к разным группам. Возраст индивидумов определяется как дискретная величина  $t_i$ , середина  $i$ -го возрастного интервала.

По статистическим данным ПБД вычислены переходные вероятности из любого возможного состояния  $E_j$  в состояние  $E_k$  на каждом шаге, т. е. найдены конкретные численные значения. В соот-

Таблица 3

Закон распределения случайной величины  $X_{ij}$ 

$x$	$x_{i+1}$	$x_{i+2}$	$x_{i+3}$	...	$x_{m-1}$	$x_m$
$p$	$p_{i+1}$	$q_{i+1}p_{i+2}$	$q_{i+1}q_{i+2}p_{i+3}$	...	$q_{i+1}q_{i+2} \dots q_{m-2}p_{m-1}$	$q_{i+1}q_{i+2} \dots q_{m-1}1$

ветствии с числом возрастных интервалов получены наборы стохастических матриц размерности  $21 \times 21$ : по 19 матриц для групп мужского и женского населения. Неоднородная цепь Маркова оказывается полностью определенной.

#### 4. БЕЗУСЛОВНЫЕ ВЕРОЯТНОСТИ

Сформированные состояния  $E_j, j = 0, 1, \dots, 20$ , и наборы стохастических матриц позволяют по начальным состояниям вычислять безусловные вероятности, т. е. вероятности  $p_j(t)$  с которыми система будет находиться в каждом из состояний  $E_j, j = 0, 1, \dots, 20$ , через момент времени, кратный длине временного интервала. Матрица безусловных вероятностей наполняет модель человеческой жизни вероятностным содержанием: по начальным условиям  $(t_p, E_j)$  выдает вероятностный прогноз состояния здоровья на все последующие интервалы.

Графическая иллюстрация матрицы безусловных вероятностей, полученной на основе реальных данных мужского населения Новгородской области, приведена на рис. 1.

Здесь распределение «поколения 0 лет» в пересчете на 10 тыс. населения представлено по состояниям здоровья, включая состояние  $E_{20}$ , в зависимости от возраста. Каждому возрастному интервалу соответствует вертикальный столбец (10 тыс. мужского населения), который разбит на части в соответствии с долей каждого из возможных состояний в общей структуре заболеваемости и смертности. В столбце состояния  $E_0, E_1, \dots, E_{19}, E_{20}$  упорядочены снизу вверх. Таким образом, для

каждого возрастного интервала воссоздан «спектр заболеваемости» с учетом и доли умерших в поколении к началу интервала. Граница между состояниями  $E_{19}$  и  $E_{20}$  является кривой дожития (кривой выживаемости) поколения. Аналогична графическая иллюстрация матрицы безусловных вероятностей женского населения («поколение 0 лет»), но со своим «спектром заболеваемости» и смертности и существенным различием кривых дожития. Для исследования весьма важен соответствующий сравнительный анализ по полу, возрасту и состояниям. Отметим, что векторы безусловных вероятностей можно найти для любых начальных возрастов и распределений по состояниям здоровья.

#### 5. ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕРТНОСТИ И ПРОГНОЗ

Характерная особенность населения Новгородской области, как и в целом по России, состоит в сравнительно высоком уровне смертности: стандартизованные коэффициенты смертности на 100 тыс. населения соответствующего пола составляют 2776,6 для мужчин (82-е место среди 88 субъектов РФ, 2005 г.) и 1204,7 для женщин (65-е место). В свою очередь, Россия по ожидаемой при рождении продолжительности жизни в 2005 г. занимала лишь 119-е место в мире. По естественному приросту населения ( $-13,2$ ) область находилась на 84-м месте в РФ [18]. Идет процесс ярко выраженной депопуляции.

Приведем регрессионные модели зависимости безусловной вероятности смерти ( $p_{20}$ ) от соотношения безусловных вероятностей других состояний ( $p_i = P(E_i)$ ):

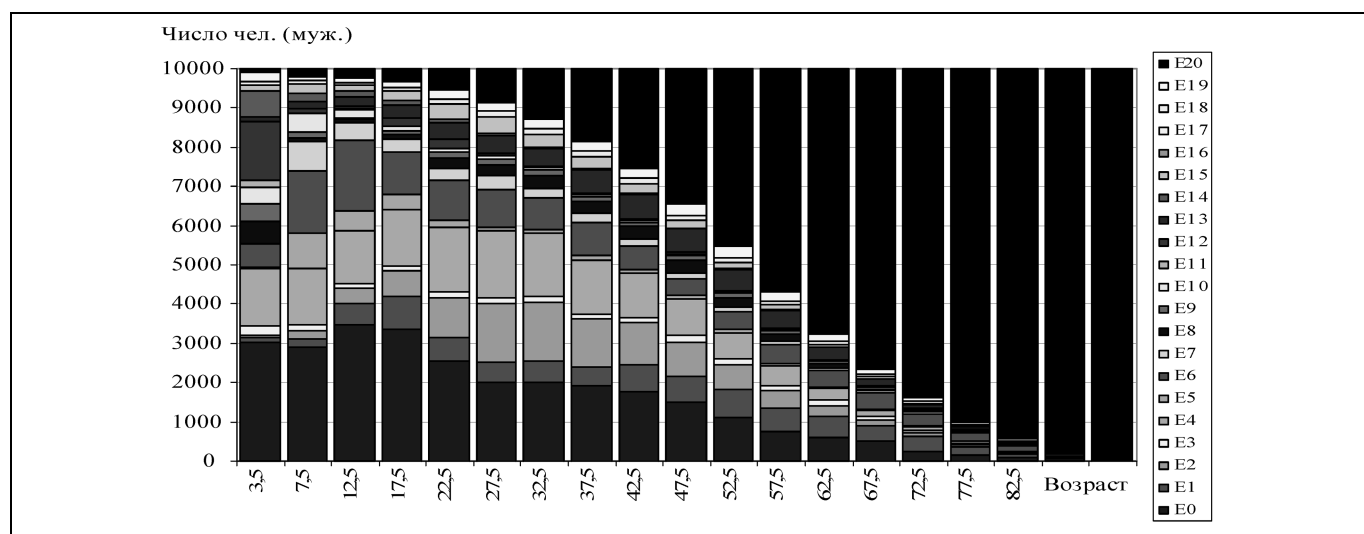


Рис. 1. Распределение «поколения 0 лет» в пересчете на 10 тыс. населения (мужчины)



мужчины —

$$p_{20} = -1,6659p_0 - 4,8147p_1 + 1,6817p_2 - 4,7650p_4 + 1,0073, \quad R^2 = 0,9995;$$

женщины —

$$p_{20} = -3,74013p_0 - 3,83675p_1 - 4,65886p_4 + 1,03744, \quad R^2 = 0,9839.$$

Также при сохранении имеющихся тенденций укажем регрессионные модели для вероятности попадания в состояние  $E_{20}$  в зависимости от возраста:

мужчины —

$$p_{20} = 10^{-6}(-5,295t^3 + 879,485t^2 - 28628,004t + 305630,658), \quad R^2 = 0,9987;$$

женщины —

$$p_{20} = 10^{-6}(-0,084t^4 + 18,2t^3 - 1170,456t^2 + 31963,815t - 273241,039), \quad R^2 = 0,9988.$$

Соотношения справедливы при  $t \in [15; 95]$ .

Реализация методики, представленной в статье, позволяет установить некоторую зависимость смертности населения не только от возраста, но и от предшествующего состояния здоровья. Отметим, что в данном случае речь идет не о смертности по причинам, а о состоянии, из которого индивидуум за последующий период наблюдения перешел в состояние  $E_{20}$ . Для реальных данных, как мужского, так и женского населения, бросается в глаза огромная доля (у женщин около 50 %, а у мужчин свыше 50 %) перешедших в состояние «смерть» непосредственно из состояния  $E_0$  («относительно здоровые»). Этот, на первый взгляд, нелогичный факт объясняется самой сущностью показателя «заболеваемость по обращаемости» в сочетании с менталитетом населения, низким уровнем

профилактической работы с населением и качеством диагностики. Из полученных расчетов следует основной вывод: *отсутствие должной информации о своем здоровье — это мощнейший по своему результату и охвату населения фактор риска.*

Систематизация данных заболеваемости и смертности населения всех возрастов за пятилетний период наблюдений позволяет получить зависимость показателя смертности от предшествующего состояния здоровья. Таким образом, численные данные, формирующие смертность, разложены не только по возрастам, но и по классам болезней, что интересно исследователям и весьма важно для принятия управленческих решений в здравоохранении. В частности, подобная систематизация позволяет выделить приоритетные направления в охране общественного здоровья, а при наличии данных о финансово-экономическом обеспечении здравоохранения — оптимизировать расходы. Приведем прогнозируемую зависимость показателя «средней продолжительности будущей жизни» (СПБЖ) новорожденных от исходного состояния их здоровья, рис. 2.

При приведении данных смертности мужского и женского населения к одному основанию (в пересчете на 10 тыс. умерших), получаем характеристики самих состояний в плане степени тяжести заболевания относительно пола заболевшего. В целом наиболее тяжелые (чаще приводящие к смерти) для мужчин состояния  $E_4, E_2, E_{13}, E_6, E_8, E_{18}$ , а для женщин — состояния  $E_1, E_9, E_{12}, E_0, E_{19}, E_3$ .

Также приведем реальные (2001—2005 гг.) и прогнозируемые (2006—2010 гг.; 2011—2015 гг.) значения показателя смертности по возрастным группам. На рис. 3 и 4 представлены рассчитанные доли (%) умерших в каждой возрастной группе за указанные пятилетние периоды.

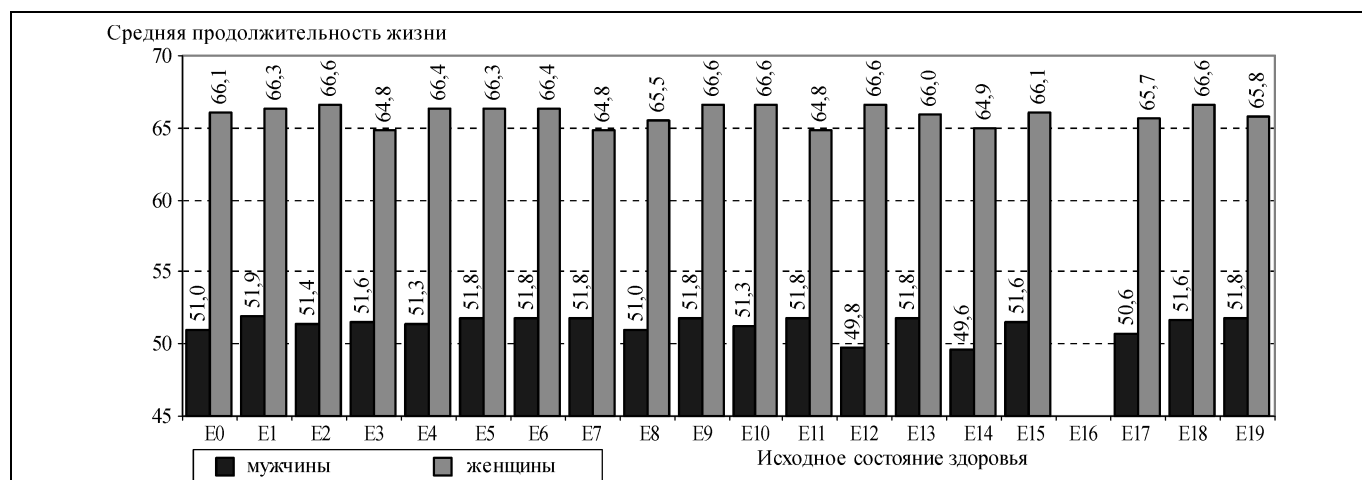


Рис. 2. Сравнение средней продолжительности будущей жизни новорожденных в зависимости от пола и исходного состояния здоровья



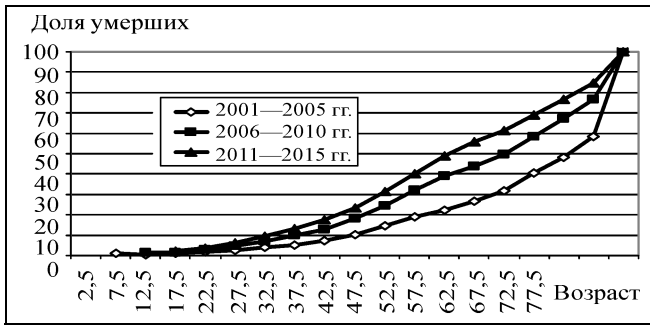


Рис. 3. Возрастная структура смертности мужского населения, %

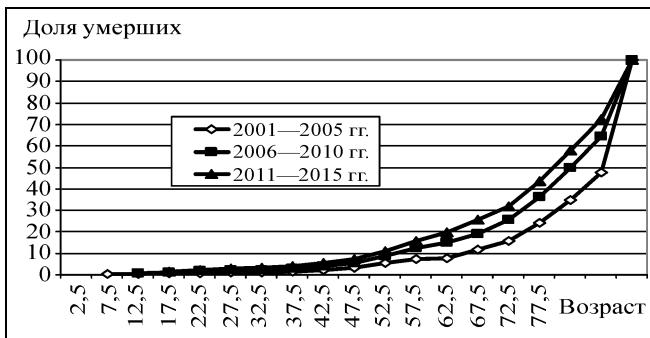


Рис. 4. Возрастная структура смертности женского населения, %

Наблюдается рост показателя смертности с увеличением возраста в каждом фиксированном интервале, что естественно. Однако более важен рост показателя со временем для каждой возрастной группы. Такая тенденция имеет место как для мужского, так и женского населения, во всех возрастах. Например, для возрастной группы 60–64 лет (женщины) доля умерших за 2001–2005 гг. составила 7,87 %, за 2006–2010 гг. составит уже 14,99 %, а за 2011–2015 гг. прогноз — 19,94 %. Для мужского населения в той же возрастной группе, 60–64 лет, значения следующие: 22,32, 38,90 и 49,02 %. Следовательно, у каждого последующего поколения уровни дожития существенно ниже, чем у предыдущего.

Вместе с тем отметим, что найденные зависимости все же не линейные (т. е. наблюдается некоторое замедление темпов роста показателя смертности) и существует возможность преломить эти негативные тенденции. Согласно прогнозу, наряду с ростом показателя смертности существенно уменьшится число относительно здоровых, возрастет число онкологических больных, особенно среди женского населения области. Расчеты роста смертности соответствуют и независимому прогнозу по тренду почти линейно уменьшающейся численности населения региона. Несмотря на то,

что миграционный прирост компенсирует естественную убыль населения более чем на 25 % (2007 г.) за девять лет (с 01.01.2001 г. по 01.01.2010 г.) численность населения области уже уменьшилась на 9,8 %, а к 2015 г. прогнозируется 12 %.

## 6. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДИКИ

Для безусловных вероятностей отметим два важных момента:

1) возможность перехода к непрерывному времени;

2) возможность моделирования и прогнозирования безусловных вероятностей состояний. Рассмотрим их.

1. Как уже упоминалось, безусловные вероятности в цепи Маркова с дискретным временем вычисляются лишь в моменты времени, кратные длине шага (5 лет). Для их нахождения в произвольные моменты времени  $t$ , согласно классической теории, необходимо рассмотреть цепи Маркова с непрерывным временем и решить систему дифференциальных уравнений Колмогорова. В нашем случае такая система содержит 21 уравнение и решается отдельно для каждого интервала, поскольку цепь Маркова неоднородна. Эта задача достаточно нетривиальная. В данном исследовании для произвольного момента времени  $t$  безусловные вероятности находятся приближенно: методом линейной интерполяции.

2. Изменение переходных вероятностей в определенных возрастах меняет и безусловные вероятности заболеваемости и смертности. Данный факт позволяет моделировать и прогнозировать состояние здоровья поколения в зависимости от качественных изменений условий жизни населения, которые позволяют переоценить некоторые значения переходных вероятностей. В частности, в табл. 4 представлены показатели продолжительности жизни женского населения в «поколении 0 лет» с исходным начальным состоянием  $E_0$  при уменьшении переходной вероятности  $p_{i,20}$  в возрастах «20 и более лет» на 0,05 за счет соответствующей вероятности  $p_{i,r}$ . Показатель СПБЖ (средняя продолжительность будущей жизни) рассчитан как математическое ожидание случайной величины  $X_{1,0}$ , согласно приведенному закону распределения. Показатель СППЖ (средняя продолжительность предстоящей жизни) — медиана указанного распределения,  $x_{0,25}$ ,  $x_{0,75}$  — соответствующие квартили. Представленные значения роста показателей по сравнению с фактическими (базовыми) значениями, приведенными в первой строке, характеризуют степень влияния (вес) каждого из состояний на показатели. Например, уменьшение  $p_{0,20}$  на



0,05 приводит значение показателя  $x_{0,25}$  к росту на 0,972 лет (59,321—58,349), а соответственно уменьшение  $p_{6,20}$  — к росту на 3,612 лет (61,961—58,349).

Созданный программный комплекс позволяет аналогично моделировать ситуацию при совместном изменении переходных вероятностей  $p_{i,j}$  и в других возрастных категориях, и на разные величины, и за счет разных составляющих, также можно производить изменение вероятностей в процентах. Все это дает возможность численно оценивать как отдельные классы болезней, так и совокупности таких классов, а также математически моделировать различные ситуации. Для здравоохранения подобные «спектры» каждого из используемых показателей указывают на место и эффективность приложения сил и средств в охране здоровья населения. *Знание вероятностной структуры блуждания по состояниям и количественных оценок возможных переходов выводят на создание модели управления общественным здоровьем.*

Отметим, что представленная методика компьютеризирована, и изменения численных параметров в программу вносятся достаточно легко. Гораздо сложнее добиться фактического снижения распространенности заболеваний и преждевременной смертности населения. Для этого наряду с социально-эффективной государственной систе-

мой, системой жизнеобеспечения на местах, развитием медицинской науки и базы лечебных учреждений необходимы и грамотные, обоснованные управленческие решения органов здравоохранения всех уровней.

## 7. ПОТЕНЦИАЛ МЕТОДИКИ

Разработанная методика с использованием математического аппарата цепей Маркова применительно к случайному процессу, называемому «здоровье населения», позволяет:

— осуществить по соответствующим начальным данным вероятностный прогноз состояния здоровья, включая смертность, как отдельного человека, так и целых групп населения;

— вычислить в динамике ряд показателей; в частности, для каждой группы населения, сформированной по полу, возрасту и состоянию здоровья, вычислить среднюю продолжительность предстоящей жизни, потери лет будущей жизни, связанные с состоянием здоровья, базисные и цепные приросты показателей при изменении соотношений в заболеваемости и смертности, индексы и коэффициенты дожития и др.;

— ввести ряд новых показателей, разносторонне характеризующих здоровье населения [16];

Таблица 4

Изменение показателей продолжительности жизни женского населения

Изменяемая вероятность	$x_{0,25}$	Рост	СПБЖ	Рост	СППЖ	Рост	$x_{0,75}$	Рост
—	58,349	—	66,550	—	73,038	—	82,853	—
$p_{0,20}$	59,321	0,972	67,115	0,565	73,607	0,569	83,283	0,430
$p_{1,20}$	59,085	0,736	67,067	0,517	73,661	0,623	83,386	0,532
$p_{2,20}$	59,045	0,696	66,947	0,397	73,421	0,382	83,112	0,259
$p_{3,20}$	59,169	0,820	66,998	0,448	73,519	0,481	83,196	0,342
$p_{4,20}$	59,713	1,364	67,258	0,708	73,770	0,731	83,314	0,461
$p_{5,20}$	58,536	0,187	66,671	0,121	73,153	0,115	82,920	0,067
$p_{6,20}$	61,961	3,612	68,633	2,083	75,322	2,284	84,496	1,643
$p_{7,20}$	58,922	0,573	66,858	0,308	73,330	0,292	83,042	0,189
$p_{8,20}$	58,788	0,439	66,780	0,230	73,276	0,237	83,014	0,161
$p_{9,20}$	60,057	1,708	67,403	0,853	73,876	0,837	83,377	0,524
$p_{10,20}$	58,447	0,098	66,597	0,047	73,094	0,056	82,887	0,034
$p_{11,20}$	58,372	0,023	66,560	0,010	73,051	0,012	82,861	0,008
$p_{12,20}$	58,514	0,165	66,654	0,105	73,154	0,115	82,924	0,071
$p_{13,20}$	58,948	0,599	66,934	0,384	73,490	0,452	83,211	0,358
$p_{14,20}$	58,372	0,023	66,563	0,013	73,055	0,017	82,875	0,022
$p_{15,20}$	58,629	0,280	66,707	0,157	73,194	0,156	82,967	0,114
$p_{16,20}$	58,702	0,353	66,746	0,197	73,160	0,121	82,912	0,059
$p_{18,20}$	58,506	0,157	66,657	0,107	73,159	0,121	82,955	0,102
$p_{19,20}$	58,633	0,284	66,762	0,212	73,278	0,239	83,082	0,229
$p_{3,20}, p_{6,20}$	62,859	4,510	69,102	2,552	75,798	2,760	84,783	1,930

- найти и исследовать соответствующие законы распределения различных показателей;
- выявить теоретически обоснованные связи и получить зависимости между показателями;
- применить индексный метод исследования [15];
- моделировать и целенаправленно исследовать процесс здоровья населения в плане «вносимая корректировка (фактор) — получаемый эффект (отклик)»;
- вносить в процесс охраны общественного здоровья элементы управления, приводящие к теоретически обоснованным последствиям в изменении показателей здоровья населения.

В перспективе возможно включение в данное исследование социальной и экономической составляющих. Отметим, что ввиду использования МКБ-10 с соответствующими кодами болезней представленная система исследования воспроизводима и в других регионах.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные показатели являются лишь частью разработанной и численно реализованной методики изучения здоровья населения математико-статистическими методами. Методика работает и приводит к результатам, соответствующим объективной реальности.

Прогнозируемые значения вероятностей заболеваемости и смертности важны не для будущего времени, а сейчас. Найденные вероятности — это индикаторы (показатели) нынешнего состояния нашей социально-экономической системы в целом и системы охраны общественного здоровья в частности. Реализация методики позволяет разложить комплексную, многофакторную проблему «сбережения здоровья и жизни населения» на отдельные составляющие, связанные с возрастными половыми и медико-социальными показателями. Следовательно, речь идет об управляемости рассматриваемого процесса. Найденная конкретизация явлений и тенденций предполагает разработку комплекса локальных программ здравоохранения для преломления негативных процессов в состоянии здоровья населения. Вместе с тем, масштаб и анализ проблемы на примере региона подтверждает, что система здравоохранения не в состоянии самостоятельно обеспечить снижение смертности и достижение высоких показателей здоровья населения, так как многие источники опасности для здоровья находятся не в сфере функционирования здравоохранения, а связаны с образом жизни населения (алкоголизм, наркомания, курение, травматизм и др.). Здесь необходим государственный многоплановый подход и соответствующий уровень управления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лэмб М. Биология старения. — М.: Мир, 1980. — 206 с.
2. Околенко Т.И. Региональные и возрастные особенности заболеваемости бронхиальной астмой и ассоциированными с нею болезнями в условиях воздействия аэрополлютантов (клинико-экспериментальное исследование). Дис. ... д-ра мед. наук. — Вел. Новгород, 2009.
3. Лисицин В.И. Смертность как показатель общественного здоровья населения (на примере Новгородской области) // Охрана здоровья населения — национальный приоритет государственной политики: Сб. науч. тр. Новгородского научного центра Северо-Западного отделения РАМН. — М.: Медицина, 2006. — Т. 5. — С. 133—137.
4. Решетников А.В., Шаповалова О.А. Здоровье как предмет изучения в социологии медицины. — М.: Гэотар-Медиа, 2008. — 64 с.
5. Разумов А.Н., Пономаренко В.А., Пискунов В.А. Здоровье здорового человека (Основы восстановительной медицины). — М.: Медицина, 1996. — 411 с.
6. Славин М.Б. Практика системного моделирования в медицине. — М.: Медицина, 2002. — 168 с.
7. Венедиктов Д.Д. Очерки системной теории и стратегии здравоохранения. — М.: 2008. — 336 с.
8. Щепин О.П., Белов В.Б. Роль здравоохранения в формировании общественного здоровья // Пробл. соц. гиг., здравоохран. и истор. медицины. — 2007. — № 3. — С. 17—22.
9. Киселев А.С., Шестаков М.Г., Михайлов А.Ю. Зависимость здоровья населения от динамики уровня жизни. — М.: РИО ЦНИОЗ. — 2006. — 210 с.
10. Медик В.А., Токмачев М.С. Математическая статистика в медицине: учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика, 2007. — 800 с.
11. Клементьев А.А. Использование методов математического моделирования для изучения общественного здоровья. — М.: Ин-т проблем управления АН СССР, 1989. — 313 с. — Рук. деп. в ВИНТИ 31.07.89, № Д-18154.
12. Кирьянов Б.Ф., Токмачев М.С. Математические модели в здравоохранении: монография. — Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2009. — 280 с.
13. Геронтология in silico: становление новой дисциплины: Математические модели, анализ данных и вычислительные эксперименты: Сб. науч. тр. / Под ред. Г. И. Марчука, В. Н. Анисимова, А. А. Романюхи, А. И. Яшина. — М.: БИНОМ; Лаборатория знаний, 2007. — 535 с.
14. Токмачев М.С. Разработка ряда показателей общественного здоровья на основе цепей Маркова // Приложение к: Вестник НовГУ. Сер.: Техн. науки. — 2004. — № 28. — С. 3—7.
15. Токмачев М.С. Изучение общественного здоровья с помощью математических моделей // Вестник НовГУ. Сер.: Техн. науки. — 2005. — № 30. — С. 76—83.
16. Токмачев М.С. Разработка новых показателей общественного здоровья на основе статистических данных // Здоровье населения и приоритеты здравоохранения: Сб. науч. тр. Новгородского научного центра Северо-Западного отделения РАМН. — М.: Медицина, 2005. — Т. 4. — С. 119—127.
17. Рязанцев П.П., Токмачев М.С. Разработка программного комплекса для расчета новых показателей здоровья населения // Роль медицинской науки и здравоохранения в реализации демографической политики государства: Сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. и тр. Новгородского научного центра Северо-Западного отделения РАМН. — М.: Медицина, 2007. — Т. 6. — С. 214—219.
18. Современные региональные особенности здоровья населения и здравоохранения России / О.П. Щепин и др. — М.: Медицина, Шико, 2007. — 360 с.

Статья представлена к публикации членом редколлегии А.С. Манделем.

Токмачев Михаил Степанович — канд. физ.-мат. наук, профессор, Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, Институт электронных и информационных систем, г. Великий Новгород, ✉ tokm@mail.natm.ru.