

УДК 51-76, 613

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»,
Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

Разработан алгоритм популяционных количественных оценок дополнительной заболеваемости и смертности, соответствующих риску нарушений функций органов и систем человеческого организма, рассчитанному на основе эволюционных моделей. На каждом этапе алгоритма подробно описаны источники необходимых данных, способы их обработки и получаемые промежуточные результаты, в методике учтены особенности возрастного распределения показателей здоровья с использованием показателя тяжести заболеваний. Апробация метода выполнена на примере комплексного воздействия разнородных факторов среды обитания на несколько критических органов и систем. Результаты расчетов показывают, что дополнительный риск заболеваемости и смертности по причине болезней практически всех классов и систем с возрастом увеличивается, принимая недопустимые значения в старшем трудоспособном возрасте. Кроме того, в структуре дополнительного риска наблюдается перевес состояний, связанных с нарушениями системы кровообращения. Результаты оценки риска по предложенному алгоритму могут служить основанием для проведения дополнительных исследований влияния факторов среды обитания на здоровье, организации проведения медико-профилактических и контрольно-надзорных мероприятий.

Ключевые слова: оценка дополнительной заболеваемости и смертности, эволюционное моделирование, риск нарушения функций органов и систем.

Внедрение в практику деятельности органов и организаций Роспотребнадзора методических документов по оценке риска здоровью населения, ориентированных на использование эволюционного моделирования [8] позволило не только совершенствовать методологию оценки риска, но и существенно расширить спектр решаемых задач. Разработанные методы являются результатом адаптации фундаментальной модели накопления нарушений функций органов и систем человеческого организма, находящегося под воздействием факторов среды обитания, к использованию в практической деятельности [4]. Основным достоинством применения эволюционных моделей для оценки риска является возможность прогнозирования накопления риска негативных эффектов в виде нарушений функ-

ций органов и систем организма, связанных с экспозицией факторов среды обитания. Этот метод ориентирован, в основном, на оценку индивидуального риска и, в меньшей степени, позволяет выполнять расчеты на популяционном уровне, хотя таковые наиболее востребованы в задачах управления риском здоровью. В ряде публикаций, посвященных применению эволюционных моделей для задач оценки риска, содержатся подходы, позволяющие выполнять расчеты дополнительных случаев заболеваемости и смертности, обусловленных факторами среды обитания [3, 6–7]. Вместе с тем содержащиеся в них материалы не имеют четких алгоритмов, описания источников необходимых данных и способов их обработки для расчета популяционного риска. В этой связи актуальной задачей является

© Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., 2014

Кирьянов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов (e-mail: kda@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

Камалтдинов Марат Решидович – младший научный сотрудник (e-mail: kmr@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-18-04).

разработка алгоритма популяционных количественных оценок дополнительной заболеваемости и смертности, соответствующих риску нарушений функций органов и систем человеческого организма, рассчитанному на основе эволюционных моделей.

Эволюционные модели опираются на понятие риска как комбинации тяжести вреда и вероятности возникновения этого вреда, применяемое в международной практике [1], и позволяют проводить динамические оценки риска функциональных нарушений органов и систем организма в связи с длительными переменными экспозициями различных факторов [3, 5]. При этом сам риск представляется безразмерной величиной в диапазоне [0; 1]. С одной стороны, значение риска, равное нулю ($R = 0$), соответствует отсутствию функциональных нарушений в организме и, следовательно, отсутствию случаев заболеваний и смерти. С другой стороны, приближение значений риска к единице ($R \rightarrow 1$) соответствует увеличению частоты тяжелых заболеваний и смертности.

Эволюционные модели, адаптированные к использованию при расчетах риска в виде рекуррентных соотношений, представлены в формуле (1):

$$R_{t+1}^i = R_t^i + (\alpha_i R_t^i + \sum_j \Delta R_t^{ij}) C \quad (1)$$

где R_{t+1}^i – риск нарушений i -й системы организма в момент времени $t + 1$; R_t^i – риск нарушений i -й системы организма в момент времени t ; α_i – коэффициент, учитывающий эволюцию риска за счет естественных причин; C – временной эмпирический коэффициент, зависящий от периода осреднения.

В качестве показателя, характеризующего вклад факторов в эволюцию риска, используется величина дополнительного риска, обусловленного действием факторов среды обитания и определяемого как разность рисков в условиях экспозиции факторов и при их отсутствии в каждый момент времени:

$$\Delta R_t^i = R_t^i - R_t^{i/\phi}, \quad (2)$$

где t – возрастная группа с пятилетним интервалом; ΔR_t^i – дополнительный риск нарушения i -й системы органов в возрасте t ; R_t^i – риск нарушения i -й системы органов под воздействием факторов среды обитания в возрасте t ; $R_t^{i/\phi}$ – риск нарушения i -й системы органов без воздействия факторов среды обитания в возрасте t .

Оценка индивидуального риска производится по разработанной шкале, приведенной в [5]. Шкала позволяет оценить риск по категориям от приемлемого до очень высокого. Вместе с тем для популяционных оценок важно определять не только категорию риска, но и количество дополнительных случаев нарушений здоровья, дифференцированных по тяжести (в виде заболеваний и смерти населения) на каждый момент времени.

Общий алгоритм количественной оценки дополнительных случаев заболеваемости и смертности, связанных с риском нарушений функций органов и систем организма, основан на анализе возрастного распределения показателей здоровья и заключается в последовательном выполнении нескольких этапов (рис. 1).

Этап 1. Расчет риска нарушений функций органов и систем организма с учетом и без учета экспозиции факторов среды обитания (R_t^i , $R_t^{i/\phi}$).

Этап 2. Оценка среднего популяционного показателя тяжести заболеваний g_i с точки зрения нарушения функций органов и систем организма. Оценка тяжести заболеваний основана на сопоставлении данных, полученных с использованием экспертных оценок и сведений, предоставляемых территориальным фондом ОМС.

Этап 3. Расчет среднепопуляционного риска нарушения функций органов и систем организма (\bar{R}_t^i) на основе данных смертности и заболеваемости населения с учетом тяжести заболеваний.

Этап 4. Построение системы приведенных показателей заболеваемости \tilde{z}_t^{ij} и смертности \tilde{s}_t^{ij} населения, соответствующих

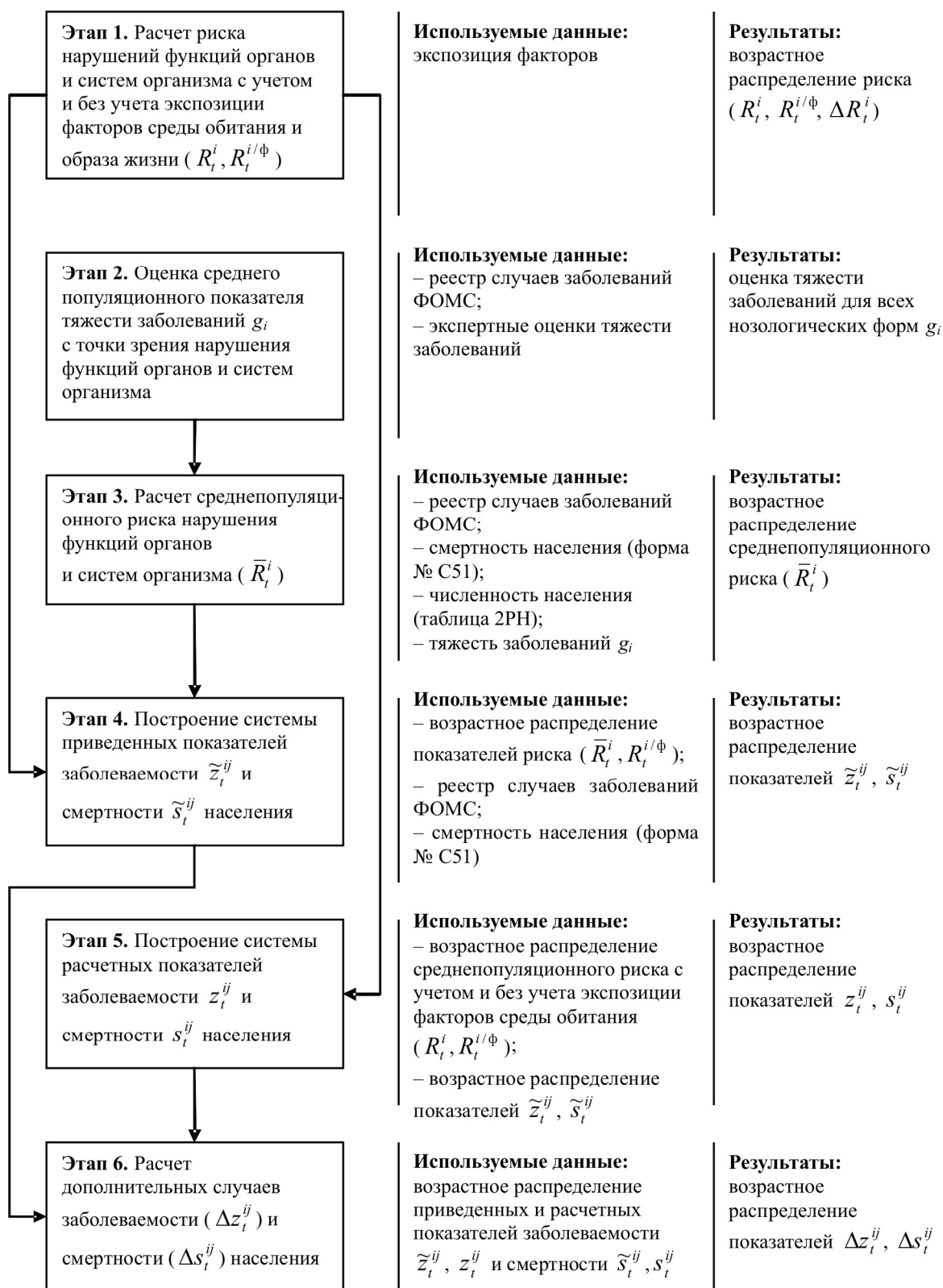


Рис. 1. Общий алгоритм количественной оценки дополнительных случаев заболеваемости и смертности, связанных с риском нарушений функций органов и систем организма

эволюционной кривой накопления риска здоровью без воздействия факторов среды обитания.

Этап 5. Построение системы расчетных показателей заболеваемости z_t^{ij} и смертности s_t^{ij} населения, соответствующих эволюционной кривой накопления риска здоровью под воздействием факторов среды обитания и образа жизни.

Этап 6. Расчет дополнительных случаев заболеваемости (Δz_t^{ij}) и смертности (Δs_t^{ij}) населения, связанных с риском накопления нарушений функций органов и систем организма.

Выполнение популяционных оценок нарушений здоровья производится с использованием показателя тяжести заболеваний, позволяющего сопоставлять отдельные нозологические формы и выступающего в качестве весового коэффициента при сложении частот случаев заболеваний и смерти [9]. Показатель тяжести заболеваний нормирован от 0 до 1, при этом легкие заболевания характеризуются значением коэффициента тяжести, близким к 0, а тяжелые – близким к 1. Среднепопуляционный показатель тяжести заболеваний оценивается на основе данных заболеваемости населения и экспертных оценок тяжести наиболее часто встречающихся (репрезентативных) заболеваний. Например, тяжесть ОРВИ оценивается как 0,1, неинфекционный гастроэнтерит и колит – как 0,35, стенокардии – 0,70, злокачественное новообразование головного мозга – 0,95. Следует отметить, что в качестве экспертов выбраны 10 практикующих врачей-терапевтов с опытом работы не менее 5 лет. Требования к экспертам продиктованы необходимостью максимально объективизировать оценку тяжести репрезентативных заболеваний.

Определение тяжести остальных заболеваний основано на сопоставлении с репрезентативным заболеванием по длительности лечения. При этом функция пересчета должна соответствовать следующим требованиям:

– тяжесть заболевания характеризуется длительностью лечения;

– отсутствие заболевания соответствует отсутствию тяжести;

– тяжесть заболеваний всегда меньше единицы.

С учетом вышеизложенных требований для расчета значений тяжести заболеваний внутри подкласса используется следующее соотношение:

$$g_i = 1 - e^{-\frac{T_i \ln(1-g_M)}{T_M}}, \quad (3)$$

где g_M и T_M – значение тяжести и средней длительности репрезентативного заболевания; g_i и T_i – расчетное значение тяжести и средняя длительность i -го заболевания.

С использованием коэффициента тяжести на основе распределения заболеваемости и смертности населения по возрасту определяется приведенная система популяционных показателей здоровья, которая представляет собой возрастное распределение популяционных показателей заболеваемости и смертности различной тяжести, соответствующих фоновой эволюционной кривой риска. При этом для каждой возрастной группы определяется показатель, соответствующий среднепопуляционному риску нарушений функций органов и систем, по соотношению:

$$\bar{R}_t^i = \frac{\sum_j \bar{z}_t^{ij} g^j + \bar{s}_t^i}{1000}, \quad (4)$$

где t – возрастная группа с пятилетним интервалом, \bar{R}_t^i – показатель, соответствующий среднепопуляционному риску нарушений функций i -й системы или органа в возрасте t ; \bar{z}_t^{ij} – среднепопуляционная заболеваемость j -й болезни i -й системы или органа в возрасте t (сл./1000); \bar{s}_t^i – среднепопуляционная смертность от заболеваний i -й системы или органа в возрасте t (сл./1000); g^j – коэффициент тяжести.

По соотношению между показателями, соответствующими среднепопуляционному риску нарушений функций органов и систем, расчетному уровню риска при воздействии исследуемых факторов и фоновой

эволюционной кривой риска, рассчитываются коэффициенты приведения:

$$k_t^i = \frac{R_t^{i/\Phi}}{\bar{R}_t^i}, \quad l_t^i = \frac{R_t^i}{R_t^{i/\Phi}}. \quad (5)$$

Приведенная и расчетная система популяционных показателей заболеваемости и смертности определяется по соотношениям:

$$\begin{aligned} \tilde{z}_t^{ij} &= \bar{z}_t^{ij} \cdot k_t^i & z_t^{ij} &= \tilde{z}_t^{ij} l_t^i \\ \tilde{s}_t^{ij} &= \bar{s}_t^{ij} \cdot k_t^i & s_t^{ij} &= \tilde{s}_t^{ij} l_t^i \end{aligned} \quad (6)$$

где \tilde{z}_t^{ij} , z_t^{ij} – приведенная и расчетная заболеваемость j -й болезнью i -й системы в возрасте t ; \tilde{s}_t^{ij} , s_t^{ij} – приведенная и расчетная смертность от j -й болезни i -й системы в возрасте t .

Дополнительная заболеваемость и смертность определяются как разность между расчетными и приведенными значениями:

$$\begin{aligned} \Delta z_t^{ij} &= z_t^{ij} - \tilde{z}_t^{ij} \\ \Delta s_t^{ij} &= s_t^{ij} - \tilde{s}_t^{ij}, \end{aligned} \quad (7)$$

где Δz_t^{ij} – дополнительная заболеваемость j -й болезнью i -й системы в возрасте t ; Δs_t^{ij} – дополнительная смертность от j -й болезни i -й системы в возрасте t .

Апробация метода расчета дополнительных случаев заболеваемости и смертности, соответствующих риску нарушений функций органов и систем организма, выполнена на примере результатов эволюционного моделирования риска здоровью населения, находящегося под воздействием факторов среды обитания, которые задаются уровнями экспозиции, представленными в табл. 1.

Пример описывает ситуацию комплексного воздействия разнородных факторов на несколько критических органов и систем. Такая ситуация является типичной для населения, проживающего на урбанизированных территориях в зоне воздействия промышленных предприятий, а также характеризующейся выраженными социальными проблемами. Результаты оценки риска, выполненной на основе эволюционного моделирования, представлены в табл. 2.

Дополнительный риск принимает недопустимые значения в возрастных группах старше 45 лет. При этом основные нарушения формируются в отношении функций сердечно-сосудистой системы. Недопустимый риск нарушений функций других систем начинает формироваться после 60 лет.

Полученным значениям дополнительного риска нарушений функций органов и систем соответствуют дополнительные случаи заболеваемости и смертности, представленные в табл. 3 и 4.

В таблицах содержатся значения расчетных уровней заболеваемости и смертности, соответствующие дополнительному риску нарушений функций отдельных систем организма. Так как основные воздействия факторов направлены на систему кровообращения, то и в структуре дополнительной заболеваемости и смертности наблюдается перевес состояний, связанных с нарушением сердечной деятельности. Динамика показателей дополнительной заболеваемости и смертности, обусловленной риском нарушений системы кровообращения, представлена на рис. 2.

Таблица 1

Диапазон значений уровня экспозиции факторов среды обитания

Фактор	Параметры факторов	Допустимый уровень
Диоксид азота в атмосферном воздухе, мг/м ³	0,022–0,127	0,04
Оксид углерода в атмосферном воздухе, мг/м ³	3,5–5,33	3,0
Кадмий в питьевой воде, мг/дм ³	0,00038–0,00041	0,00002
Шум, дБА	55,72	50
Курение, мг никотина/сут.	0–10	0,1
Употребление алкоголя, г/неделя	0–50	30
Физическая активность, мин/неделя	200–60	Не менее 200

Таблица 2

Дополнительный риск нарушений органов и систем человека, обусловленный действием факторов среды обитания

Возраст, лет	Болезни мочевыделительной системы	Болезни центральной нервной системы	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни системы кровообращения	Болезни уха и сосцевидного отростка	Болезни эндокринной системы
От 20 до 24	0,001	0,003	0,001	0,001	0,004	0,004	0,002
От 25 до 29	0,001	0,003	0,002	0,002	0,008	0,004	0,003
От 30 до 34	0,002	0,006	0,004	0,003	0,012	0,006	0,005
От 35 до 39	0,003	0,009	0,007	0,006	0,022	0,007	0,008
От 40 до 44	0,008	0,015	0,01	0,013	0,042	0,009	0,016
От 45 до 49	0,015	0,026	0,014	0,026	0,077	0,011	0,028
От 50 до 54	0,021	0,037	0,017	0,041	0,131	0,012	0,045
От 55 до 59	0,029	0,049	0,022	0,057	0,213	0,015	0,068
От 60 до 64	0,036	0,061	0,027	0,074	0,338	0,018	0,096
От 65 до 69	0,043	0,074	0,033	0,093	0,527	0,021	0,136
От 70 до 74	0,051	0,087	0,04	0,114	0,478	0,024	0,189
75 и старше	0,059	0,102	0,047	0,137	0,209	0,028	0,26

Таблица 3

Дополнительная заболеваемость по классам, соответствующим основным органам и системам человека (количество случаев на 1000 населения)

Возраст, лет	Болезни мочевыделительной системы	Болезни центральной нервной системы	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни системы кровообращения	Болезни уха и сосцевидного отростка	Болезни эндокринной системы
От 20 до 24	1,100	5,439	8,130	5,814	7,868	14,919	6,720
От 25 до 29	2,393	8,686	16,718	12,803	13,474	18,872	11,302
От 30 до 34	4,451	13,012	28,395	22,821	23,290	23,600	19,622
От 35 до 39	7,410	19,292	42,817	35,387	40,017	28,993	32,214
От 40 до 44	16,294	33,837	53,431	83,637	74,395	32,918	60,165
От 45 до 49	31,504	56,094	63,399	159,187	136,497	36,872	107,370
От 50 до 54	47,113	80,762	73,005	233,773	229,765	41,816	168,711
От 55 до 59	62,712	109,388	78,743	308,362	366,589	46,605	248,464
От 60 до 64	78,063	135,221	87,266	393,629	576,665	55,014	353,359
От 65 до 69	91,873	157,646	100,359	493,202	886,424	59,313	495,415
От 70 до 74	107,419	181,616	115,645	594,794	1052,728	65,513	684,385
75 и старше	124,309	224,206	135,220	648,903	549,218	63,479	932,231

Таблица 4

Дополнительная смертность по классам причин смерти, соответствующим основным органам и системам (количество случаев на 1000 населения)

Возраст, лет	Болезни мочевыделительной системы	Болезни центральной нервной системы	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни системы кровообращения	Болезни уха и сосцевидного отростка	Болезни эндокринной системы
От 20 до 24	0,000	0,000	0,001	0,001	0,029	0,000	0,002
От 25 до 29	0,001	0,000	0,013	0,006	0,151	0,000	0,000
От 30 до 34	0,002	0,000	0,032	0,019	0,386	0,000	0,007
От 35 до 39	0,007	0,000	0,042	0,039	0,613	0,005	0,014
От 40 до 44	0,025	0,000	0,078	0,124	0,944	0,000	0,006
От 45 до 49	0,033	0,000	0,142	0,238	1,547	0,000	0,034
От 50 до 54	0,069	0,000	0,141	0,490	2,404	0,000	0,036
От 55 до 59	0,104	0,000	0,211	0,786	3,737	0,004	0,060
От 60 до 64	0,207	0,000	0,271	1,080	6,073	0,000	0,131
От 65 до 69	0,198	0,000	0,406	1,392	11,282	0,000	0,184
От 70 до 74	0,276	0,000	0,556	1,758	15,000	0,000	0,388
75 и старше	0,405	0,000	0,827	2,945	11,079	0,000	0,640

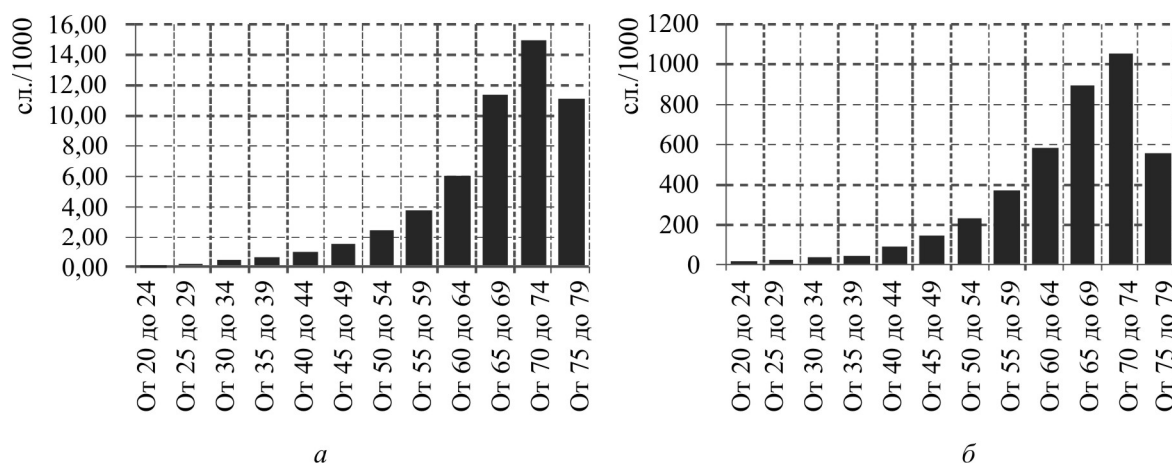


Рис. 2. Возрастное распределение популяционного риска смертности по причине болезней системы кровообращения (а) и заболеваемости болезнями системы кровообращения (б) в условиях разнородных факторов среды обитания и образа жизни

Из рисунка видно, что возрастное распределение количественных показателей риска соответствует основным закономерностям нарушений здоровья населения, связанным с возрастом. Результаты расчетов показывают, что дополнительный риск заболеваемости и смертности по причине болезней практически всех классов и систем с возрастом увеличивается.

В старших возрастах дополнительные риски заболеваемости и смертности существенно выше соответствующих показателей в трудоспособном возрасте.

Выводы. Таким образом, разработанный алгоритм количественной оценки популяционных показателей риска здоровью населения позволяет дополнить оценку индивидуального риска с использованием

эволюционных моделей прогнозом числа дополнительных случаев заболеваний и смерти, связанных с воздействием факторов среды обитания. Кроме того, полученные результаты могут служить основанием для организации углубленных исследований влияния факторов среды обитания на здоровье, проведения медико-профилактических мероприятий. Использо-

вание предложенного подхода в деятельности органов и учреждений Федеральной службы по защите прав потребителей и благополучия человека может являться источником аргументов для формирования доказательной базы воздействия источников загрязнения объектов среды обитания на здоровье и основанием для проведения контрольно-надзорных мероприятий.

Список литературы

1. Зайцева Н.В., Шур П.З. Актуальные вопросы методической поддержки оценки риска для здоровья населения при обеспечении безопасности продукции: мировой зарубежный опыт и практика таможенного союза // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 4. – С. 4–16.
2. К оценке дополнительного риска заболеваний желудочно-кишечного тракта, ассоциированных с дисбиозом кишечной микрофлоры вследствие воздействия остаточных концентраций тетрациклина в пищевых продуктах / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, А.И. Аминова, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – № 7. – С. 46–48.
3. Количественная оценка неканцерогенного риска для здоровья населения / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, В.Б. Алексеев, А.С. Сбоев, О.П. Волк-Леонович // Гигиена и санитария. 2008. – № 6. – С. 64–67.
4. Математическая модель эволюции функциональных нарушений в организме человека с учетом внешнесредовых факторов / П.В. Трусов, Н.В. Зайцева, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер, В.М. Чигвинцев, Д.В. Ланин [Электронный ресурс] // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – № 2. – С. 589–610. – URL: http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf (дата обращения: 05.12.2012).
5. Методические подходы к оценке интегрального риска здоровью населения на основе эволюционных математических моделей / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, И.В. Май, Д.А. Кирьянов // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – № 10. – С. 6–9.
6. Методические подходы к оценке популяционного риска здоровью на основе эволюционных моделей / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, М.Р. Камалтдинов, М.Ю. Цинкер // Здоровье населения и среда обитания. – 2013. – № 1 (238). – С. 4–6.
7. Методические подходы к оценке риска воздействия разнородных факторов среды обитания на здоровье населения на основе эволюционных моделей / Н.В. Зайцева, П.В. Трусов, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, В.М. Чигвинцев, М.Ю. Цинкер // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 1. – С. 15–23.
8. МР 2.1.10.0062–12. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 36 с.
9. Цинкер М.Ю., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р. Применение комплексного индекса нарушения здоровья населения для оценки популяционного здоровья в Пермском крае // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3–6. – С. 1988–1992.

References

1. Zaytseva N.V., Shur P.Z. Aktual'nye voprosy metodicheskoy podderzhki otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri obespechenii bezopasnosti produktsii: mirovoy zarubezhnyy opyt i praktika tamozhennogo soyuza [Topical issues of methodological support of public health risk assessment while ensuring the safety of products: global foreign experience and practice of the customs union]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 4, pp. 4–16.
2. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Aminova A.I., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R. K otsenke dopolnitel'nogo riska zabolevaniy zheludochno-kishechnogo trakta, assotsiirovannykh s disbiozom kishechnoy mikroflory vsledstvie vozdeystviya ostatochnykh kontsentratsiy tetratsiklina v pishchevykh produktakh [Assessing the additional risk of diseases of the gastrointestinal tract associated with dysbiosis of intestinal microflora due to the impact of tetracycline residues in foods]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2012, no. 7, pp. 46–48.
3. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Alekseev V.B., Sboev A.S., Volk-Leonovich O.P. Kolichestvennaya otsenka nekantserogennogo riska dlya zdorov'ya naseleniya [Quantitative assessment of non-cancer risk to public health]. *Gigiya i sanitariya*, 2008, no. 6, pp. 64–67.
4. Trusov P.V., Zaytseva N.V., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu., Chigvintsev V.M., Lanin D.V. Matematicheskaya model' evolyutsii funktsional'nykh narusheniy v organizme cheloveka s uchetom vneshnes-

redovykh faktorov [Mathematical model for the evolution of functional disorders in the human body taking into account environmental factors]. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika*, 2012, no. 2, pp. 589–610, available at: http://www.matbio.org/2012/Trusov_7_589.pdf.

5. Zaytseva N.V., Shur P.Z., May I.V., Kir'yanov D.A. Metodicheskie podkhody k otsenke integral'nogo riska zdorov'yu naseleniya na osnove evolyutsionnykh matematicheskikh modeley [Methodological approaches to the assessment of the integral health risk on the basis of mathematical models of evolution]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2011, no. 10, pp. 6–9.

6. Zaytseva N.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R., Tsinker M.Yu. Metodicheskie podkhody k otsenke populyatsionnogo riska zdorov'yu na osnove evolyutsionnykh modeley [Methodological approaches to the assessment of population health risk on the basis of evolutionary models]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 1 (238), pp. 4–6.

7. Zaytseva N.V., Trusov P.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Chigvintsev V.M., Tsinker M.Yu. Metodicheskie podkhody k otsenke riska vozdeystviya raznorodnykh faktorov sredy obitaniya na zdorov'e naseleniya na osnove evolyutsionnykh modeley [Methodological approaches to the assessment of risk of exposure to diverse environmental factors on human health based on evolutionary models]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 1, pp. 15–23.

8. MR 2.1.10.0062-12. Kolichestvennaya otsenka nekantserogennogo riska pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv na osnove postroeniya evolyutsionnykh modeley [MR 2.1.10.0062-12. Quantitative assessment of non-cancer risk with exposure to chemicals on the basis of constructing evolutionary models]. Moscow: Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2012. 36 p.

9. Tsinker M.Yu., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R. Primenenie kompleksnogo indeksa narusheniya zdorov'ya naseleniya dlya otsenki populyatsionnogo riska zdorov'ya v permskom krae [Application of the complex index of health disorders for the assessment of population health in the Perm Krai]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, vol. 15, no. 3–6, pp. 1988–1992.

CALCULATION OF SUPPLEMENTARY MORBIDITY AND MORTALITY THROUGH EVOLUTIONARY MODELING OF PUBLIC HEALTH RISK

D.A. Kiryanov, M.R. Kamaltdinov

FBSI "Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies",
82, Monastyrskaya St., Perm, 614045, Russia

The algorithm of population quantitative estimates for additional morbidity and mortality, corresponding to the risk of disorders of the relevant functions of organs and systems of the human body, has been developed based on an evolutionary model. At each stage of the algorithm the necessary data sources, methods of treatment and intermediate results are described in detail, the method takes into account the peculiarities of age distribution of health indicators using Severity Index. Testing of the method is performed on the example of the complex influence of diverse environmental factors on several critical organs and systems. The calculation results show that the additional risk of morbidity and mortality due to diseases of almost all classes and systems increases with age, taking the invalid values in the above working age. In addition, the structure of the additional risks demonstrates overbalance of conditions associated with disorders of blood circulatory system. The results of risk assessment according to the proposed algorithms can serve as a basis for additional studies of environmental factors impacting on health, organization of health prevention and control and monitoring events.

Key words: assessment of additional morbidity and mortality, evolutionary modeling, risk of disorder of functions of organs and systems.

© Kiryanov D.A., Kamaltdinov M.R., 2014

Kiryanov Dmitry Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes (e-mail: kda@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).

Kamaltdinov Marat Reshidovich – junior research associate (e-mail: kmr@fcrisk.ru; tel.: 8 (342) 237-18-04).