

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ РИСКА

УДК 51-76,613

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗНОРОДНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

**Н.В. Зайцева¹, П.В. Трусов², П.З. Шур¹, Д.А. Кирьянов¹,
В.М. Чигвинцев¹, М.Ю. Цинкер¹**

¹ Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82,

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29

Рассматриваются методические подходы к оценке риска здоровью населения при сочетанном воздействии факторов среды обитания. Апробация методических подходов показала, что с их помощью может быть произведен расчет показателей индивидуального и популяционного риска, прогнозируемой продолжительности жизни, классифицирован уровень риска в соответствии с предложенной шкалой. Установлено, что при экспозиции комплекса химических факторов загрязнения атмосферного воздуха, транспортного шума, негативных факторов образа жизни неприемлемый (умеренный) риск здоровью формируется к возрасту 47 лет, высокий – к 58 годам. Максимальный вклад в формирование риска вносят факторы образа жизни – употребление алкоголя, курение, недостаточная двигательная активность. Прогнозируемая продолжительность жизни сокращается на 12,3 года.

Ключевые слова: оценка риска здоровью, эволюция риска, интегральный риск, прогнозируемая продолжительность жизни, факторы среды обитания.

Современная санитарно-эпидемиологическая ситуация характеризуется сочетанным воздействием разнородных факторов среды обитания на здоровье населения. К ним относятся биологические, химические, физические, социальные и иные факторы среды обитания, которые оказывают или могут оказывать воздействие на человека и (или) на состояние здоровья будущих поколений [1]. В этих условиях существующие способы оценки риска

здоровью населения, связанного с отдельными факторами и даже группами факторов, могут применяться только для решения локальных задач обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. В этой связи проблема оценки риска разнородных факторов среды обитания при их одновременном воздействии является актуальной. При этом оправдано применение методических подходов, с одной стороны, использующих уже имеющуюся

© Зайцева Н.В., Трусов П.В., Шур П.З., Кирьянов Д.А., Чигвинцев В.М., Цинкер М.Ю., 2013

Зайцева Нина Владимировна – академик РАМН, доктор медицинских наук, профессор; директор (e-mail: znv@fcrisk.ru, root@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-25-34).

Трусов Петр Валентинович – доктор физико-математических наук, профессор; заведующий кафедрой математического моделирования систем и процессов (e-mail: tpv@matmod.pstu.ac.ru, тел.: 8 (342) 239-16-07).

Шур Павел Залманович – доктор медицинских наук, профессор, ученый секретарь, заведующий отделом анализа риска для здоровья (e-mail: shur@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 238-33-37).

Кирьянов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов (e-mail: kda@fcrisk.ru, kir-da2010@rambler.ru, тел.: 8 (342) 237-18-04).

Чигвинцев Владимир Михайлович – научный сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов (e-mail: cvm@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-18-04).

Цинкер Михаил Юрьевич – младший сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов (e-mail: cinker@fcrisk.ru, тел.: 8 (342) 237-18-04).

информацию о причинно-следственных связях показателей здоровья населения с экспозицией отдельных факторов, с другой – предполагающих применение комплекса современных научных способов обработки накопленных данных.

Одним из них является моделирование эволюции риска, предполагающее скоординированное применение статистических и аналитических моделей, которое можно рассматривать как один из наиболее адекватных методов для решения задач прогнозирования и оценки вероятного воздействия факторов среды обитания на здоровье населения.

Моделирование негативных трансформаций функций организма человека позволяет более полно учитывать эффекты, обусловленные экспозицией разнородных факторов, в том числе на фоне возрастных изменений. Эволюционные модели дают возможность при заданных сценариях экспозиции в течение всей жизни человека оценивать риск появления нарушений функций отдельных органов и систем, анализировать вклад отдельных факторов и/или их сочетаний в формирование риска здоровью [2, 3]. Подобные аналитические подходы, развивающие методологию оценки риска здоровью, позволяют проводить численные (виртуальные) эксперименты, трудно воспроизводимые в реальных условиях, и оценивать риск возникновения негативных эффектов при заданных сценариях экспозиции, сочетающих условия селитебной зоны, производственной среды, питания, образа жизни и пр.

В соответствии с концептуальными положениями моделирования эволюции риска здоровью организм представляется как открытая система, которая непрерывно взаимодействует с окружающей средой и состоит из конечного множества органов-мишеней, полностью взаимосвязанных друг с другом [4]. Негативное воздействие разнородных факторов среды обитания может проявляться в виде нарушения функций органов и систем организма человека. При этом могут рассматриваться процессы как восстановления функций при отсутствии повреждающего воздействия, так и накопления функциональных нарушений. Посколь-

ку разнородные факторы среды обитания могут оказывать влияние на одни и те же функции организма человека, применение моделирования эволюции риска здоровью для задач его оценки представляется наиболее адекватным [5].

Эволюция риска негативных эффектов описывается системой дифференциальных уравнений, которая отражает накопление функциональных нарушений, связанных с повреждающим действием факторов среды обитания на фоне естественных процессов, протекающих в организме.

$$\frac{dR^i}{dt} = \alpha_i R^i - \beta_i (1 - R^i)^n + \sum_k \gamma_{ki} f_{ki}(F_k), \quad (1)$$

$$i = \overline{1, r},$$

где R^i – риск появления нарушений i -й системы организма; α_i – коэффициент, учитывающий эволюцию риска за счет естественных причин; β_i – коэффициент, учитывающий интенсивность процессов самовосстановления функций органов и систем организма; $\gamma_{ki} f_{ki}(F_k)$ – слагаемое, отражающее интенсивность накопления риска возникновения нарушений функционального состояния i -й системы, связанного с экспозицией k -го фактора.

Для решения данной системы уравнений наиболее адекватен метод приближенных вычислений на основе явной конечно-разностной схемы. Представление эволюционной модели (1) в виде рекуррентных соотношений позволяет применить итерационную расчетную процедуру по временным шагам:

$$R_{t+1}^i = R_t^i + (\alpha_i R_t^i + \sum_k \Delta R_t^{ik}) C, \quad (2)$$

где R_{t+1}^i – риск появления нарушений i -й системы организма в момент времени $t+1$; R_t^i – риск возникновения нарушений i -й системы организма в момент времени t ; α_i – коэффициент, учитывающий эволюцию риска за счет естественных причин; ΔR_t^{ik} – прирост риска появления нарушений i -й системы организма, обусловленный действием экспо-

зиции k -го фактора в момент времени t ; C – эмпирический коэффициент пересчета для различных периодов осреднения (для среднегодовых экспозиций $C = 1$, для среднемесячных $C = 0,083$, для среднесуточных $C = 0,0027$).

Применение методов моделирования эволюции риска позволяет подойти к оценке интегрального риска здоровью, который представляет собой риск развития негативных эффектов различной тяжести в результате одновременного воздействия на человека группы факторов разной природы. Оценка интегрального риска здоровью следует рассматривать как компонент интегрированной оценки риска, не затрагивающий оценку риска для экологических систем.

В соответствии с международной принятой методологией оценки риска здоровью оценка интегрального риска предполагает последовательное проведение следующих этапов: идентификация опасности, выбор зависимости «экспозиция – эффект», оценка экспозиции и характеристика риска.

Идентификация опасности включает идентификацию факторов среды обитания, потенциально воздействующих на здоровье человека, возможных эффектов воздействия этих факторов, механизмов негативного воздействия на здоровье человека, континентов риска. На этом этапе принимается решение о необходимости проведения процедуры оценки интегрального риска в каждом конкретном случае.

В ходе оценки экспозиции устанавливаются количественные параметры интенсивности и продолжительности воздействия факторов среды обитания на здоровье, формирование детальных сценариев экспозиции факторов среды обитания, в том числе с учетом вида оцениваемого воздействия (однократное, хроническое, интермиттирующее и пр.).

На этапе выбора зависимости «экспозиция – эффект» производится анализ имеющихся параметров в виде математических моделей и эпидемиологических показателей, характеризующих связи экспози-

ции отдельных факторов риска и эффектов их воздействия на здоровье. С учетом этих параметров осуществляется разработка определяющих соотношений, необходимых для расчета интегрального риска. Развитие методологии на этапе выбора зависимости «экспозиция – эффект» предполагает проведение моделирования риска в соответствии с выбранными сценариями (имитационное моделирование).

Характеристика риска включает расчет величин дополнительного интегрального риска здоровью, связанного с влиянием совокупности изучаемых факторов, приведенного индекса риска здоровью, сокращения прогнозируемой продолжительности жизни в условиях многофакторного воздействия и прогноз популяционных показателей риска здоровью в виде ожидаемого риска заболеваний и смерти в изучаемой популяции.

Дополнительный риск различных нарушений здоровья, связанный с неблагоприятным действием отдельных факторов среды обитания, рассчитывается по формуле

$$\Delta R_t = R_t - R_t^\phi, \quad (3)$$

где ΔR_t – дополнительный риск различных нарушений здоровья в момент времени t .

В общем виде кривая изменения риска нарушений здоровья в зависимости от длительности и условий экспозиции без воздействия и в условиях вредного воздействия факторов среды обитания, а также величина дополнительного риска приведены на рис. 1.

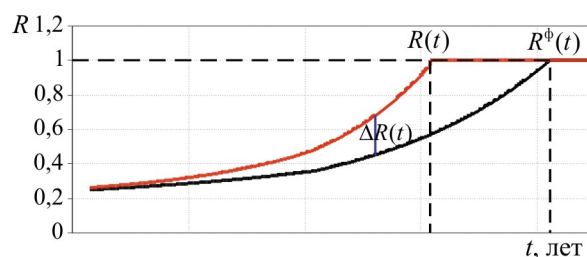


Рис. 1. Эволюция риска и дополнительного риска появления вредных эффектов при воздействии факторов среды обитания

Для оценки уровня риска рассчитывается приведенный индекс риска здоровью, связанный с воздействием факторов:

$$\tilde{R}_i = \frac{\Delta R_i}{1 - R_i^{\phi}} \quad (4)$$

Приведенный индекс риска характеризует вероятность нарушений здоровья при воздействии факторов среды обитания с учетом нарастания общего риска здоровью по мере увеличения продолжительности экспозиции.

Оценка величин интегрального риска здоровью производится с использованием шкалы, представленной в табл. 1.

Таблица 1

Шкала для оценки интегрального риска

Оценочный индекс риска	Характеристика риска
0–0,1	Пренебрежимо малый
0,1–0,35	Умеренный
0,35–0,6	Высокий
0,6–1	Очень высокий

Сокращение продолжительности жизни (ΔT , лет), связанное с вредным воздействием факторов среды обитания, рассчитывается следующим образом:

$$\Delta T = T_0 - T_1, \quad (5)$$

где T_0 – прогнозируемая продолжительность жизни без воздействия факторов, полученная в результате пошагового расчета без учета действия факторов, лет; T_1 – прогнозируемая продолжительность жизни при вредном воздействии факторов, полученная в результате пошагового расчета, лет.

Апробация предложенных методических подходов поведена на примере модельного сценария, сформированного по результатам наблюдений за качеством объектов среды обитания в рамках социально-гигиенического мониторинга, дополненного результатами социологических исследований факторов образа жизни в крупном промышленном городском поселении в Российской Федерации. В соответствии со сценарием оценивалось интегральное воздей-

ствие химических (оксид углерода, диоксид азота, взвешенные вещества $PM_{2,5}$, взвешенные вещества PM_{10} , свинец, кадмий) веществ, поступающих из атмосферного воздуха, физических факторов риска (транспортный шум) и факторов образа жизни (курение, употребление алкоголя, физическая активность) (табл. 2).

Таблица 2

Диапазон значений уровня экспозиции факторов среды обитания

Фактор	Параметры факторов	Допустимый (референтный) уровень
Вещества, поступающие из атмосферного воздуха, мг/м ³		
Диоксид азота	0,022–0,127	0,04
Оксид углерода	3,5–5,33	3,0
Взвешенные вещества $PM_{2,5}$	0,034–0,043	0,025
Взвешенные вещества PM_{10}	0,052–0,075	0,04
Свинец	0,000874–0,000929	0,0005
Кадмий	0,00038–0,00041	0,00002
Физические факторы воздействия		
Шум, дБА	55,72	50
Социальные факторы и факторы образа жизни		
Курение, мг никотина/сут.	0–10	0,1
Употребление алкоголя, г/нед.	0–50	30
Физическая активность, мин/нед.	200–60	Не менее 200

Оценка временного распределения уровня транспортного шума в соответствии с результатами анализа хронологии и длительности шумовых событий на изучаемой территории показала, что эта величина характеризуется стабильностью и может рассматриваться как постоянно действующая нагрузка, соответствующая уровню эквивалентного шума 55,72 дБА.

В отношении факторов образа жизни установлены уровни, соответствующие возрастным диапазонам. Пожизненное распределение экспозиции факторов образа жизни представлено на рис. 2. Для экстраполяции данных трехлетних мониторинговых наблюдений за качеством атмосферного воздуха на условия пожиз-

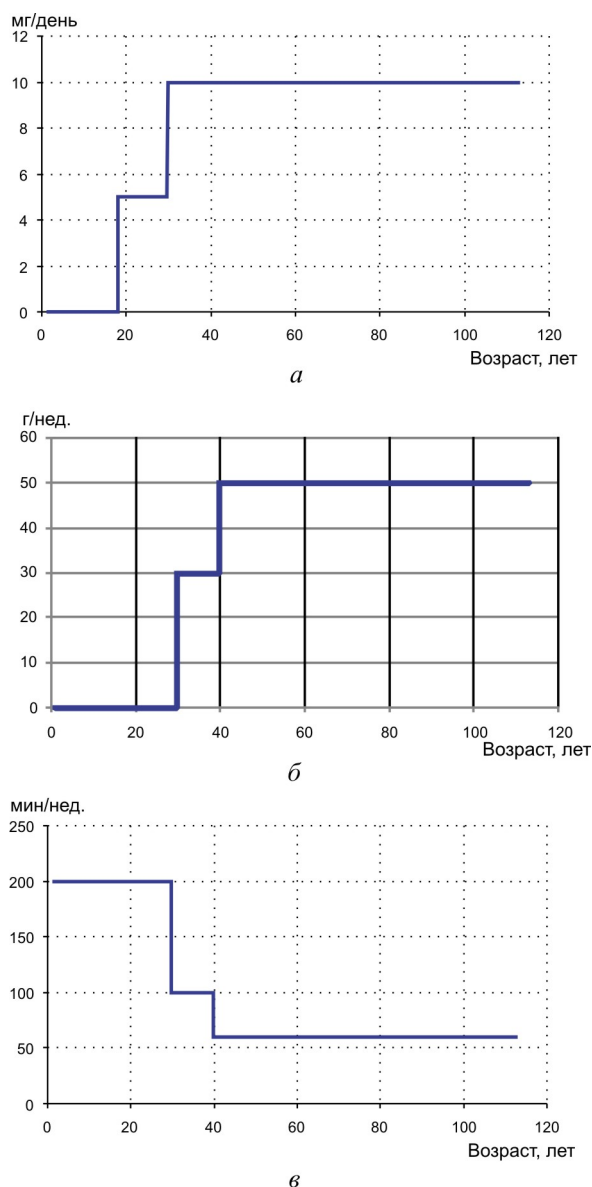


Рис. 2. Временное распределение факторов образа жизни: *а* – употребление никотина; *б* – употребление алкоголя; *в* – двигательная активность

ненной экспозиции установлены динамические закономерности изменения среднемесячных концентраций, определены параметры гармонической модели и выполнен расчет прогнозных оценок (рис. 3).

В качестве фоновых условий экспозиции принимали допустимые величины воздействия на уровне референтных концентраций химических веществ в атмосферном воздухе, предельно допустимого уровня шума и рекомендуемых безвредных параметров образа жизни.

Расчет интегрального риска проводился на основе реализации системы рекуррентных уравнений в виде программного модуля, выполненного в MS Excel. В результате получены эволюционные детерминированные модели риска при двух сценариях (фоновом и исследуемого) (рис. 4).

Расчет с использованием полученных моделей показателей дополнительного риска и приведенного индекса риска позволил установить, что при рассматриваемом сценарии воздействия неприемлемый (умеренный) риск здоровью формируется к возрасту 47 лет, а к 58 годам этот риск может быть охарактеризован как высокий (табл. 3).

Анализ структуры интегрального риска для данного сценария экспозиции показал, что наиболее значимыми факторами риска являются употребление алкоголя и шумовое загрязнение, которые формируют наибольший дополнительный интегральный риск для здоровья к 60 годам. Далее по степени опасности факторов риска расположились курение, снижение двигательной активности, загрязнение воздуха диоксидом азота и кадмием.

Дополнительный интегральный риск обусловлен в основном воздействием анализируемых факторов на сердечно-сосудистую систему, а также, в меньшей степени, на органы дыхания, эндокринную и пищеварительную системы.

Максимальный вклад в формирование риска вносят факторы образа жизни – употребление алкоголя, курение, недостаточная двигательная активность (рис. 5).

Показатели интегрального популяционного риска здоровью, рассчитанные в соответствии с разработанными методическими подходами [6], свидетельствуют о возможном увеличении заболеваемости населения к 60 годам болезнями системы кровообращения (до 577 ‰), органов пищеварения (до 234 ‰), дыхания (до 73 ‰). Уровни дополнительной смертности по причине указанных заболеваний могут составить соответственно 6, 1 и 0,3 ‰. В качестве дополнительной характеристики интегрального популяционного риска использована величина сокращения прогнозируемой

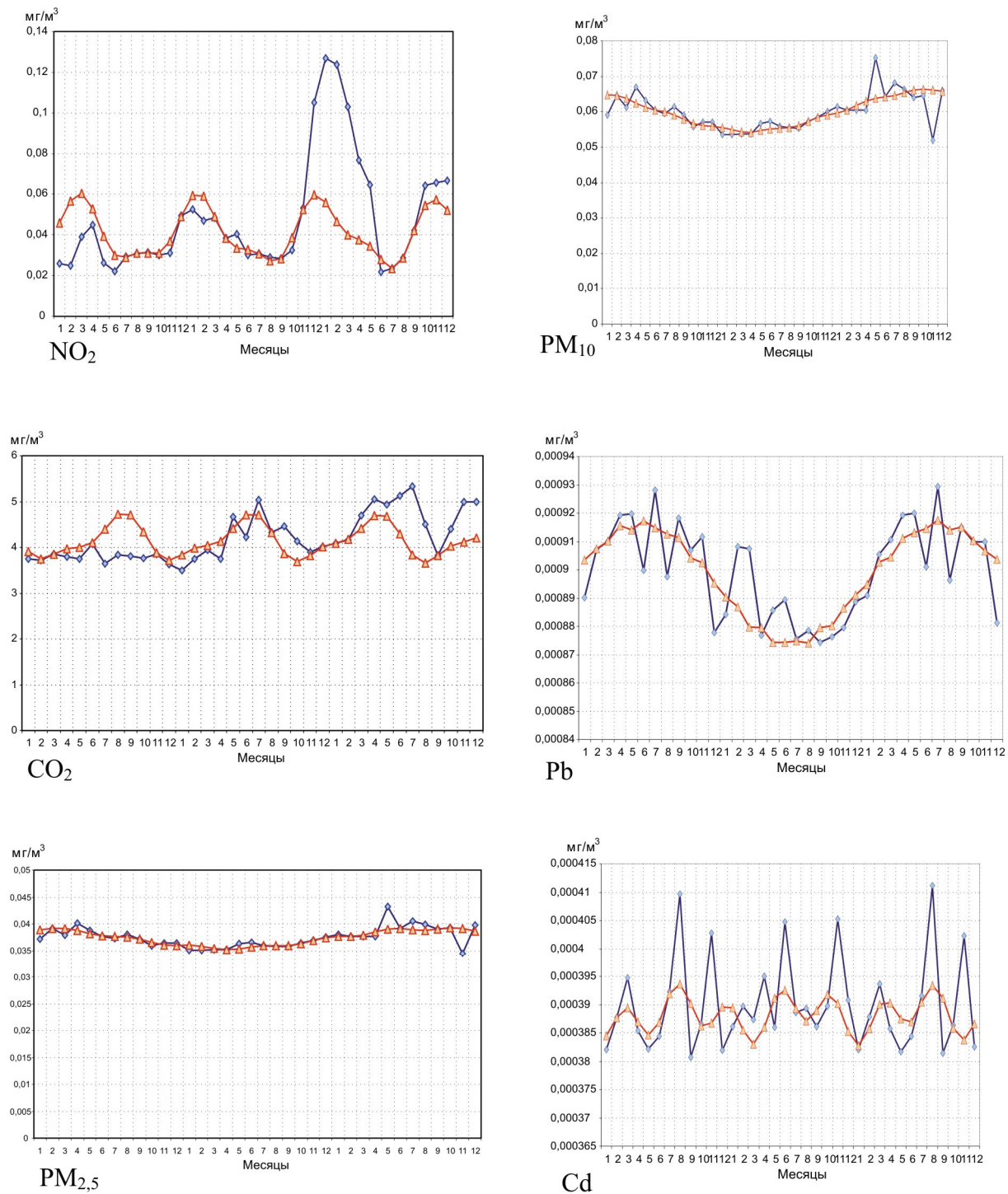


Рис. 3. Аппроксимация динамики концентраций химических веществ в атмосферном воздухе

Таблица 3

Результаты расчетов интегрального риска здоровью

Возраст, лет	Интегральный риск	Приведенный индекс риска	Характеристика риска
10	0,0206	0,0010	Пренебрежимо малый
20	0,0377	0,0044	Пренебрежимо малый
40	0,1005	0,0418	Пренебрежимо малый
50	0,2228	0,1383	Умеренный
60	0,5227	0,3924	Высокий

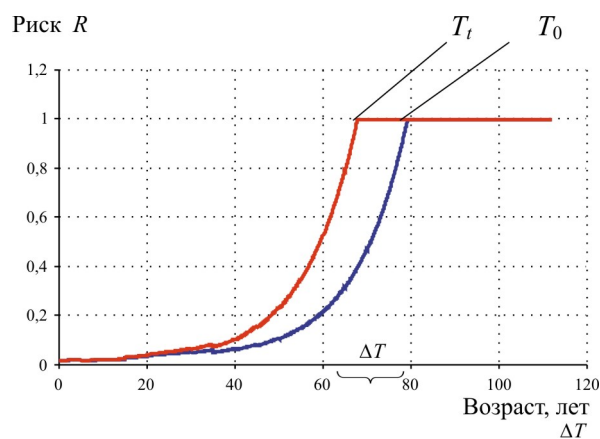


Рис. 4. Эволюционные детерминированные модели риска при двух сценариях (результаты расчетов)

продолжительности жизни, связанная с интегральным негативным воздействием факторов среды обитания. Для данного сценария эта величина составит в исследуемой популяции в среднем 12,3 г.

Выводы:

1. Моделирование эволюции риска является адекватным методом для оценки воздействия разнородных факторов среды обитания на здоровье населения, позволяющим количественно оценивать показатели индивидуального и популяционного риска, в том числе сокращение прогнозируемой продолжительности жизни.

2. Методические подходы к оценке риска воздействия разнородных факторов среды обитания позволяют оценивать его категории в соответствии с предложенной шкалой и моделировать изменение риска нарушения функций органов и систем организма человека в течение жизни.

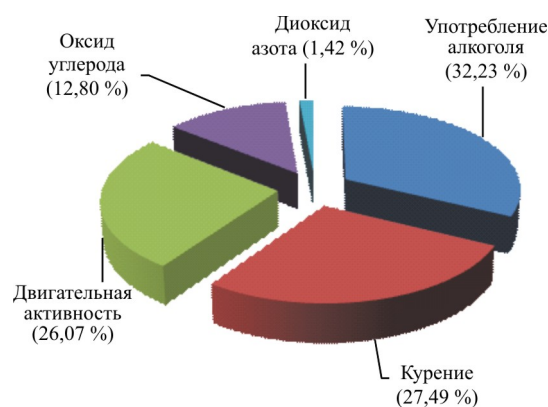


Рис. 5. Вклад разнородных факторов среды обитания в формирование интегрального риска здоровью при исследуемом сценарии экспозиции

3. В ходе апробации предложенных методических подходов на примере модельного сценария экспозиции показано, что сочетанное воздействие разнородных факторов среды обитания (загрязнение атмосферного воздуха, шум, употребление алкоголя, курение, недостаточная двигательная активность) может привести к формированию неприемлемого риска здоровью к возрасту 47 лет, а к 58 годам этот риск может быть охарактеризован как высокий.

4. Характеристика интегрального популяционного риска здоровью для исследуемого сценария свидетельствует о возможном увеличении заболеваемости населения к 60 годам болезнями системы кровообращения, пищеварения, дыхания. Уровни дополнительной смертности по причине указанных заболеваний могут составить соответственно 6, 1 и 0,3 %, что приведет к сокращению прогнозируемой продолжительности жизни в среднем на 12,3 г.

Список литературы

1. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/6/6000/> (дата обращения: 20.12.2012).
2. 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.
3. Зайцева Н.В., Трусов П.В., Кирьянов Д.А. Концептуальная математическая модель накопления нарушений функций организма, ассоциированных с факторами среды обитания // *Медицина труда и промышленная экология*. – 2012. – № 12. – С. 40–45.
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 // *Математическое моделирование и биоинформатика*. – 2012. – № 2. – С. 589–610.
5. Кирьянов Д.А., Сухарева Т.Н. Метод построения интегрального индекса функционального состояния мочевыделительной системы // *Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения в промышленно развитых регионах: материалы науч.-практ. конф. с международным участием / под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой*. – Пермь: Книжный формат, 2010. – 638 с.
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. – С. 4–6.

References

1. O sanitarno-epidemiologicheskom blagopoluchii naseleniya: Federal'nyy zakon ot 30 marta 1999 g. [On Health and Epidemiological Well-Being of the Population: the federal law as of March 30, 1999. № 52-FZ]. Available at: <http://files.stroyinf.ru/Data1/6/6000/>.
2. 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 integral health risk assessment based on mathematical evolutionary models]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2011, no. 10. pp. 6–9.
3. Zaytseva N.V., Trusov P.V., Kir'yanov D.A. Kontseptual'naya matematicheskaya model' nakopleniya narusheniy funktsiy organizma, assotsiirovannykh s faktorami sredy obitaniya [A conceptual mathematical model of the accumulation of disorders in the body functions associated with environmental factors]. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 12, pp. 40–45.
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 vneshnesredovykh faktorov [A mathematical model of the evolution of functional disorders in the human body, taking into account environmental factors]. *Matematicheskoe modelirovanie i bioinformatika*, 2012, no. 2, pp. 589–610.
5. Kir'yanov D.A., Sukhareva T.N. Metod postroeniya integral'nogo indeksa funktsional'nogo sostoyaniya mochevydelitel'noy sistemy [A method for constructing the integral index of the functional condition of the urinary system]. *Gigienicheskie i mediko-profilakticheskie tekhnologii upravleniya riskami zdorov'yu naseleniya v promyshlenno razvitykh regionakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Ed. G.G. Onishchenko, N.V. Zaytseva. Perm: Knizhnyy format, 2010. 638 p.
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 population health risk assessment based on evolutionary models]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 1, pp. 4–6.

METHODICAL APPROACHES TO HEALTH RISK ASSESSMENT OF HETEROGENEOUS ENVIRONMENTAL FACTORS BASED ON EVOLUTIONARY MODELS

**N.V. Zaitseva¹, P.V. Trusov², P.Z. Shur¹, D.A. Kiryanov¹,
V.M. Chigvintsev¹, M.Yu. Tsinker¹**

¹ Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk, Russian Federation,
82 Monastyrskaya St., Perm, 614045

² Perm National Research Polytechnic University, Russian Federation,
29 Komsomolskiy prospect, Perm, 614990

In this article, we consider methodical approaches to health risk assessment of a combined impact of environmental factors. The validation of the methodological approaches showed that they can be used to calculate the indicators of individual and population risk, life expectancy and to classify risk level in accordance with the proposed scale. We determined that individuals exposed to a complex of chemical factors of ambient air pollution, traffic noise and negative lifestyle factors develop an unacceptable (moderate) health risk by the age of 47 and a high health risk by the age of 58. The maximum contribution to the risk development is made by lifestyle factors – alcohol consumption, smoking, lack of physical activity. Life expectancy reduces by 12.3 years.

Keywords: health risk assessment, evolution of risk, integral risk, life expectancy, environmental factors.

© Zaitseva N.V., Trusov P.V., Shur P.Z., Kiryanov D.A., Chigvintsev V.M., Tsinker M.Yu., 2013

Zaitseva Nina Vladimirovna – Fellow of the Russian Academy of Medical Sciences, DSc, Professor, Center Director (tel/fax: 8 (342) 237-25-34, e-mail: znv@fcrisk.ru, root@fcrisk.ru).

Trusov Petr Valentinovich – DSc, professor, Head of Department of Systems and Processes Mathematical Modeling (tel.: 8 (342) 239-16-07, e-mail: tpv@matmod.pstu.ac.ru).

Shur Pavel Zalmanovich – DSc, professor, Secretary of the Academic Council, Head of Health Risk Analysis Department of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (e-mail: shur@fcrisk.ru, tel/fax: 8 (342) 237-25-34, 8 (342) 238-33-37).

Kiryanov Dmitry Alexandrovich – Ph.D. in Engineering, Head of Department of Systems and Processes Mathematical Modeling Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (e-mail: kda@fcrisk.ru, kir-da2010@rambler.ru, tel.: 8 (342) 237-18-04).

Chigvintsev Vladimir Michaylovich – fellow research of Department of Systems and Processes Mathematical Modeling Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (e-mail: cvm@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 237-18-04).

Cinker Michail Yur'evich – Junior research fellow of Department of Systems and Processes Mathematical Modeling Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (e-mail: cinker@fcrisk.ru, tel.: 8 (342) 237-18-04).