

Библиографическое описание согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018

Тасейко, О. В. Управление рисками сокращения продолжительности жизни / О. В. Тасейко, Е. Н. Бельская. – Текст : непосредственный. – DOI 10.15593/2499-9873/2024.2.07 // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2024. – № 2. – С. 96–109.



**пермский
политех** ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
И ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ
№ 2, 2024

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Научная статья

DOI: 10.15593/2499-9873/2024.2.07

УДК 612.06:614.8



Управление рисками сокращения продолжительности жизни

О.В. Тасейко, Е.Н. Бельская

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Российская Федерация

О СТАТЬЕ

Получена: 23 декабря 2023

Одобрена: 10 июня 2024

Принята к публикации:

10 июля 2024

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

равноценен.

Ключевые слова:

оценка риска, ожидаемая продолжительность жизни, факторы воздействия, атмосферные загрязнения, качество окружающей среды, управление рисками, санитарно-эпидемиологическое благополучие

АННОТАЦИЯ

Исследование направлено на разработку подходов управления рисками сокращения продолжительности жизни. Оценка рисков сокращения продолжительности жизни рассматривается как основа управления санитарно-гигиеническим благополучием населения. Разработаны алгоритмы управления и модели оценки риска сокращения продолжительности жизни с использованием контекстных диаграмм. Рассмотрена количественная модель оценки рисков сокращения продолжительности жизни, учитывающая характеристики негативных факторов окружающей среды и фоновые показатели здоровья населения территорий. Расчетные коэффициенты модели адаптированы к специфике данных санитарно-гигиенического мониторинга территорий РФ. Выполнена оценка рисков сокращения продолжительности жизни населения Сибирского федерального округа по четырем возрастным группам от воздействия загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота, являющегося одним из самых распространенных загрязняющих веществ. Оценка рисков выполнялась для болезней системы кровообращения и органов дыхания, характеризующихся наибольшей зависимостью состояния здоровья от влияния факторов окружающей среды.

Выполнено сопоставление полученных значений рисков для населения Сибирского федерального округа с рисками для населения стран Европы. Наибольшее значение рисков сокращения продолжительности жизни получены для женщин в возрастной группе 75 лет и мужчин в возрасте от 60 до 74 лет. Предложены мероприятия по управлению рисками сокращения продолжительности жизни.

© **Тасейко Ольга Викторовна** – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой «Безопасности жизнедеятельности», e-mail: taseiko@gmail.com, ORCID 0000-0002-0314-4881.

Бельская Екатерина Николаевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Безопасности жизнедеятельности», e-mail: ketrin_nii@mail.ru, ORCID 0000-0001-6829-3872.



Perm Polytech Style: Taseiko O.V., Bel'skaya E.N. Risk management of reduced life expectancy. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2024, no. 2, pp. 96–109. DOI: 10.15593/2499-9873/2024.2.07

MDPI and ACS Style: Taseiko, O.V.; Bel'skaya, E.N. Risk management of reduced life expectancy. *Appl. Math. Control Sci.* 2024, 2, 96–109. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2024.2.07>

Chicago/Turabian Style: Taseiko, Olga V., and Ekaterina N. Bel'skaya. 2024. "Risk management of reduced life expectancy". *Appl. Math. Control Sci.* no. 2: 96–109. <https://doi.org/10.15593/2499-9873/2024.2.07>



APPLIED MATHEMATICS
AND CONTROL SCIENCES

№ 2, 2024

<https://ered.pstu.ru/index.php/amcs>



Article

DOI: 10.15593/2499-9873/2024.2.07

UDC 612.06:614.8



Risk management of reduced life expectancy

O.V. Taseiko, E.N. Bel'skaya

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 23 December 2023

Approved: 10 June 2024

Accepted for publication:

10 July 2024

Funding

This research received no external funding.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Authors Contributions

equivalent.

Keywords:

risk assessment, life expectancy, impact factors, air pollution, environmental quality, risk management, sanitary and epidemiological well-being

ABSTRACT

The work is aimed to develop approaches the risk management of reduced life expectancy. The risk assessment of reduced life expectancy is considered as the basis for managing the sanitary and hygienic well-being of the population. Management algorithms and risk assessment models for life expectancy using context diagrams have been developed. A quantitative model the risks assessment of life expectancy is considered taking into account the characteristics of environmental factors and background indicators of the population health for the territories. The model is based on indicators of the relative risk of mortality caused the risk factor by age groups and causes of disease. The calculated coefficients of the model are adapted to the specifics data of the sanitary and hygienic monitoring of the territories of the Russian Federation.

An risk assessment of reducing the life expectancy was made of population of the Siberian Federal District in four age groups from the effects of air pollution by nitrogen dioxide, which is one of the most common pollutants. Risk assessments were carried out for diseases of the circulatory system and respiratory organs characterized by the greatest dependence of health on the influence of environmental factors.

The obtained risk values were compared with the risks for the population of European countries. The highest risk of reduced life expectancy was obtained for women older 75 years and men aged 60 to 74 years. Measures are proposed to manage the risks of life expectancy.

© **Olga V. Taseiko** – CSc of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Life Safety, e-mail: taseiko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0314-4881.

Ekaterina N. Bel'skaya – CSc of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety, e-mail: ketrin_nii@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6829-3872.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

Введение

В настоящее время многие города России сталкиваются с серьезными проблемами качества воздуха из-за высокого уровня атмосферных загрязнений. Выбросы автотранспорта являются самым быстрорастущим источником загрязнения в городах, много летучих органических соединений в атмосферу привносит промышленность и теплоэлектростанции. Антропогенное загрязнение окружающей среды оказывает выраженное воздействие на формирование популяционного здоровья и, как следствие, на продолжительность жизни населения. Вклад антропогенных факторов в формирование отклонений здоровья составляет от 10 до 57 % [1].

Применение методологии анализа риска для создания наиболее эффективных способов управления качеством окружающей среды в интересах охраны здоровья населения отличается от существующей в отечественной практике командно-административной системы управления. Внедрение риск-ориентированного подхода в практику контрольно-надзорной деятельности органов исполнительной власти Российской Федерации является составной частью реформирования системы государственного управления рисками разной природы [2].

Теория

Основой развития методологии оценки риска как инструмента управления качеством окружающей среды и обеспечением охраны здоровья населения являются «Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу», а также «Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года» [3; 4]. Эффективный процесс управления санитарно-эпидемиологической ситуацией и рисками для здоровья заключается в достаточной минимизации или предотвращении неблагоприятного воздействия факторов риска на население, а результатом управления является устойчивое развитие общества. Последнее подразумевает такие уровни медико-демографических показателей, которые свидетельствуют об отсутствии недопустимых рисков, формируемых средой обитания человека [5].

Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) является одной из составляющих измерения индекса человеческого развития нации, который публикуется в рамках Программы развития ООН с 1990 г. [6]. Для стран, где пенсионная система не учитывает показатели рисков долголетия (дожития) и не индексируется на показатели ОПЖ, увеличение продолжительности жизни представляет серьезную финансовую проблему [7].

Прямо или косвенно на продолжительность жизни оказывают влияние факторы, связанные с условиями внешней среды: климат, уровень санитарно-эпидемиологического благополучия, уровень медицинского обслуживания и его доступность; с образом жизни: профессия, уровень физической нагрузки, употребление наркотиков, алкоголя, курение; а также с индивидуальными показателями здоровья человека: генетические нарушения, хронические заболевания и т.п. (рис. 1). Наряду с другими мерами риска смерти индикатор риска сокращения продолжительности жизни (СПЖ) применяется при решении широкого круга научных и практических задач [8]. Для эффективного управления риском СПЖ необходим учет вклада каждого влияющего фактора с учетом возможных управляющих воздействий.

Увеличение ОПЖ сопровождается увеличением количества лет, проведенных с хорошей самооценкой здоровья, но большим количеством лет с длительными лимитирующими заболеваниями. Это предполагает увеличение потребностей в медицинской помощи для

людей с хроническими заболеваниями, учитывая рост числа пожилых людей. Социально-экономическое неравенство в отношении здоровья остается проблемой для повышения пенсионного возраста [9]. Общее увеличение продолжительности жизни людей в развитых странах привело к тому, что увеличилось количество людей, имеющих хронические заболевания, в первую очередь, онкологические и болезни системы кровообращения [10].



Рис. 1. Контекстная диаграмма системы управления риском СПЖ

В качестве одного из основных этапов управления рисками в работе выполнена оценка риска преждевременной смертности от болезней системы кровообращения (БСК) и органов дыхания (БОД), характеризующихся наибольшей чувствительностью к факторам окружающей среды, для населения субъектов Сибирского федерального округа (СФО) Российской Федерации.

Данные и методы

Во многих странах анализ рисков СПЖ основывается на показателях самооценки здоровья и смертности [8, 12, 13]. В мировой литературе преобладают исследования, основанные на субъективных оценках здоровья, хотя эти подходы подвергаются критике в связи с влиянием на эти оценки социально-экономического статуса населения [14]. В некоторых моделях для уточнения показателей риска СПЖ учитывают факторы образа жизни, такие как курение, употребление алкоголя, индивидуальные показатели здоровья, масса тела и др. [15; 16].

Для учета показателей риска сокращения продолжительности жизни в планировании национальных пенсионных программ используют модель смертности Ли-Картера и когортный метод, позволяющие оценить риск ОПЖ и риск долголетия. Увеличение ожидаемой продолжительности жизни на один год для людей старше 65 лет приводит к увеличению текущей стоимости пенсии на 3 % [7].

Принятый в международной статистике инструмент оценки ожидаемой продолжительности здоровой жизни базируется на официальной статистике заболеваемости и выявленных закономерностях ухудшения здоровья [17].

Европейским агентством по окружающей среде (ЕЕА) и Европейским тематическим центром (ЕТС) по здоровью человека в окружающей среде в отношении риска преждевременной смертности из-за воздействия загрязнения атмосферного воздуха рекомендована модель зависимости показателей здоровья от концентрации, которая основана на оценках относительных рисков (RR – *relative risk*), полученных на основе эпидемиологических исследований. Уровни смертности населения от влияния факторов окружающей среды могут

быть количественно определены путем объединения показателей, характеризующих состояние здоровья, половозрастную структуру, плотность населения и базовую частоту исходов для здоровья с данными о состоянии окружающей среды по субъектам (муниципальным образованиям) (рис. 2).

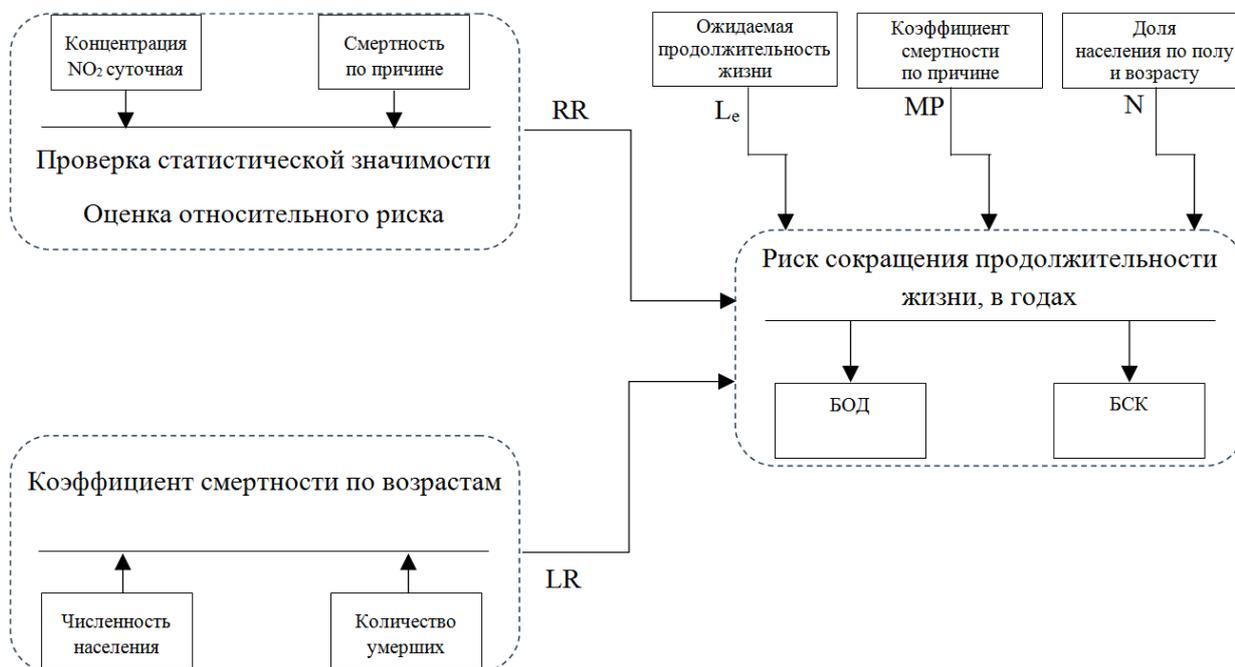


Рис. 2. Диаграмма модели оценки риска СПЖ

Субъекты РФ дифференцированы по уровню санитарно-эпидемиологического благополучия и образу жизни и обладают особенностями модифицирующего влияния данных факторов на показатель ОПЖ. Для каждого типа территорий определены приоритетные факторы, обеспечивающие отрицательный эффект на ОПЖ [11].

Для определения риска СПЖ в результате возникновения БСК (либо БОД) при негативном воздействии факторов окружающей среды, согласно [18], использовалось соотношение

$$R_n = \frac{RR_c - 1}{RR_c} L_e \sqrt[3]{MP \cdot N_{ПВ} \cdot MR},$$

где RR_c – относительный риск для населения от заданной причины; L_e – ожидаемая продолжительность жизни; $N_{ПВ}$ – доля населения по полу и возрасту к общей численности населения; MP – коэффициент смертности (по причине).

Возрастной коэффициент смертности MR определяется по формуле

$$MR = \frac{N}{1000} k_{см},$$

где N – численность населения, $k_{см}$ – кол-во умерших на 1000 человек населения.

Коэффициенты RR определяются на основе сопоставления суточных показателей смертности от причин, характеризующихся наибольшей чувствительностью к факторам окружающей среды, и влияющих переменных. В качестве влияющих переменных могут рассматриваться не только концентрации загрязняющих веществ, но и специфические климатические характеристики, для которых доказано влияние на показатели смертности [19].

Для решения поставленной задачи использовались данные о годовых концентрациях диоксида азота NO_2 в населенных пунктах СФО по данным государственной наблюдательной сети. Исследование проводилось для десяти субъектов Российской Федерации: Алтайский край, Иркутская область, Кемеровская область, Красноярский край, Новосибирская область, Омская область, Республика Алтай, Республика Тыва, Республика Хакасия, Томская область. Информация о структуре населения по численности, полу и возрасту, причинам и показателям смертности подбиралась на основе материалов Росстата [20; 21].

Диоксид азота является одним из самых распространенных загрязнителей атмосферы на сегодняшний день. Окислы азота (NO_x , NO и NO_2) образуются в результате процессов сгорания и выхлопов автомобилей и могут рассматриваться как индикатор выбросов автотранспорта [22]. Играют важную роль в химии тропосферы, в частности в процессах фотохимической генерации и разрушения озона. Концентрация окислов азота влияет на содержание свободных радикалов и на скорость удаления из загрязненного воздуха летучих органических соединений, в том числе – токсичных. Оксиды азота вызывают раздражение легких и уменьшают фиксацию молекул кислорода на эритроцитах. Монооксид азота нестабилен и быстро образует NO_2 , который является окисляющим газом. Среди всех газов, участвующих в загрязнении воздуха городской среды, NO_2 является соединением, обнаружение которого имеет первостепенное значение из-за его токсичности. NO_2 – вещество 3-го класса опасности, обладает неканцерогенным действием и имеет высокую химическую активность [23]. Эпидемиологические исследования доказали, что воздействие на здоровье NO_2 может рассматриваться независимо от воздействия других загрязнителей, и его долгосрочное воздействие связано с повышением риска смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний [24; 25].

Обобщенные результаты исследований, выполненных для населения Европы, Азии и Северной Америки, позволили получить относительный риск смертности от всех причин на уровне 1,06 (95%-ный доверительный интервал – ДИ: 1,04–1,08) при увеличении годовой концентрации NO_2 на $0,002 \text{ мг/м}^3$. Относительные риски сердечно-сосудистой и респираторной смертности на приращение концентрации диоксида азота на $0,002 \text{ мг/м}^3$ составили 1,11 (95 % ДИ: 1,07–1,16) и 1,05 (95 % ДИ: 1,02–1,08) соответственно [24; 25].

Полученные результаты

Значения ожидаемой продолжительности жизни L_e (по полу) для 2020 г. в целом по СФО составили: для мужчин – 64,34 года, для женщин – 74,81 года [21], данные по субъектам СФО приведены в табл. 1.

Таблица 1

Входные данные для модели оценки рисков СПЖ по субъектам СФО [21]

Параметр	Алтайский край	Иркутская область	Кемеровская область	Красноярский край	Новосибирская область	Омская область	Республика Алтай	Республика Тыва	Республика Хакасия	Томская область.
Структура населения	Значения ожидаемой продолжительности жизни по субъектам СФО									
мужчины	65,18	62,63	63,22	64,45	65,16	65,22	63,56	61,95	64,70	65,95
женщины	75,16	73,86	73,77	75,15	75,42	75,30	74,92	70,38	75,36	76,38
Группа болезней	Коэффициент смертности (по причине) по субъектам СФО									
БСК	0,431	0,451	0,496	0,469	0,508	0,406	0,368	0,362	0,487	0,455
БОД	0,071	0,035	0,051	0,057	0,046	0,053	0,048	0,062	0,062	0,087

Коэффициент смертности (по причине) – MP составил для БСК – 0,462 и БОД – 0,055 по СФО РФ, наибольшее значение коэффициентов по субъектам получено для БСК – в Новосибирской области, для БОД – в Томской области (табл. 1).

В работе анализировались четыре возрастные группы населения, характеризующиеся наибольшей зависимостью состояния здоровья от влияния факторов окружающей среды (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты смертности для групп половозрастной структуры населения (авторские результаты)

Пол	Возрастная группа	Алтайский край	Иркутская область	Кемеровская область	Красноярский край	Новосибирская область
Женщины	30–44	0,0028	0,0037	0,0040	0,0029	0,0024
	45–59	0,0067	0,0078	0,0076	0,0065	0,0064
	60–74	0,0218	0,0233	0,0232	0,0225	0,0211
	75 и более	0,118	0,1186	0,1108	0,1178	0,1173
Мужчины	30–44	0,0069	0,0092	0,0097	0,0074	0,0070
	45–59	0,0163	0,0198	0,0184	0,0177	0,0164
	60–74	0,0526	0,0567	0,0547	0,0538	0,0526
	75 и более	0,1735	0,1754	0,1508	0,1679	0,1682
Пол	Возрастная группа	Омская область	Республика Алтай	Республика Тыва	Республика Хакасия	Томская область
Женщины	30–44	0,0024	0,0028	0,0040	0,0030	0,0022
	45–59	0,0060	0,0065	0,0103	0,0069	0,0061
	60–74	0,0223	0,0203	0,0330	0,0219	0,0207
	75 и более	0,1238	0,1178	0,1236	0,1130	0,1084
Мужчины	30–44	0,0065	0,0075	0,0088	0,0072	0,0067
	45–59	0,0157	0,0165	0,0181	0,0175	0,0158
	60–74	0,0547	0,0517	0,0643	0,0543	0,0508
	75 и более	0,1843	0,1892	0,1479	0,1681	0,1484

В табл. 3 приведены сводные данные по расчету рисков СПЖ населения, связанных с болезнями системы кровообращения и органов дыхания при загрязнении атмосферного воздуха диоксидом азота (NO_2) за 2020 г. по Сибирскому федеральному округу в целом.

Таблица 3

Оценка рисков сокращения продолжительности жизни, связанных с воздействием диоксида азота (авторские результаты)

Пол	Возраст, лет	$(RRc - 1)/RRc$	MP БСК	MP БОД	Le	N	MR	$R_{п}$, лет БОД	$R_{п}$, лет БСК
Женщины	30–44	0,28	0,462	0,055	74,81	0,123	0,003	0,56	1,15
	45–59	0,50	0,462	0,055	74,81	0,102	0,007	1,26	2,57
	60–74	0,42	0,462	0,055	74,81	0,098	0,023	1,59	3,23
	75 и более	0,46	0,462	0,055	74,81	0,048	0,117	2,34	4,77
Мужчины	30–44	0,39	0,462	0,055	64,34	0,119	0,008	0,93	1,89
	45–59	0,43	0,462	0,055	64,34	0,087	0,017	1,20	2,44
	60–74	0,49	0,462	0,055	64,34	0,063	0,054	1,80	3,66
	75 и более	0,46	0,462	0,055	64,34	0,016	0,167	1,54	3,14

Наибольшее значение рисков сокращения продолжительности жизни (в годах) по обеим группам болезней наблюдается у женщин в возрастной группе 75 лет и более (4,77) и мужчин от 60 до 74 лет (3,66).

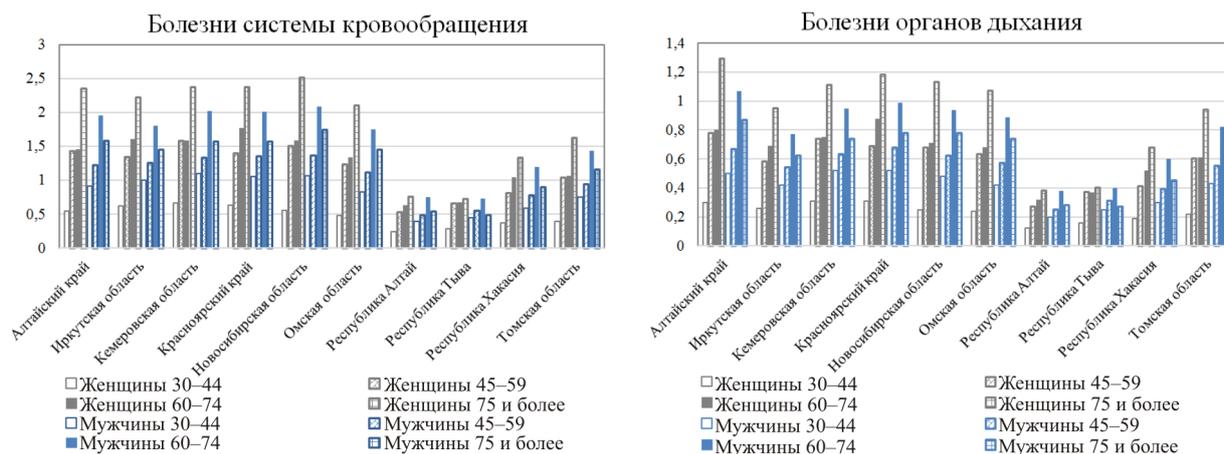


Рис. 3. Риски сокращения продолжительности жизни (в годах), вызванные воздействием NO_2 (авторские результаты)

На рис. 3 приведены данные по субъектам СФО. Риски СПЖ как для БСК, так и для БОД имеют максимальные уровни в Новосибирской и Кемеровской областях и в Красноярском крае.

Обсуждение

Диоксид азота является одним из приоритетных загрязнителей и входит в систему мониторинга качества атмосферного воздуха многих городов мира, вследствие чего включен во многие исследования по оценке рисков здоровью. Так, в 2020 г. воздействие NO_2 привело к 64 000 преждевременных смертей в 41 стране. В ЕС для населения 27 стран число преждевременных смертей составило 49 000. Наибольшие абсолютные последствия ингаляционного воздействия диоксида азота наблюдаются, в порядке убывания ранга, в Турции, Италии, Германии и Франции. При расчете на 100 000 жителей самые высокие показатели отмечены в Болгарии и Турции [18].

Общий уровень риска СПЖ Сибирского федерального округа Российской Федерации, полученный по вышепредставленному методу, сопоставим со значениями рисков СПЖ Европейского агентства по окружающей среде и Европейского тематического центра по здоровью человека и окружающей среде (табл. 4).

Таблица 4

Риски сокращения продолжительности жизни

Страна	Потерянных лет жизни на 100 000 жителей	R_n
СФО, Россия	212	$2,12 \cdot 10^{-3}$
Босния и Герцеговина	189	$1,89 \cdot 10^{-3}$
Бельгия	94	$0,94 \cdot 10^{-3}$
Болгария	297	$2,97 \cdot 10^{-3}$
Швейцария	78	$0,78 \cdot 10^{-3}$
Германия	140	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Франция	87	$0,87 \cdot 10^{-3}$
Венгрия	189	$1,89 \cdot 10^{-3}$
Италия	210	$2,1 \cdot 10^{-3}$
Косово	160	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Турция	302	$3,02 \cdot 10^{-3}$

Риски сокращения продолжительности жизни от влияния факторов окружающей среды косвенно характеризуют общий уровень качества жизни населения исследуемой территории.

Значение риска СПЖ для СФО получено достаточно высокое с учетом того, что в данной работе учитывался лишь один приоритетный поллютант. Комплексная оценка вклада факторов ингаляционного воздействия в риски сокращения продолжительности жизни увеличит полученный показатель на порядок. При этом результаты оценки относительных рисков смертности от каждого фактора окружающей среды показали более существенное влияние климатических факторов, по сравнению с загрязнением воздуха, для жителей СФО [19]. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования системы санитарно-гигиенического мониторинга городов СФО с целью оценки медико-демографических тенденций региона. Система управления охраной здоровья должна включать влияние климатических факторов на здоровье населения для регионов с резко континентальным климатом, к которым относится территория СФО.

Заключение

Мероприятия, направленные на снижение уровней рисков СПЖ от ингаляционного воздействия, определены федеральными нормативно-правовыми актами Российской Федерации. Контроль за их исполнением осуществляют соответствующие федеральные органы исполнительной власти и организационно-координационные учреждения здравоохранения. Уточнение управляющих действий определяется в зависимости от выбранного метода управления рисками (табл. 5) [5].

Таблица 5

Мероприятия по управлению рисками сокращения продолжительности жизни от ингаляционного воздействия

Метод управления рисками	Управляющее действие	Законодательная база	Контролирующее ведомство
Уклонение от рисков	Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование	№ 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»	Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
	Гигиеническое воспитание и обучение населения и пропаганда здорового образа жизни	№ 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»	Министерство просвещения РФ, Министерство науки и высшего образования РФ, Центры медицинской профилактики, Министерство здравоохранения РФ
Компенсация рисков	Привлечение к ответственности за нарушение законодательства Российской Федерации в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения		Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
	Предъявление исков о возмещении вреда окружающей среде	№ 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»	Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Природоохранная прокуратура, Следственный комитет РФ
Локализация рисков	Разработка и реализация федеральных и региональных целевых программ охраны атмосферного воздуха		Министерство природных ресурсов и экологии РФ

Одним из направлений санитарно-эпидемиологического нормирования как инструмента управления рисками является внедрение в практику природоохранных органов нор-

мативов качества окружающей среды, полученных на основе методологии оценки рисков [26]. Рассмотренные методы являются общими для всех уровней управления рисками.

Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения как важнейшей составляющей сбережения здоровья нации и развития человеческого потенциала также требует переосмысления механизмов управления с учетом подходов к оценке риска здоровью [27].

Список литературы

1. Лещук, С.И. Оценка влияния загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения / С.И. Лещук, Д.Ц. Очиржапова // Вестник Сибирской академии права, экономики и управления. – 2012. – № 1(5). – С. 64–67.
2. Актуальные проблемы управления рисками здоровью населения в России / В.Н. Ракитский, С.Л. Авалиани, Т.А. Шашина, Н.С. Додина // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97(6). – С. 572–575. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-6-572-575
3. Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу / утв. Президентом РФ 01.11.2013 г. № Пр-2573. – М., 2023.
4. Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года / утв. Президентом РФ 30.04.2012 г. – М., 2012.
5. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография / Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, И.В. Май [и др.]; под общ. ред. Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцевой. – М.; Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 738 с.
6. Human Development Report 2021–2022. Technical Notes [Электронный ресурс]. – URL: https://hdr.undp.org/sites/default/files/2021-22_HDR/hdr2021-22_technical_notes.pdf (accessed 13 November 2023).
7. Непараметрическая оценка сокращения ожидаемой продолжительности жизни российских участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС / А.М. Корело, М.А. Максютов, К.А. Туманов [и др.] // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2020. – Т. 29, № 3. – С. 14–26. DOI: 10.21870/0131-3878-2020-29-3-14-26
8. Kulekci, B.Y. Assessment of longevity risk: credibility approach / B.Y. Kulekci, A.S. Selcuk-Kestel // Journal of applied statistics. – 2021. – Vol. 48, no. 13–15. – P. 2695–2713. DOI: 10.1080/02664763.2021.1922613
9. Decennial trends and inequalities in healthy life expectancy: The HUNT Study, Norway / S.H. Storeng, S. Krorstad, S. Westin, E.R. Sund // Scandinavian Journal of Public Health. – 2017. – P. 1–8. DOI: 10.1177/1403494817695911
10. Crimmins, E.M. Lifespan and health span: past, present, and promise / E.M. Crimmins // Gerontologist. – 2015. – Vol. 55, no. 6. – P. 901–911. DOI: 10.1093/geront/gnv130
11. Клейн С.В. Ожидаемая продолжительность жизни в субъектах Российской Федерации с различным уровнем санитарно-эпидемиологического благополучия и образа жизни населения. Резервы управления // С.В. Клейн, Г.Г. Онищенко, Н.В. Зайцева, М.В. Глухих / Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 18–32.
12. Kim, J.H. Subjective life expectancy is a risk factor for perceived health status and mortality / J.H. Kim, J.M. Kim // Health and Quality of Life Outcomes. – 2017. – Vol. 15(190). – P. 1–7. DOI: 10.1186/s12955-017-0763-0

13. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 315 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE), 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 // *Lancet*. – 2016. – Vol. 388. – P. 1603–1658.

14. Рамонов, А.В. Ожидаемая продолжительность здоровой жизни как интегральная оценка здоровья россиян / А.В. Рамонов // *Экономический журнал ВШЭ*. – 2011. – № 4. – С. 497–518.

15. The Impact of 51 Risk Factors on Life Expectancy in Canada: Findings from a New Risk Prediction Model Based on Data from the Global Burden of Disease Study / J.A. Коpec, E.C. Sayre, B. Shams, L.C. Li, H. Xie, L.M. Feehan, J.M. Esdaile // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2022. – Vol. 19. – P. 8958. DOI: 10.3390/ijerph19158958

16. МР 2.1.10.0033-11. 2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска, связанного с воздействием факторов образа жизни на здоровье населения: методические рекомендации» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4633 (дата обращения: 15.11.2023).

17. Синдяшкина, Е.Н. Ожидаемая продолжительность здоровой жизни в контексте десятилетия здорового старения ООН / Е.Н. Синдяшкина // *Анализ и прогноз. Журнал ИМЭМО РАН*. – 2022. – № 1. – С. 40–53.

18. Health risk assessment of air pollution and the impact of the new WHO guidelines (Eionet Report – ETC HE 2022/10) / J. Soares, A. González Ortiz, A. Gsella, J. Horálek, D. Plass, S. Kienzler // *European Topic Centre on Human Health and the Environment*, 2022.

19. Тасейко, О.В. Оценка влияния факторов окружающей среды на показатели смертности населения старших возрастных групп на примере Г. Красноярска / О.В. Тасейко, Д.А. Черных // *Проблемы управления*. – 2021. – № 5. – С. 60–69. DOI: 10.25728/ru.2021.5.5

20. Управление федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва [Электронный ресурс]. – URL: <https://krasstat.gks.ru/folder/30015> (дата обращения: 10.08.2023).

21. Единая база частной системы здравоохранения [Электронный ресурс]. – URL: <https://statprivat.ru/demo2020?r=2> (дата обращения: 10.08.2023).

22. Trends in air pollutants and health impacts in three Swedish cities over the past three decades / H. Olstrup, B. Forsberg, H. Orru, M. Spanne, H. Nguyen, P. Molnár, C. Johansson // *Atmos. Chem. Phys*. – 2018. – Vol. 18. – P. 15705–15723. DOI: 10.5194/acp-18-15705-2018

23. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания / утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации №2 от 28.01.2021. – М., 2021.

24. Long-term exposure to nitrogen dioxide and mortality: A systematic review and meta-analysis / S. Huang, H. Li, M. Wang, Y. Qian, K. Steenland, W.M. Caudle, Y. Liu, J. Sarnat, S. Papatheodorou, L. Shi // *Sci Total Environ*. – 2021. – Vol. 776. – P. 145968. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145968

25. A Direct Estimate of the Impact of PM_{2.5}, NO₂, and O₃ Exposure on Life Expectancy Using Propensity Scores / J.D. Schwartz, Q. Di, W.J. Requia, F. Dominici, A. Zanobetti // *Epidemiology*. – 2021. – Vol. 32(4). – P. 469–476. DOI: 10.1097/EDE.0000000000001354

26. Определение нормативов качества окружающей среды на основе риск-ориентированного подхода / Ю.И. Шокин, В.В. Москвичев, О.В. Тасейко, Е.Н. Бельская // *Вест-*

ник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90, № 12. – С. 1146–1155. DOI: 10.31857/S0869587320120245

27. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения / Н.В. Зайцева, Г.Г. Онищенко, И.В. Май, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 4–20. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.01

References

1. Leshchuk S. I., Ochirzhapova D. Ts. Assessment of the impact of polluted atmospheric air on public health, *Vestnik Sibirskoi akademii prava, ekonomiki i upravleniya*, 2012, no. 1(5), pp. 64-67.

2. Rakitsky V.N., Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S. Current problems of managing public health risks in Russia. *Gigiena i sanitariya*, 2018, no. 97(6), pp. 572-575. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-572-575>.

3. “Fundamentals of state policy in the field of ensuring chemical and biological safety of the Russian Federation for the period up to 2025 and beyond” *Osnovy gosudarstvennoi politiki v oblasti obespecheniya khimicheskoi i biologicheskoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii na period do 2025 goda i dal'neishuyu perspektivu. (utv. Prezidentom RF 01.11.2013, no. Pr-2573)*.

4. “Fundamentals of state policy in the field of environmental development of the Russian Federation for the period until 2030” *Osnovy gosudarstvennoi politiki v oblasti ekologicheskogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda (utv. Prezidentom RF 30.04.2012)*.

5. Health risk analysis in the strategy of state socio-economic development: monograph / G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva, I.V. Mai [etc.] ; ed. by G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva. *Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya : monografiya / G.G. Onishchenko, N.V. Zaitseva, I.V. Mai [i dr.] ; pod obshch. red. G.G. Onishchenko, N.V. Zaitsevoi.* – M.; Perm: Perm Publishing House. national research Polytechnic Univ., 2014, 738 p.

6. Human Development Report 2021-2022. *Technical Notes*. URL: https://hdr.undp.org/sites/default/files/2021-22_HDR/hdr2021-22_technical_notes.pdf (accessed 13 November 2023).

7. Korelo A. M., Maksyutov M. A., Tumanov K. A. i dr. Nonparametric assessment of the reduction in life expectancy of Russian participants in the liquidation of the consequences of the Chernobyl accident. *Radiatsiya i risk (Byulleten' Natsional'nogo radiatsionno-epidemiologicheskogo registra)*, 2020. Vol. 29, no. 3, pp. 14-26. DOI 10.21870/0131-3878-2020-29-3-14-26.

8. Kulekci B. Y., Selcuk-Kestel A. S. Assessment of longevity risk: credibility approach. *Journal of applied statistics*. 2021, Vol. 48, Nos. 13–15, pp. 2695–2713. DOI: <https://doi.org/10.1080/02664763.2021.1922613>

9. Storeng S. H., Krorstad S., Westin S., Sund E. R. Decennial trends and inequalities in healthy life expectancy: The HUNT Study, Norway. *Scandinavian Journal of Public Health*, 2017, pp. 1–8, DOI: 10.1177/1403494817695911.

10. Crimmins E. M. Lifespan and health span: past, present, and promise. *Gerontologist*, 2015, Vol. 55, No. 6, pp. 901–911. DOI: 10.1093/geront/gnv130

11. Klein S.V., Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., Deaf M.V. Life expectancy in the constituent entities of the Russian Federation with different levels of sanitary and epidemiological well-being and lifestyle of the population. Management reserves. *Analiz riska zdorov'yu*. 2022. no 4. pp. 18-32. URL: <https://journal.fcisk.ru/sites/journal.fcisk.ru/files/upload/article/644/health-risk-analysis-2022-4-2.pdf> (accessed 15 November 2023).

12. Kim J.H., Kim J.M. Subjective life expectancy is a risk factor for perceived health status and mortality. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2017, 15:190. pp. 1-7. DOI: 10.1186/s12955-017-0763-0.
13. Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 315 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE), 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 *Lancet* 2016, V. 388, I. 10053: pp. 1603–1658
14. Ramonov A.V. Healthy life expectancy as an integral assessment of the health of Russians. *Ekonomicheskii zhurnal VShE*, 2011, no. 4. pp. 497-518 (in Russian).
15. Kopec J.A., Sayre E.C., Shams B., Li L. C., Xie H., Feehan L. M., Esdaile J. M. The Impact of 51 Risk Factors on Life Expectancy in Canada: Findings from a New Risk Prediction Model Based on Data from the Global Burden of Disease Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022, no.19, 8958 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19158958>
16. "MR 2.1.10.0033-11. 2.1.10. State of public health in connection with the state of the environment and living conditions of the population. Risk assessment associated with the impact of lifestyle factors on public health. *Metodicheskie rekomendatsii*. – URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4633 (accessed 15 November 2023).
17. Sindyashkina E. N. Healthy life expectancy in the context of the UN Decade of Healthy Aging. *Analiz i prognoz. Zhurnal IMEMO RAN*, 2022, no. 1. pp. 40-53.
18. Soares, J., González Ortiz, A., Gsella, A., Horálek, J., Plass, D. & Kienzler, S. (2022). Health risk assessment of air pollution and the impact of the new WHO guidelines (Eionet Report – ETC HE 2022/10). European Topic Centre on Human Health and the Environment.
19. Тасейко, О. В. Оценка влияния факторов окружающей среды на показатели смертности населения старших возрастных групп на примере Г. Красноярска / О. В. Тасейко, Д. А. Черных // Проблемы управления. – 2021. – № 5. – С. 60-69. – DOI 10.25728/pu.2021.5.5.
19. Taseiko O. V., Chernykh D. A. Assessment of the influence of environmental factors on mortality rates of the population of older age groups using the example of Krasnoyarsk. *Problemy upravleniya*. 2021, no. 5, pp. 60-69. DOI: 10.25728/pu.2021.5.5.
20. Department of the Federal State Statistics Service for the Krasnoyarsk Territory, the Republic of Khakassia and the Republic of Tyva. *Upravlenie federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Krasnoyarskomu krayu, respublike Khakasiya i respublike Tyva*. URL: <https://krasstat.gks.ru/folder/30015> (accessed 10 August 2023).
21. Unified base of the private healthcare system. *Edinaya baza chastnoi sistemy zdravookhraneniya*. URL: <https://statprivat.ru/demo2020?r=2> (accessed 10 August 2023).
22. Olstrup H., Forsberg B., Orru H., Spanne M., Nguyen H., Molnár P. and Johansson C. Trends in air pollutants and health impacts in three Swedish cities over the past three decades. *Atmos. Chem. Phys.*, 2018, no. 18, pp. 15705–15723. DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-18-15705-2018>
23. Sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans” were approved by Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation. *Sanitarnye pravila i normy SanPiN 1.2.3685-21 «Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya» utverzhdeny Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiiskoi Federatsii No. 2 dated January 28, 2021.*

24. Huang S, Li H, Wang M, Qian Y, Steenland K, Caudle WM, Liu Y, Sarnat J, Papatheodorou S, Shi L. Long-term exposure to nitrogen dioxide and mortality: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ.* 2021, Jul 1, 776: 145968. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145968.

25. Schwartz JD, Di Q, Requia WJ, Dominici F, Zanobetti A. A Direct Estimate of the Impact of PM_{2.5}, NO₂, and O₃ Exposure on Life Expectancy Using Propensity Scores. *Epidemiology.* 2021, Jul 1, no. 32(4) pp.469-476. DOI: 10.1097/EDE.0000000000001354.

26. Shokin Yu. I., Moskvichev V. V., Taseiko O. V., Belskaya E. N. Determination of environmental quality standards based on a risk-based approach. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Vestnik Rossiiskoi akademii nauk.* 2020, Vol. 90, no. 12, pp. 1146-1155. DOI: 10.31857/S0869587320120245.

27. Zaitseva N.V., Onishchenko G.G., May I.V., Shur P.Z. Development of a methodology for analyzing health risks in the tasks of state management of sanitary and epidemiological well-being of the population. *Health risk analysis. Analiz riska zdorov'yu.* 2022, no. 3, pp. 4-20. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.01