

© Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А., Цепилова Т.М., Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А., Бармин Ю.Я., Малых О.Л., Кузьмина Е.А., 2020

УДК 614.77(470.54)

Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» на примере Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил

С.В. Ярушин¹, Д.В. Кузьмин¹, А.А. Шевчик¹, Т.М. Цепилова¹, В.Б. Гурвич¹, Д.Н. Козловских², И.А. Власов², Ю.Я. Бармин⁴, О.Л. Малых², Е.А. Кузьмина³

¹ФБУН «Екатеринбургский медицинский - научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, ул. Попова, д. 30, г. Екатеринбург, 620014, Российская Федерация

²Управление Роспотребнадзора по Свердловской области, пер. Отдельный, д. 3, г. Екатеринбург, 620078, Российская Федерация

³ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, Варшавское шоссе, д. 19А, г. Москва, 117105, Российская Федерация

⁴Территориальный отдел управления Роспотребнадзора по Свердловской области, ул. Октябрьской революции, д. 86, г. Нижний Тагил, 622036, Российская Федерация

Резюме: Введение. Ключевые вопросы оценки результативности и экономической эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» по критериям здоровья населения рассмотрены на примере реализации Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил. *Материалы и методы.* Отработаны методические подходы и рассмотрены практические аспекты оценки реализации выполненных в 2018–2019 гг. мероприятий на ключевых промышленных предприятиях города, формирующих на 95 процентов выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников. *Результаты исследования.* Выполнение сводного расчета загрязнения атмосферного воздуха, расчет на его основе канцерогенных и неканцерогенных аэрогенных рисков для здоровья населения, включая остаточные риски, оценка влияния качества атмосферного воздуха на показатели смертности и заболеваемости в городе, экономическая оценка предотвращенных с помощью выполненных мероприятий случаев заболеваний и преждевременных случаев смерти позволили не только оценить эффекты для здоровья, но и выработать рекомендации для промышленных предприятий по разработке и реализации мероприятий, направленных на повышение результативности и эффективности их деятельности по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с точки зрения улучшения состояния здоровья населения в городе. *Выводы.* Обоснованы предложения по необходимости и достаточности реализации корректирующих мероприятий, обеспечивающих достижение приемлемых уровней риска для здоровья населения как целевых показателей Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижнем Тагиле в период до 2024 года и в последующий период.

Ключевые слова: Федеральный проект «Чистый воздух», качество атмосферного воздуха, аэрогенный риск для здоровья населения, предотвращенный экономический ущерб.

Для цитирования: Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А., Цепилова Т.М., Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А., Бармин Ю.Я., Малых О.Л., Кузьмина Е.А. Ключевые аспекты оценки результативности и эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» на примере Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижний Тагил // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9(330). С. 48–60. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60>

Key Aspects of Assessing Effectiveness and Efficiency of Implementation of the Federal Clean Air Project on the Example of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil

S.V. Yarushin¹, D.V. Kuzmin¹, A.A. Shevchik¹, T.M. Tsepilova¹, V.B. Gurvich¹, D.N. Kozlovskikh², I.A. Vlasov², Yu.Ya. Barmin⁴, O.L. Malykh², E.A. Kuzmina³

¹Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

²Sverdlovsk Regional Rospotrebnadzor Office, 3 Otdelny Lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation

³Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 19a Varshavskoe Shosse, Moscow, 117105, Russian Federation

⁴Territorial Department of the Sverdlovsk Regional Rospotrebnadzor Office, 86 Oktyabrskoy Revolyutsii Street, Nizhny Tagil, 622036, Russian Federation

Summary. *Introduction:* Key issues of assessing effectiveness and economic efficiency of implementing the Federal Clean Air Project by public health criteria are considered based on the example of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan realized in the city of Nizhny Tagil, Sverdlovsk Region. *Materials and methods:* We elaborated method approaches and reviewed practical aspects of evaluating measures taken in 2018–2019 at key urban industrial enterprises accounting for 95 % of stationary source emissions. *Results:* Summary calculations of ambient air pollution and carcinogenic and non-carcinogenic inhalation health risks including residual risks, evaluation of the impact of air quality on urban mortality and morbidity rates, economic assessment of prevented morbidity and premature mortality cases have enabled us not only to estimate health effects but also to develop guidelines for development and implementation of actions aimed at enhancing effectiveness and efficiency of industrial emission reduction in terms of health promotion of the local population. *Conclusions:* We substantiate proposals for the necessity and sufficiency of taking remedial actions ensuring achievement of acceptable health risk levels as targets of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil until 2024 and beyond.

Keywords: Federal Clean Air Project, ambient air quality, inhalation health risk, averted economic damage.

For citation: Yarushin SV, Kuzmin DV, Shevchik AA, Tsepilova TM, Gurvich VB, Kozlovskikh DN, Vlasov IA, Barmin YuYa, Malykh OL, Kuzmina EA. Key aspects of assessing effectiveness and efficiency of implementation of the Federal Clean Air Project on the example of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (9(330)):48–60. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-48-60>

Author information: Yarushin S.V., <https://orcid.org/0000-0001-8215-9944>; Kuzmin D.V., <https://orcid.org/0000-0002-3613-8330>; Shevchik A.A., <https://orcid.org/0000-0002-4380-1575>; Tsepilova T.M., <https://orcid.org/0000-0002-1678-3180>; Gurvich V.B., <https://orcid.org/0000-0002-6475-7753>; Kozlovskikh D.N., <https://orcid.org/0000-0003-0360-7695>; Vlasov I.A., <https://orcid.org/0000-0003-3816-5292>; Barmin Yu.Ya., <https://orcid.org/0000-0002-2766-6676>; Malykh O.L., <https://orcid.org/0000-0001-8394-627X>; Kuzmina E.A., <https://orcid.org/0000-0002-0723-8674>.

Введение. Целевые показатели и стратегические задачи, решение которых предусмотрено реализацией федеральных проектов национального проекта «Экология», включая реализацию федерального проекта «Чистый воздух», ориентированы на позитивную динамику показателей продолжительности жизни населения, снижение смертности и заболеваемости, достижение приемлемых уровней риска для здоровья населения в результате воздействия факторов загрязнения среды обитания человека [1]. Достижение этих показателей в городах — участниках федерального проекта «Чистый воздух» (Братск, Красноярск, Норильск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Омск, Челябинск, Череповец, Чита) предусматривается путем реализации Комплексных планов мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на период до 2024 года. При этом ставится цель снижения совокупного объема выбросов не менее чем на 20 % относительно уровня 2017 года. Такие комплексные планы утверждены заместителем Председателя Правительства Российской Федерации в конце 2018 года для каждого из городов.

Непосредственные задачи федерального проекта «Чистый воздух» не предусматривают достижения напрямую показателей, обеспечивающих санитарно-эпидемиологическое благополучие и улучшение состояния здоровья населения, однако направлены на достижение, как и иные федеральные проекты национальных проектов, национальных целей Российской Федерации по увеличению ожидаемой продолжительности жизни и снижению смертности и заболеваемости. К таким целевым показателям по результатам реализации Комплексных планов мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (далее — Комплексный план) относятся:

- снижение смертности населения, обусловленной химическим загрязнением атмосферного воздуха;
- снижение заболеваемости всего населения и детского населения в связи с химическим загрязнением атмосферного воздуха;
- достижение приемлемого уровня аэрогенного неканцерогенного риска для здоровья населения;
- достижение приемлемого уровня аэрогенного канцерогенного риска для здоровья населения;
- увеличение предотвращенного экономического ущерба для здоровья населения.

С этих позиций предусматривается оценивать результативность и экономическую эффективность выполнения предусмотренного комплекса мероприятий по улучшению качества атмосферного воздуха в городах — участниках федерального проекта «Чистый воздух».

Для каждого из городов Комплексные планы включают мероприятия по проведению сводных расчетов приземных концентраций загрязняющих веществ и оценки аэрогенного риска для здоровья населения, которые выполняются до и после снижения валового объема выбросов загрязняющих веществ и снижения уровня загрязнения атмосферы, а также мероприятия по мониторингу качества атмосферного воздуха и рисков для здоровья населения в рамках веде-

ния социально-гигиенического мониторинга в субъектах Российской Федерации. Результаты реализации этих мероприятий являются основой для проведения оценки результативности и экономической эффективности выполнения предусмотренных природоохранных мероприятий. Эта оценка реализации Комплексных планов рассматривается как элемент анализа риска для здоровья населения и выполняется во взаимосвязи с этапами его проведения, включая оценку риска для здоровья населения, мониторинг и обеспечение управления риском с необходимым информированием об уровнях риска для здоровья и принимаемых мерах по его минимизации.

Обобщенная схема обеспечения управления аэрогенным риском для здоровья населения и оценки результативности и экономической эффективности Комплексных планов на основании оценки риска здоровью населения приведена на рисунке.

Предусматривается, что оценка результативности и экономической эффективности Комплексных планов мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух проводится:

- при формировании и корректировке Комплексных планов для прогноза достижения целевых показателей и решения стратегических задач улучшения качества среды обитания человека и состояния здоровья населения;
- ежегодно по результатам выполнения Комплексных планов и принятия при необходимости корректирующих мероприятий;
- по результатам реализации Комплексных планов за весь период их реализации с оценкой по критериям здоровья населения.

Величины целевых показателей результативности соответствуют значениям риска для здоровья населения при условии достижения показателей улучшения качества атмосферного воздуха, предусмотренных стратегическими задачами и целевыми показателями, в частности, для городов — участников федерального проекта «Чистый воздух» — снижение валового выброса загрязняющих веществ на 20 процентов и исключение из списка городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Применяемые методические подходы к оценке экономической эффективности основаны на использовании методов «затраты — эффективность» и «затраты — выгоды» при оценке повышения качества и снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха, соответственно снижения аэрогенного риска для здоровья населения и учитывают требования, опыт и практику их использования при принятии управленческих решений по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения в отдельных субъектах Российской Федерации.

Целью проведенного исследования являлась отработка методических подходов к оценке результативности и экономической эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» по критериям здоровья населения и экономической эффективности на примере выполнения Комплексного плана мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха в городе Нижнем Тагиле в 2018 и 2019 гг. с

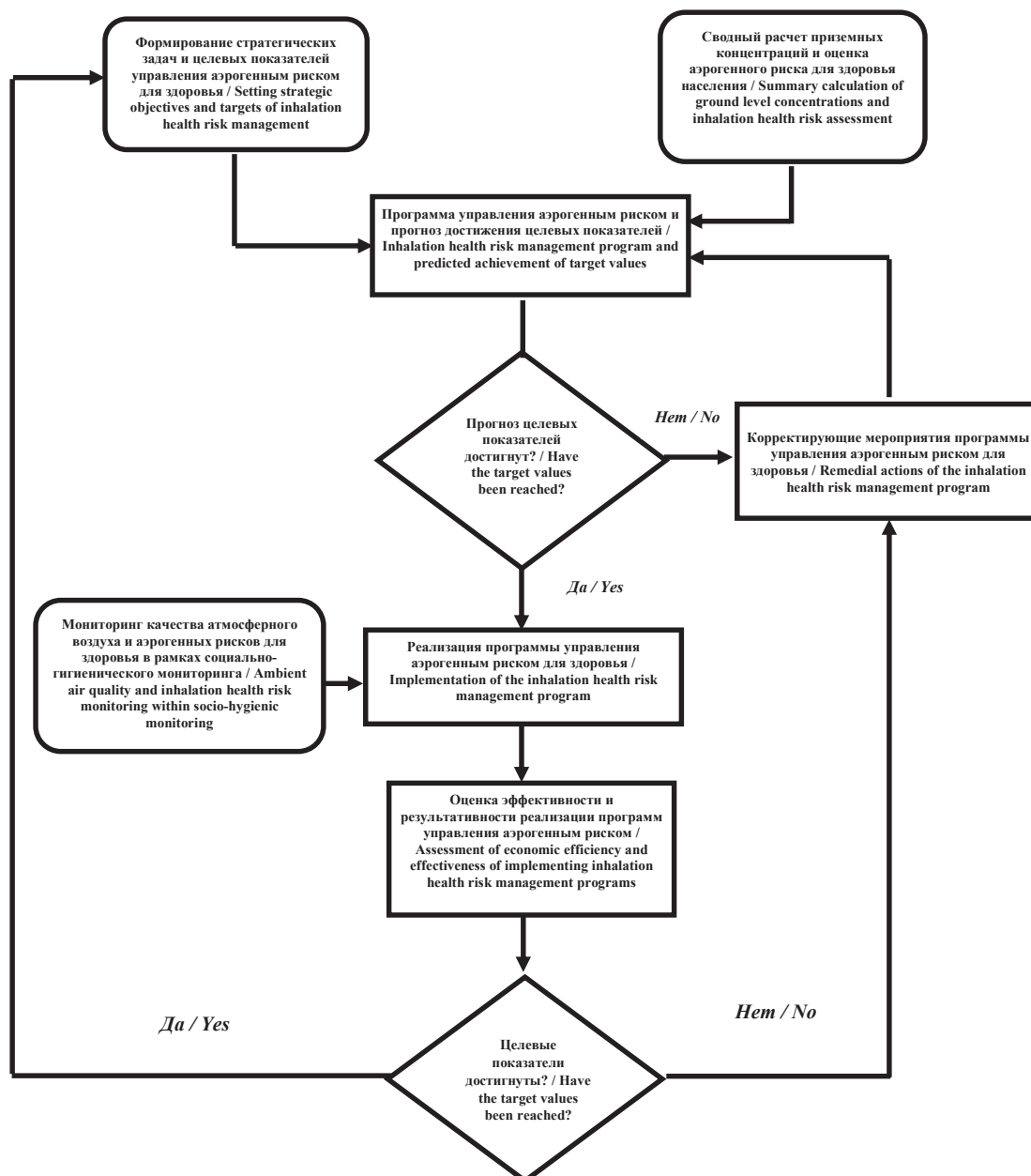


Рисунок. Обобщенная схема обеспечения управления аэрогенным риском для здоровья населения и оценке его результативности и экономической эффективности

Figure. The block diagram of inhalation health risk management and assessment of its effectiveness and economic efficiency

подготовкой рекомендаций для промышленных предприятий по разработке корректирующих мероприятий, обеспечивающих решение задач улучшения качества атмосферного воздуха и здоровья населения в городе.

Материалы и методы. Формула метода, используемого при проведении исследования, основана на требованиях Методических рекомендаций^{1,2} и Методических указаний³.

Оценка результативности и экономической эффективности Комплексного плана предусма-

тривает выполнение нескольких взаимосвязанных этапов в следующей последовательности [2, 3]:

этап 1 – формирование показателей результатов выполнения каждого из мероприятий Комплексного плана на основе оценки аэрогенного риска для здоровья населения (по показателям смертности, заболеваемости, канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья) по каждому из загрязняющих веществ и источнику загрязнения при условии достижения качества атмосферного воздуха,

¹ МР 5.1.0030–11 «Методические рекомендации к экономической оценке и обоснованию решений в области управления риском для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 40 с.

² МР 2.1.6.0158–19 «Оценка экономической эффективности реализации мероприятий по снижению уровней загрязнения атмосферного воздуха на основании оценки риска здоровью населения». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 27 с.

³ МУ 1.1.3544–18 «Разработка и проведение санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий на основе анализа риска для здоровья человека». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019. 15 с.

соответствующего целевым показателям федерального проекта «Чистый воздух»;

этап 2 — расчет показателя предотвращенного экономического ущерба для здоровья населения в результате снижения аэрогенного риска для здоровья населения по показателям смертности и заболеваемости;

этап 3 — определение суммы затрат по каждому из мероприятий, включенных в Комплексный план по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

этап 4 — оценка результативности (сравнение плановых и фактических результатов) Комплексного плана по уровню снижения риска для здоровья и предотвращенному экономическому ущербу для здоровья по комплексу запланированных и выполненных мероприятий;

этап 5 — оценка экономической эффективности выполнения мероприятий Комплексного плана по соотношению их с затратами на реализацию мероприятий для достижения установленного уровня снижения загрязнения атмосферного воздуха по всему комплексу мероприятий;

этап 6 — интегральная оценка результативности и экономической эффективности Комплексных планов мероприятий по снижению уровней загрязнения атмосферного воздуха на основании оценки риска здоровью населения;

этап 7 — разработка рекомендаций и предложений по корректирующим мероприятиям для включения в Комплексный план для достижения целевых показателей по критериям здоровья населения.

При этом критерии оценки результативности Комплексных планов по показателям риска для здоровья населения ориентированы на целевые показатели, основанные на сравнении фактически достигнутых значений с плановыми:

критерий 1 — сокращение риска преждевременных случаев смерти населения;

критерий 2 — уменьшение риска заболеваний населения;

критерий 3 — снижение канцерогенного и неканцерогенного риска для здоровья населения;

критерий 4 — увеличение суммы предотвращенного экономического ущерба для здоровья населения.

Критериями оценки экономической эффективности Комплексных планов мероприятий является так же, как и для критериев результативности, сравнение фактически достигнутых значений целевых показателей с плановыми:

критерий 1 — увеличение чистого экономического эффекта;

критерий 2 — снижение предельных затрат на единицу предотвращенного экономического ущерба для здоровья;

критерий 3 — уменьшение средних затрат на единицу снижения риска для здоровья населения;

критерий 4 — сокращение разницы между средними и предельными затратами на единицу снижения риска для здоровья населения.

Значения показателей результативности выполнения каждого из мероприятий Комплексных планов устанавливаются как разница между результатами оценки аэрогенного риска для здоровья населения (по показателям смертности, заболеваемости, канцерогенного и неканцерогенного риска) до и после выполнения предусмотренного комплекса мероприятий нарастающим итогом с начала выполнения федерального проекта «Чистый воздух»:

1) ΔG — сокращение случаев преждевременной смерти;

2) ΔR — снижение случаев заболеваний;

3) ΔHI — уменьшение индекса опасности;

4) ΔCR — снижение канцерогенного риска;

5) ΔY — увеличение предотвращенного экономического ущерба для здоровья.

Оценка аэрогенного риска для здоровья населения предусматривает использование результатов моделирования рассеивания и расчета приземных концентраций загрязняющих веществ с верификацией полученных результатов с данными фактических измерений загрязнения атмосферного воздуха на стационарных постах мониторинга.

Применяются утвержденные Приказами^{4,5} методы, на основе которых проводится расчет риска в соответствии с Руководством⁶.

Расчет предотвращенного экономического ущерба в результате сокращения случаев преждевременной смерти (ΔG) и снижения случаев заболеваний (ΔR) по каждому из мероприятий [2, 3]. Комплексных планов мероприятий осуществляется по формуле (1):

$$\Delta Y = (\Delta Y_{hl} + \Delta Y_l) / r, \text{ руб., где} \quad (1)$$

ΔY_{hl} , ΔY_l — среднегодовой предотвращаемый экономический ущерб соответственно от заболеваний и преждевременных случаев смерти населения, руб./год;

r — норма дисконтирования, как правило, принимается на уровне 0,05 единицы.

Показатели снижения смертности и заболеваемости с последующим расчетом предотвращенного экономического ущерба в результате реализации мероприятий Комплексных планов вычисляются в соответствии Методическими рекомендациями⁷.

Затраты на осуществление мероприятий Комплексных планов ежегодно, нарастающим итогом и за весь срок их выполнения определяются по формуле (2):

$$C = \sum_{t=0}^T C_t / (1 + r)^t, \text{ руб., где} \quad (2)$$

T — период выполнения мероприятия, лет;

C_t — затраты на выполнение мероприятия в t -м году, руб.;

⁴ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».

⁵ Приказ Минприроды РФ от 29.11.2019 № 813 «Об утверждении правил проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию».

⁶ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.

⁷ МР 2.1.6.0156–19 «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения».

$г$ — норма дисконтирования, как правило, принимается на уровне 0,05 единицы.

Расчет затрат на выполнение мероприятий Комплексных планов выполняется в соответствии с Методическими рекомендациями¹.

Многокритериальная оценка результативности Комплексного плана мероприятий выполняется путем сравнения целевых плановых значений показателей аэрогенного риска для здоровья (ΔG , ΔR , ΔHI , ΔCR) и предотвращенного экономического ущерба для здоровья (ΔY) с ежегодными фактически достигаемыми значениями целевых показателей.

Расчет фактических значений показателей оценки аэрогенного риска для здоровья населения выполняется в соответствии и на основе тех же нормативно-методических документов, по которым были рассчитаны целевые значения показателей результативности и экономической эффективности. Оцениваются результаты снижения объема выбросов по каждому источнику и каждому загрязняющему веществу, достигнутые за прошедший оцениваемый год, и нарастающим итогом по всем мероприятиям Комплексного плана. Для исследования, проведенного в городе Нижний Тагил, это 2018 и 2019 годы.

Проведение многокритериальной оценки экономической эффективности Комплексного плана предусматривается путем сравнения целевых плановых значений показателей экономической эффективности с фактически достигнутыми значениями за прошедший отчетный год также нарастающим итогом, на основе выбранных критериев [4]:

1) E — чистый экономический эффект;

2) MC — предельные затраты на единицу чистого экономического эффекта:

$$MC = \Delta C / \Delta E, \text{ где}$$

ΔC и ΔE — приростные значения показателей отчетного года и года, предшествующего отчетному;

3) ACD — средние затраты на реализацию мероприятий Комплексного плана на единицу снижения риска для здоровья населения (3):

$$ACD = C / \Delta D, \text{ где} \quad (3)$$

C — затраты на выполнение мероприятий Комплексного плана;

$\Delta D = \Delta G$ сокращение случаев преждевременной смерти, или $\Delta D = \Delta R$ снижение случаев заболеваний, или $\Delta D = \Delta HI$ уменьшение суммарного индекса опасности, или $\Delta D = \Delta CR$ — снижение канцерогенного риска за отчетный год и нарастающим итогом за период реализации федерального проекта «Чистый воздух»;

4) MCD — предельные затраты на реализацию мероприятий Комплексного плана мероприятий (4):

$$MCD = \Delta C / (\Delta D_k - \Delta D_{k-1}), \text{ руб., где} \quad (4)$$

ΔD_k и ΔD_{k-1} — фактическое снижение уровня аэрогенного риска за отчетный год (k) и год предшествующий отчетному ($k-1$).

Критериальным показателем является разница между предельными и средними затратами на единицу снижения аэрогенного риска для здоровья:

$$MCD - ACD.$$

Интегральная оценка результативности и экономической эффективности Комплексного плана мероприятий проводится на завершающем этапе путем сравнения целевых плановых и фактических значений критериальных показателей ежегодно и нарастающим итогом до завершения реализации всего комплекса мероприятий. Интегральным показателем оценки результативности и экономической эффективности является среднее арифметическое значение отношений целевого фактического достигнутого значения показателя к плановому их значению по всем критериальным показателям, принятым для оценки.

В интегральную оценку включаются все критериальные показатели: показатели результативности, показатели экономической эффективности с использованием чистого экономического эффекта, показатели экономической эффективности с использованием сокращения преждевременной смертности и снижения заболеваемости, показатели экономической эффективности с использованием суммарного индекса опасности неканцерогенного риска и показателя канцерогенного риска.

По результатам многокритериальной оценки результативности и экономической эффективности реализации Комплексного плана, а также вкладов каждого из ключевых промышленных предприятий в формирование рисков для здоровья населения в микрорайонах (зонах) риска с учетом достижения целевых показателей по критериям здоровья населения разрабатываются предложения по корректирующим природоохранным мероприятиям, выполнение которых является составной частью алгоритма оценки Комплексного плана. Устанавливаются расчетные уровни снижения выбросов загрязняющих веществ, являющихся приоритетными в формировании рисков для здоровья (смертность, заболеваемость, суммарный индекс опасности, канцерогенный риск) [5, 6]. Целевые плановые показатели для промышленных предприятий устанавливаются в виде заданий по снижению объема выбросов приоритетных для здоровья населения загрязняющих веществ по совокупности источников загрязнения атмосферного воздуха.

Результаты и их обсуждение. Результаты обоснования и выбора приоритетных загрязняющих веществ для оценки риска здоровью населения в городе Нижнем Тагиле, результаты расчета фактического канцерогенного и неканцерогенного аэрогенного риска, ранжирование районов города по уровню риска для здоровья населения, выполненные по результатам сводного расчета приземных среднегодовых концентраций по состоянию на базовый 2017 год, приведены в статье [7]. Эти результаты используются в настоящем исследовании в качестве исходных данных и информации для рассмотрения ключевых аспектов оценки результативности и экономической эффективности реализации Комплексного плана в г. Нижнем Тагиле в 2018–2019 гг.

Состояние санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе по показателям аэрогенного риска для здоровья характеризуется как критическое: индекс опасности по 33 приоритетным для здоровья населения

загрязняющим веществам, формирующим неканцерогенный риск для здоровья населения, превышает приемлемый уровень до 5 раз в 12 из 13 микрорайонов города с численностью подверженного воздействию населения более 300,0 тыс. человек, а канцерогенный риск по 12 веществам превышает приемлемый до 3 раз в 9 микрорайонах с численностью населения около 280,0 тыс. человек. Формируют аэрогенный риск для здоровья населения в г. Нижнем Тагиле ключевые промышленные предприятия (до 85 процентов совокупного выброса) – АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат», АО «Высокогорский горно-обогатительный комбинат», АО «НПК «Уралвагонзавод», ПАО «Уралхимпласт» – и автотранспорт (до 17 процентов совокупного выброса).

В настоящем исследовании оценивалась результативность и экономическая эффективность реализации мероприятий Комплексного плана на стационарных источниках этих промышленных предприятий по представленной ими в начале 2020 года в Управление Роспотребнадзора по Свердловской области информации.

Обобщенные данные по каждому из ключевых промышленных предприятий по веществам, вносящим основной вклад в формирование рисков для здоровья населения в точках максимума в микрорайонах (зонах) риска г. Нижнего Тагила в базовом году оценки (2017 г.) приведены в табл. 1.

По большинству загрязняющих веществ от стационарных источников наибольший вклад вносит АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» (до 50 процентов). По отдельным веществам также до 50 процентов –

АО «НПК «Уралвагонзавод», например, по оксиду меди, акролеину (пропан-2-ен-1-аль), хрому шестивалентному, ПАО «Уралхимпласт», например, по керосину, формальдегиду.

Анализ результатов выполнения мероприятий по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в 2018 и 2019 годах на рассматриваемых промышленных предприятиях, как запланированных в рамках реализации Комплексного плана, так и вне его в рамках реализации иных программ модернизации и технического перевооружения на этих предприятиях, а также сводные результаты снижения совокупного валового выброса за эти годы приведены в табл. 2.

По уровню снижения валового выброса загрязняющих веществ фактически достигнут уровень 45,6 % от планового объема, предусмотренного в качестве конечного результата выполнения Комплексного плана к 2024 году. При этом снижение выброса приоритетных для здоровья загрязняющих веществ составило 99,8 % всего совокупного валового выброса.

В первую очередь этот результат был обеспечен выполненным комплексом мероприятий на АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат», таких как: техническое перевооружение доменной печи № 6, вывод из эксплуатации градирни конечного охлаждения коксового газа, техническое перевооружение установки сухого тушения кокса, строительство доменной печи № 7. Полномасштабный результат реализации этих мероприятий, а также выполнения на АО «Высокогорский горно-обогатительный комбинат» технического

Таблица 1. Вклады веществ и промышленных предприятий в суммарный аэрогенный риск для здоровья населения в точках максимума по расчетной площадке, город Нижний Тагил, 2017 год

Table 1. Contributions of pollutants and industries to the total inhalation risk to public health at the maximum points across the study area, Nizhny Tagil, 2017

№ п/п / No.	Максимальный вклад загрязняющих веществ в суммарный неканцерогенный риск (HI) / Maximum contribution of pollutants to the total non-carcinogenic risk (HI)	Максимальный вклад промышленных предприятий / Maximum contribution of industrial enterprises
1	Взвешенные частицы PM2.5 (15,96 %) / PM2.5 (15.96 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (48,84 %) / EVRAZ NTKM JSC (48.84 %)
2	Взвешенные частицы PM10 (4,72 %) / PM10 (4.72 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (48,84 %) / EVRAZ NTKM JSC (48.84 %)
3	ДиВанадий пентоксид (7,24 %) / Vanadium pentoxide (7.24 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (50,00 %) / EVRAZ NTKM JSC (50.00 %)
4	ДиЖелезо триоксид (1,14 %) / Diiron trioxide (1.14 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (49,30 %) / EVRAZ NTKM JSC (49.30 %)
5	Марганец и его соединения (22,80 %) / Manganese and its compounds (22.80 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (49,60 %) / EVRAZ NTKM JSC (49.60 %)
6	Меди оксид (1,25 %) / Copper oxide (1.25 %)	АО "НПК "Уралвагонзавод" (49,85 %) / Uralvagonzavod Research and Production Complex JSC (49.85 %)
7	Азота диоксид (Азот (IV) оксид) (16,66 %) / Nitrogen dioxide (16.66 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (40,49 %) / EVRAZ NTKM JSC (40.49 %)
8	Азота оксид (3,55 %) / Nitrogen oxide (3.55 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (46,07 %) / EVRAZ NTKM JSC (46.07 %)
9	Серы диоксид (4,03 %) / Sulfur dioxide (4.03 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (48,31 %) / EVRAZ NTKM JSC (48.31 %)
10	Проп-2-ен-1-аль (1,13 %) / Acrolein (1.13 %)	АО "НПК "Уралвагонзавод" (49,75 %) / Uralvagonzavod JSC (49.75 %)
11	Керосин (15,10 %) / Kerosene (15.10 %)	ПАО "УХП" (45,04 %) / Uralchemplast PJSC (45.04 %)
12	Пыль неорганическая: до 20 % SiO2 (1,85 %) / Inorganic dust: up to 20 % SiO2 (1.85 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (47,56 %) / EVRAZ NTKM JSC (47.56 %)
№ п/п / No.	Максимальный вклад загрязняющих веществ в суммарный канцерогенный риск (CR) / Maximum contribution of pollutants to the total carcinogenic risk (CR)	Максимальный вклад промышленных предприятия / Maximum contribution of industrial enterprises
1	Хром (хром шестивалентный) (26,07 %) / Hexavalent chromium (26.07 %)	АО "НПК "Уралвагонзавод" (49,85 %) / Uralvagonzavod JSC (49.85 %)
2	Углерод (сажа) (4,65 %) / Carbon (Soot) (4.65 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (37,37 %) / EVRAZ NTKM JSC (37.37 %)
3	Бензол (1,75 %) / Benzene (1.75 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (50,00 %) / EVRAZ NTKM JSC (50.00 %)
4	Нафталин (7,11 %) / Naphthalene (7.11 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (50,00 %) / EVRAZ NTKM JSC (50.00 %)
5	Формальдегид (1,03 %) / Formaldehyde (1.03 %)	ПАО "УХП" (49,24 %) / Uralvagonzavod JSC (49.24 %)
6	Бензин (нефтяной, малосернистый) (59,33 %) / Gasoline (petroleum gasoline, low-sulfur gasoline) (59.33 %)	АО "ЕВРАЗ НТМК" (35,28 %) / EVRAZ NTKM JSC (35.28 %)

переворужения Лебяжинского аглоцеха, консервации Западного карьера и закрытия шахты «Магнетитовая» планируется получить в 2020–2021 гг. с нарастанием эффекта в последующие годы.

Проведенный расчет остаточного (после реализации мероприятий в 2018 и 2019 гг.) аэрогенного риска для здоровья населения позволил определить уровень предотвращенного риска. Результаты изменения целевых показателей улучшения качества атмосферного воздуха по критериям риска для здоровья по каждому из микрорайонов (зон) риска г. Нижнего Тагила приведены в таблице 3.

Уровень аэрогенного неканцерогенного риска снизился в среднем на 12 процентов. В наибольшей степени, как и ожидалось, удалось снизить риски для здоровья, формируемые выбросами АО «ЕВРАЗ НТМК» в микрорайонах Центр, Техпоселок, Рудник, Ольховка, а также далее с подветренной стороны в микрорайоне Вагонка. Во всех без исключения микрорайонах аэрогенные риски для здоровья снизились. Однако не удалось даже приблизиться к уровню приемлемого риска, индекс опасности для которого равен 3,0.

Канцерогенный риск практически не изменился в результате выполнения мероприятий Комплексного плана, то есть реализованные в 2018–2019 гг. мероприятия не были адресно направлены на снижение канцерогенного риска, соответственно, не был создан задел для достижения приемлемого уровня – 1 случай онкозаболевания на 10 000 человек.

В результате планируемые и частично реализованные мероприятия в первоначально

принятом виде не обеспечивают выполнения адекватных мероприятий, необходимых и достаточных для достижения уровня приемлемого риска для здоровья населения г. Нижнего Тагила в период до 2024 года.

Отдельно оценены изменения среднегодовых концентраций мелкодисперсных фракций пыли по частицам PM_{2,5} и PM₁₀, диоксида азота и озона, для которых были рекомендованы значения зависимости показателей общей смертности и заболеваемости бронхитом от уровня среднегодовых концентраций этих веществ. Оценки получены на основе данных сводного расчета среднегодовых концентраций загрязнения атмосферного воздуха и результатов использования модели распределения мелкодисперсных фракций пыли по размеру частиц PM_{2,5} и PM₁₀, характерного и используемого для промышленных городов Свердловской области при выполнении работ по оценке аэрогенного риска для обоснования размеров санитарно-защитных зон промышленных предприятий 1 и 2 класса опасности, к которым относятся предприятия, включенные в исследование. Результаты оценки приведены в табл. 4.

Основной вероятный вклад в снижение преждевременной смертности вносит сокращение выбросов мелкодисперсной пыли PM_{2,5}. Значение этого показателя составило 252 вероятных предотвращенных дополнительных случаев смерти. Соответственно предотвращены вероятно заболевания бронхитом: у взрослых – 249 случаев, у детей – 2 случая. Наибольшее вероятное число преждевременных случаев смерти, предотвращенных в результате снижения выбросов загрязняющих веществ, было

Таблица 2. Результаты снижения совокупного валового выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух промышленными предприятиями города Нижнего Тагила в 2018–2019 гг.

Table 2. The results of reducing total gross emissions in the city of Nizhny Tagil by industries, 2018–2019

№ п/п / No	Источник загрязнения / Stationary source	Снижение валового выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух, т/год / Gross emission reduction, tons per year		Снижение выброса 33 приоритетных загрязняющих веществ, т/год / 33 priority contaminants emission reduction, tons per year	
		План / Planned	Факт / Observed	План / Planned	Факт / Observed
1	ПАО «Уралхимпласт» / Uralchemplast PJSC	1,9217	1,9217	0,0030	0,0030
2	АО «ВГОК» / VGOK JSC	12 162,0	133,0	12 162,0	133,0
3	АО «НПК Уралвагонзавод» / Uralvagonzavod JSC	30,88	30,745	30,42	30,42
4	АО «ЕВРАЗ НТМК» / EVRAZ NTMK JSC	12 362,351	12 006,810	12 361,127	11 989,515

Таблица 3. Аэрогенный риск для здоровья населения в городе Нижний Тагил в результате реализации мероприятий по снижению валового выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух по микрорайонам (зонам) риска

Table 3. Inhalation health risks in Nizhny Tagil following actions taken to reduce gross industrial emissions by urban microdistricts

Микрорайоны / Microdistricts	Численность / Size of population	HI (сумм) 2017 год / ΣHI, 2017	HI (сумм) 2019 год / ΣHI, 2019	CR (сумм) 2017 год / ΣCR, 2017	CR (сумм) 2019 год / ΣCR, 2019
Вагонка / Vagonka	96279	16,02	15,56	0,000285	0,000285
Красный Камень / Krasny Kamen	29758	12,49	11,28	0,000250	0,000250
Северный поселок / Severny settlement	6386	15,73	15,73	0,000138	0,000138
Сухоложский поселок / Sukholozhsky settlement	1495	15,48	15,17	0,000193	0,000193
Центр / Center	34704	10,68	9,65	0,000227	0,000227
Техпоселок, Рудник, Ольховка / Tekhposelok, Rudnik, Olkhovka	28943	11,50	9,89	0,000110	0,000110
Выя, Черемшанка / Vyua, Cheremshanka	43994	8,52	7,29	0,000149	0,000149
Кушва / Kushva	6315	10,35	10,13	0,000153	0,000153
Кирпичный поселок / Kirpichny settlement	1523	6,77	5,98	0,000100	0,000100
Гальяно-Горбуновка, Горбуново / Galyano-Gorbunovka, Gorbunovo	45974	4,18	3,69	0,000061	0,000061
Старая Гальянка, Голый Камень / Staraya Galyanka, Goly Kamen	1369	5,64	4,68	0,000087	0,000087
Старатель / Staratel	6245	4,15	4,02	0,000039	0,000039
Евстюниха / Evstyunikha	260	2,42	2,27	0,000018	0,000018

Таблица 4. Результаты расчета вероятного числа предотвращенных случаев смерти и заболеваний бронхитом в результате снижения выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух в городе Нижний Тагил за 2018–2019 гг.

Table 4. The results of estimating the number of prevented mortality and bronchitis cases following industrial emission reduction in Nizhny Tagil, 2018–2019

Микрорайоны / Microdistricts	Снижение концентраций, мкг/м³ / Decrease in concentration, µg/m³			Предотвращенные дополнительные случаи смерти и заболевания бронхитом, случаи / Prevented additional mortality and bronchitis cases				
	Δ PM2.5	Δ PM10	Δ NO2	Δ PM2.5 (смерти) / Δ PM2.5 (deaths)	Δ PM10 (бронхит у детей) / Δ PM10 (bronchitis in children)	Δ PM10 (бронхит у взрослых) / Δ PM10 (bronchitis in adults)	Δ NO2 (смерти) / Δ NO2 (deaths)	Δ NO2 (бронхит у детей) / Δ NO2 (bronchitis in children)
Вагонка / Vagonka	5,14	2,43	0,0129	45,21	0,3038	44,62	0,097	0,0042
Красный Камень / Krasny Kamen	13,72	6,49	0,0195	37,34	0,2509	36,85	0,045	0,0020
Северный поселок / Severny settlement	3,50	1,65	0,0153	2,04	0,0137	2,01	0,0076	0,00033
Сухоложский поселок / Sukholozhsky settlement	4,33	2,05	0,0091	0,59	0,0040	0,58	0,0011	0,000047
Центр / Center	11,79	5,58	0,0118	37,43	0,2515	36,94	0,032	0,0014
Техпоселок, Рудник, Ольховка / Tekhpосelok, Rudnik, Olkhovka	18,18	8,59	0,0425	48,11	0,3233	47,48	0,096	0,0042
Выя, Черемшанка / Vyua, Cheremshanka	13,11	6,20	0,0211	52,75	0,3544	52,06	0,072	0,0032
Кушва / Kushva	4,71	2,23	0,0064	2,72	0,0183	2,68	0,0032	0,00014
Кирпичный поселок / Kirpichny settlement	8,87	4,19	0,0265	1,24	0,0083	1,22	0,0032	0,00014
Гальяно-Горбуновка, Горбуново / Galyano-Gorbunovka, Gorbunovo	5,47	2,59	0,0060	23,01	0,1546	22,71	0,022	0,00094
Старая Гальянка, Голый Камень / Staraya Galyanka, Goly Kamen	10,49	4,96	0,0084	1,31	0,0088	1,30	0,00090	0,000039
Старатель / Staratel	2,05	0,97	0,0041	1,17	0,0079	1,16		0,000088
Евстюниха / Evstyunikhha	1,87	0,88	0,0056	0,044	0,00030	0,044		0,0000050
г. Нижний Тагил, итого / Nizhny Tagil, total				252,96	1,70	249,66	0,38	0,017

достигнуто в микрорайонах Выя, Черемшанка, Техпоселок, Рудник, Ольховка, Вагонка.

Расчет предотвращенного экономического ущерба в результате снижения преждевременной дополнительной общей смертности и заболеваемости бронхитом, выполненный с использованием усредненных данных об оценке экономического ущерба для здоровья населения, рассчитан как предотвращенные потери создания Валового регионального продукта Свердловской области. Экономический ущерб, оцениваемый от одного случая преждевременной смерти (с учетом количества лет недожития до 78 лет и достигнутого уровня производства валового регионального продукта), составил среднестатистическое значение в сумме 4511,0 тыс. руб. в год. Среднестатистический случай потерь валового регионального продукта при заболевании бронхитом по расчетам оценивается в сумме 51,0 тыс. руб. в год.

Результаты вычисления вероятного предотвращенного экономического ущерба от снижения совокупного валового выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух в 2018 и 2019 гг. в рамках реализации Комплексного плана в г. Нижнем Тагиле приведены в табл. 5.

По отчетными данным и полученной информации за 2018 и 2019 гг. фактические результаты реализации Комплексного плана соответствовали плановым целевым значениям как по снижению валового выброса загрязняющих веществ, так и в последующем по расчетным значениям аэрогенного риска для здоровья населения. При этом затраты на реализации мероприятий были сокращены и составили немногим более 60 процентов от запланированной суммы. Соответственно

расчетная сумма предотвращенного экономического ущерба для здоровья населения за два года реализации федерального проекта «Чистый воздух» в городе Нижний Тагил составила 0,89 рубля на 1 рубль затрат на реализацию Комплексного плана. Значение этого показателя не соответствует ожидаемому значению на уровне не ниже 3,0 руб. Планируется (по расчетным данным), что эффект для здоровья населения будет аккумулироваться и расти с каждым годом и к 2021 году превысит 1,0 рубля предотвращенного ущерба, а в дальнейшем достигнет плановых значений 2024 года.

Сводные результаты многокритериальной оценки результативности и экономической эффективности выполнения Комплексного плана по г. Нижнему Тагилу в 2018–2019 гг. приведены в табл. 6.

В этом варианте расчета результатов реализации Комплексного плана фактически достигнутые значения по показателям снижения смертности, заболеваемости, канцерогенного и неканцерогенного риска и, соответственно, показателю суммы предотвращенного экономического ущерба приняты на уровне плановых значений в соответствии с отчетными данными промышленных предприятий. Такой вариант может быть допустим только в 2019 году, поскольку при утверждении Комплексного плана не устанавливались значения целевых показателей по критериям здоровья населения. При этом такие целевые показатели и их уровень рекомендовано установить с 2020 года при разработке и реализации корректирующих мероприятий Комплексного плана для каждого из ключевых промышленных предприятий с учетом их вклада в формирование аэрогенного

Таблица 5. Оценка предотвращенного экономического ущерба для здоровья населения в результате реализации Комплексного плана снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Нижнем Тагиле, 2018–2019 гг., тыс. руб.

Table 5. Assessment of economic damage prevented by implementation of the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil, 2018–2019, thousand rubles

№ п/п /No.	Наименование показателя/ Indicator	Значение показателя / Value	Примечание/ Notes
1	Цена случая смерти / Cost of death	4511,9065	Значение показателей в строках 1 и 2 рассчитаны в соответствии с МР 5.1.0029–11.
2	Цена случая заболевания / Cost of a bronchitis case	51,82	
3	Число предотвращенных случаев смерти / Number of deaths prevented	253,34	
4	Число предотвращенных случаев заболеваний бронхитом / Number of prevented bronchitis cases	251,38	Значение показателя в строке 5 рассчитано как произведение строк 1 и 3, в строке 6 – как произведение строк 2 и 4, в строке 7 – как сумма строк 5 и 6.
5	Предотвращенный экономический ущерб от смерти / Prevented economic damage from death cases	1 143 024,27	
6	Предотвращенный экономический ущерб от заболеваний бронхитом / Prevented economic damage from bronchitis cases	13 026,47	Значение показателя в строке 10 – как отношение строки 7 к строке 8, в строке 11 – как отношение строки 7 к строке 9 / Indicators in lines 1 and 2 were calculated in accordance with Method Guidelines MR 5.1.0029-11.
7	Сумма предотвращенного ущерба от смерти и заболевания бронхитом / Total prevented damage from deaths and bronchitis cases	1 156 050,74	
8	Затраты по мероприятиям, всего (план) / Planned costs of activities, total	2 148 671,00	
9	Затраты по мероприятиям, всего (факт) / Actual costs of activities, total	1 298 107,70	The value in line 5 is the product of values in lines 1 and 3. The value in line 6 is the product of values in lines 2 and 4. The value in line 7 is the sum values in lines 5 and 6.
10	Предотвращенный экономический ущерб на 1 рубль затрат при реализации Комплексного плана в 2018–2019 гг. (план) / Planned averted economic damage per ruble of expenses within implementation of the Comprehensive Plan, 2018–2019	0,54	
11	Предотвращенный экономический ущерб на 1 рубль затрат при реализации Комплексного плана в 2018–2019 гг. (факт) / Observed averted economic damage per ruble of expenses within implementation of the Comprehensive Plan, 2018–2019	0,89	The value in line 10 is the ratio of values of lines 7 and 8, in line 11 – the ratio values in lines 7 and 9.

Таблица 6. Сводные результаты многокритериальной оценки результативности и экономической эффективности выполнения Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Нижнего Тагила в 2018–2019 гг.

Table 6. Summary results of a multicriteria assessment of effectiveness and economic efficiency of implementing the Comprehensive Emission Reduction Action Plan in Nizhny Tagil, 2018–2019

Наименование показателя / Indicator	Обозначение/ Symbol	Значение/ Value	Примечание / Notes
Плановые затраты на осуществление мероприятий Комплексных планов, тыс. руб. / Planned costs of implementing Comprehensive Action Plans, thousand rubles	Cp	2 148 671,0	отчетный показатель/ report indicator
Сокращение случаев преждевременной смерти / Reduction of the number of premature deaths	ΔGk	251	результат оценки аэрогенного риска, показатель результативности / the result of inhalation health risk assessment, performance indicator
Снижение случаев заболеваний бронхитом / Reduction of the number of bronchitis cases	ΔRk	253	результат оценки аэрогенного риска, показатель результативности / the result of inhalation health risk assessment, performance indicator
Уменьшение индекса опасности, расчетный коэффициент популяционного риска/ Reduction of the hazard index, estimated coefficient of population risk	ΔHk	18770	используется как вспомогательный показатель / used as an auxiliary indicator
Снижение канцерогенного риска, случаев онкозаболеваний на 1000000 человек / Reduction of carcinogenic risk, cancer cases per million	ΔCRk	0,0005632	результат оценки аэрогенного риска, показатель результативности / the result of inhalation risk assessment, performance indicator
Предотвращенный экономический ущерб, тыс. руб. / Averted economic damage, thousand rubles	ΔYk = ΔYhl + ΔYl	1156050	расчетный показатель экономической эффективности / estimated indicator of economic efficiency
Фактические затраты на осуществление мероприятий Комплексного плана, тыс. руб. / Actual costs of implementing the activities of the Comprehensive Plan, thousand rubles	Ck	1 298 107,0	отчетный показатель / report indicator
Интегральный показатель оценки результативности программы / Integral indicator of the program effectiveness evaluation		1,00	расчетный показатель результативности / estimated effectiveness indicator
Эффективность достижения уровня чистого экономического эффекта / Efficiency of achieving the level of net economic effect	Ek / Ep	–	не рассчитывался / not assessed
Эффективность достижения уровня предельных затрат на единицу чистого экономического эффекта / Efficiency of achieving the level of marginal expenses per unit of net economic effect	MCp / MCk	–	не рассчитывался / not assessed
Эффективность достижения уровня средних затрат на единицу снижения риска смертности / Effectiveness of achieving the level of average costs per unit reduction of the mortality risk	ACDp / ACDk для ΔG / ACDp / ACDk for ΔG	1,66	расчетный показатель экономической эффективности / estimated indicator of economic efficiency
Эффективность достижения уровня средних затрат на единицу снижения риска заболеваемости / Effectiveness of achieving the level of average costs per unit reduction of the morbidity risk	ACDp / ACDk для ΔR / ACDp / ACDk for ΔR	1,66	расчетный показатель экономической эффективности / estimated indicator of economic efficiency
Эффективность достижения уровня средних затрат на единицу снижения риска индекса опасности / Effectiveness of achieving the level of average costs per unit reducing the hazard level	ACDp / ACDk для ΔH / ACDp / ACDk for ΔH	1,66	расчетный показатель экономической эффективности / estimated indicator of economic efficiency
Эффективность достижения уровня средних затрат на единицу снижения риска канцерогенного риска / Effectiveness of achieving the level of average costs per unit reduction of carcinogenic risk	ACDp / ACDk для ΔCR / ACDp / ACDk for ΔCR	1,66	расчетный показатель экономической эффективности / estimated indicator of economic efficiency
Интегральный показатель результативности и экономической эффективности / Integral indicator of performance and economic efficiency		1,10	среднее арифметическое значение показателей результативности и экономической эффективности / arithmetic mean value of effectiveness and economic efficiency

риска для здоровья населения в различных микрорайонах (зонах) риска г. Нижнего Тагила.

Общая результативность и экономическая эффективность реализации Комплексного плана, относительно запланированных результатов снижения совокупного выброса загрязняющих веществ на 18,5 % к 2017 году, по многокритериальной оценке соответствует интегральному коэффициенту 1,1. Это значение является удовлетворительным (положительный результат считается достигнутым при значении интегрального коэффициента 1,0 или более) в тех условиях и при тех неопределенностях, которые были приняты для оценки результативности и экономической эффективности в 2019 году. Однако сами запланированные результаты не обеспечивают решение тех принципиальных проблем, которые стоят перед федеральным проектом «Чистый воздух» с точки зрения критериев здоровья человека. Расчет показывает, что достижение приемлемых уровней риска возможно и далее периода 2024 года. Проблемы состояния здоровья населения, обусловленные химическим загрязнением среды обитания в г. Нижнем Тагиле, не могут быть решены при 20%-м сокращении выбросов, требуются более значительные усилия для нормализации качества атмосферного воздуха в городе.

Целевые показатели и стратегические задачи снижения аэрогенного риска в г. Нижнем Тагиле, соответствующие уровням приемлемых значений и вкладу загрязнения атмосферного воздуха в формирование здоровья населения, среди иных санитарно-гигиенических факторов, таких как загрязнение продуктов питания,

питьевой воды и почвы, включают на среднесрочный период [8–10]:

- сокращение смертности населения, обусловленной химическим загрязнением атмосферного воздуха не менее чем на 10–15 %;
- снижение заболеваемости бронхитом всего населения и детского населения, обусловленной химическим загрязнением атмосферного воздуха, не менее чем на 15–20 %;
- достижение приемлемого уровня аэрогенного неканцерогенного риска по индексу опасности до значения 3,0;
- достижение приемлемого уровня аэрогенного канцерогенного риска до уровня не более 1 дополнительного случая онкозаболевания на 10 000 человек.

Исходя из этих целевых значений аэрогенного риска для здоровья населения, принятых на основе сводного расчета приземных среднегодовых концентраций загрязняющих веществ выполнен расчет необходимого и достаточного уровня снижения валового выброса по каждому из приоритетных для здоровья загрязняющих веществ, по каждому из микрорайонов (зон) риска и каждому промышленному предприятию в г. Нижнем Тагиле. Такой расчет проведен по всем 13 микрорайонам риска.

Результаты расчета вкладов промышленных предприятий в уровень риска для здоровья населения на примере микрорайона Северный поселок приведены в табл. 7.

Выполненный расчет позволяет определить уровень формирования риска для здоровья населения по каждому из промышленных предприятий. Например, АО «ЕВРАЗ НТМК»

Таблица 7. Расчет вкладов предприятий в уровень аэрогенного риска для здоровья населения, район Северный поселок г. Нижнего Тагила, %

Table 7. Estimation of industry contributions to the inhalation health risk level, Severny settlement, Nizhny Tagil, %

Хронический неканцерогенный риск (HI) - 15,73 / Chronic non-carcinogenic risk (HI) – 15.73								
Код/ Code	Вещества/ Chemicals	Коэффициент опасности (HQ) / Hazard quotient (HQ)	Вклад в HI, % / Contribution to HI, %	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	ОАО "ВГОК" / VGOK OJSC	АО "НПК "Урал- вагонзавод" / Uralvagonzavod JSC	ПАО "УХП" / Uralchemplast PJSC	Автотранс- порт / Motor transport
10	Взвешенные частицы PM2.5 / PM2.5	2,39	15,19 %	64,86	14,93	17,26		
8	Взвешенные частицы PM10 / PM10	0,71	4,49 %	64,86	14,93	17,26		
110	ДиВанадий пентоксид / Vanadium pentoxide	1,64	10,45 %	100				
143	Марганец и его соединения / Manganese and its compounds	6,63	42,18 %	80,46	7,11	12,4		
146	Меди оксид / Copper oxide	0,16	1,04 %	6,17		93,83		
301	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	1,27	8,05 %	44,85		4,67		46,27
304	Азота оксид / Nitrogen dioxide	0,29	1,84 %	64,35		9,84		23,22
330	Серы диоксид / Sulfur dioxide	0,52	3,29 %	34,54	43,09	16,26		
1301	Проп-2-ен-1-аль (акролеин) / Acrolein (1.13 %)	0,19	1,18 %	5,95		94,05		
2732	Керосин / Kerosene	1,2	7,63 %	26,21			12,92	54,16
Суммарный канцерогенный риск (CR) 1,38E-04 / Total carcinogenic risk (CR) 1.38E-04								
Код/ Code	Вещества/ Chemicals	Канцероген- ный риск (CR) /Carcinogenic risk (CR)	Вклад в CR, % / Contribution to CR, %	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	ОАО "ВГОК" / VGOK OJSC	АО "НПК "Урал- вагонзавод" / Uralvagonzavod JSC	ПАО "УХП" / Uralchemplast PJSC	Автотранс- порт/Motor transport
203	Хром (хром шестивалентный) / Hexavalent chromium	4,66E-05	33,89 %		1,54	95,77	1,73	
328	Углерод (сажа) / Carbon (Soot)	5,89E-06	4,28 %	38,86		10,04		49,03
602	Бензол / Benzene	2,08E-06	1,51 %	99,99				
708	Нафталин / Naphthalene	7,78E-06	5,65 %	100				
1325	Формальдегид / Formaldehyde	4,06E-06	2,95 %			0,32	82,36	17,23
2704	Бензин / Gasoline	7,11E-05	51,65 %	2,23		1,56		96,15

в микрорайоне Северный формирует риск от негативного воздействия мелкодисперсной фракции пыли PM_{2,5} на 9,8 % общего индекса опасности для здоровья, а по акролеину — на 0,7 %, в то время как ПАО «Уралхимпласт» по мелкодисперсной фракции пыли PM_{2,5} практически не формирует рисков, а по акролеину — на 1,1 % общего индекса опасности в этом микрорайоне. Таким образом определяется вклад, а в дальнейшем и квота для расчета лимита выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для достижения приемлемых уровней риска для здоровья населения [11, 12].

Аналогичные расчетные данные получены для ключевых промышленных предприятий, формирующих риски для здоровья населения, по каждому из приоритетных веществ (33 загрязняющих вещества) в каждом из 13 микрорайонов (зон) риска г. Нижнего Тагила.

Расчет доли необходимого и достаточного рекомендуемого для достижения приемлемых уровней аэрогенного риска снижения уровня выброса приоритетных загрязняющих веществ по ключевым промышленным предприятиям суммарно по всем микрорайонам (зонам) риска г. Нижнего Тагила приведен в табл. 8.

В таблице в качестве примера приведено только одно промышленное предприятие, вносящее наибольший вклад в формирование риска по приоритетному веществу. Фактически расчет и соответствующие рекомендации в ходе выполнения настоящего исследования выполнены по каждому из ключевых промышленных предприятий и автотранспорту.

Рекомендуемые значения означают для специалистов промышленных предприятий целевые уровни снижения объема валового выброса приоритетных для здоровья загрязняющих веществ по совокупности источников выброса. Это позволяет разработать корректирующие мероприятия Комплексного плана мероприятий по снижению выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух города Нижний Тагил на период до 2024 года, а по некоторым веществам — и на более далекую перспективу. По приоритетным промышленным предприятиям снижение должно достигнуть до 50 % снижения валового выброса.

Эти же отработанные методические подходы к выбору приоритетных веществ и оценке результативности и экономической эффективности природоохранных мероприятий могут быть

Таблица 8. Рекомендации по снижению вкладов приоритетных веществ и предприятий в суммарные риски для здоровья населения г. Нижнего Тагила

Table 8. Recommendations for reducing contributions of priority pollutants and industrial enterprises to the total public health risks in Nizhny Tagil

№ п/п / No.	Наименование вещества/ Pollutant	Объем выброса, т/год / Emission volume, tons per year	Вклад в риск от вещества, % / Contribution of pollutants to health risk, %	Наименование приоритетного предприятия / Priority enterprise	Вклад в риск от предприятия, % / Contribution of industries to health risk, %
Суммарный неканцерогенный риск (НН) / Total non-carcinogenic risk (NN)					
1	Сумма твердых PM _{2.5} / Total solid PM _{2.5}	4347,00	15,96	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	48,84
2	Сумма твердых PM ₁₀ / Total solid PM ₁₀		4,72	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	48,84
3	ДиВанадий пентоксид / Vanadium pentoxide	58,27	7,24	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	50,00
4	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид) / Manganese and its compounds (manganese (IV) oxide)	110,31	22,80	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	49,60
5	Меди оксид / Copper oxide	0,56	1,25	АО "НПК "Уралвагонзавод" / Uralvagonzavod JSC	49,85
6	Азота диоксид (Азот (IV) оксид) / Nitrogen dioxide (Nitrogen (IV) oxide)	9907,57	16,66	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	40,49
7	Серы диоксид / Sulfur dioxide	25152,70	4,03	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	48,31
8	Проп-2-ен-1-аль / Acrolein	0,40	1,13	АО "НПК "Уралвагонзавод" / Uralvagonzavod JSC	49,75
9	Керосин/ Kerosene	792,00	15,10	ПАО "УХП" / Uralchemplast PJSC	45,04
10	Пыль неорганическая: до 20 % SiO ₂ / Inorganic dust: up to 20 % SiO ₂	4525,48	1,85	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	47,56
11	Углерода оксид/ Carbon oxide	135655,46	0,50	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	49,70
Суммарный канцерогенный риск CR / Total carcinogenic risk					
1	Хром (хром шестивалентный) (в пересчете на хрома (VI) оксид) / Chromium (as measured by Cr VI)	1,3148	26,07	АО "НПК "Уралвагонзавод" / Uralvagonzavod JSC	49,85
2	Углерод (сажа) / Carbon (Soot)	291,0800	4,65	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	37,37
3	Бензол/ Benzene	77,2895	1,75	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	50,00
4	Нафталин/ Naphthalene	19,0150	7,11	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	50,00
5	Формальдегид/ Formaldehyde	21,1947	1,03	ПАО "УХП" / Uralchemplast PJSC	49,24
6	Бензин (нефтяной, малосернистый) в пересчете на углерод / Gasoline (petroleum gasoline, low-sulfur gasoline) (in terms of carbon)	0,5629	59,33	АО "ЕВРАЗ НТМК" / EVRAZ NTMK JSC	35,28

использованы при реализации Федерального закона⁸ в части обоснования и выбора загрязняющих веществ для установления квот и оценки результативности и эффективности компенсационных мероприятий для достижения установленных квотируемых выбросов с включением этих мероприятий в Комплексные планы мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на период до 2014 г. и дальнейшую перспективу [13–15].

Приведенные целевые показатели снижения совокупного по источникам валового выброса приоритетных загрязняющих веществ в атмосферный воздух обеспечивают достижение социально значимого результата реализации федерального проекта «Чистый воздух» в г. Нижнем Тагиле по критериям здоровья населения.

Выводы

Рассмотренные ключевые аспекты оценки результативности и экономической эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» на примере выполнения Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в г. Нижнем Тагиле в 2018–2019 гг. позволяют сделать следующие выводы.

1. В ходе исследования в рамках выполнения Комплексного плана мероприятий по снижению выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Нижнего Тагила отработаны методические подходы и практически выполнена оценка результативности и экономической эффективности в соответствии с принятыми нормативно-методическими документами Роспотребнадзора.

2. Проведена оценка аэрогенного риска для здоровья населения, позволяющая актуализировать социально значимые результаты реализации федерального проекта «Чистый воздух» по критериям влияния на состояние здоровья населения. Существующие в настоящее время риски для здоровья значительно (от 2 до 5 раз) превышают приемлемые значения в разных микрорайонах (зонах) риска г. Нижнего Тагила.

3. Реализация Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух города Нижний Тагил в 2018–2019 гг. позволила предотвратить 253 вероятных случая преждевременной смерти. Предотвращенный экономический ущерб для здоровья населения, рассчитанный как снижение потерь валового регионального продукта Свердловской области, составил за два года более 1156,0 млн руб. Снижение аэрогенного риска для здоровья населения г. Нижнего Тагила целесообразно оценивать по различным микрорайонам (зонам) риска в зависимости от условий, объема и источников загрязнения атмосферного воздуха.

4. Подготовлены предложения и рекомендации для ключевых промышленных предприятий (АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат», АО «НПК «Уралвагонзавод», АО «Высокогорский горно-обогатительный комбинат», ПАО «Уралхимпласт»), формирующих основной аэрогенный химический риск для здоровья населения г. Нижнего Тагила, по снижению уровня выбросов приоритетных загрязняющих веществ для достижения при-

емлемых уровней риска. По отдельным веществам необходимо снижение валового выброса загрязняющих веществ на этих промышленных предприятиях не менее чем на 50 процентов.

5. Создана основа и отработана методика использования сводного расчета приземных концентраций приоритетных загрязняющих веществ для оценки аэрогенного риска для здоровья населения и расчета необходимого и достаточного снижения совокупного выброса загрязняющих веществ по каждому из источников для достижения приемлемых уровней риска: по канцерогенному риску – не более 1 случая онкозаболевания на 10000 человек, по неканцерогенному риску – индекс опасности не более 3,0.

6. Отработанные методические подходы и полученные практические результаты позволяют тиражировать полученный опыт во всех городах, для которых приняты Комплексные планы мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (Братск, Красноярск, Норильск, Липецк, Магнитогорск, Медногорск, Новокузнецк, Омск, Челябинск, Череповец, Чита), в течение 2020 года при консультационной поддержке научных организаций Роспотребнадзора, ответственных за разработку и внедрение нормативно-методических документов федерального проекта «Чистый воздух».

7. Разработаны и апробированы методические подходы для реализации Федерального закона⁸ в части обоснования и выбора загрязняющих веществ для установления квот и оценки результативности и эффективности компенсационных мероприятий для достижения установленных целевых результатов по критериям здоровья населения с включением этих мероприятий в Комплексные планы мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на период до 2024 года и дальнейшую перспективу.

8. Создана основа для обеспечения преемственности и необходимого взаимного обмена информацией между организациями, выполняющим сводный расчет приземных концентраций загрязняющих веществ в городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух» по заданию Росприроднадзора, и научными организациями Роспотребнадзора, осуществляющими расчет аэрогенных рисков для здоровья населения с последующим обоснованием перечня приоритетных веществ для квотирования и оценки результативности и экономической эффективности реализованных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по критериям здоровья населения.

Информация о вкладе авторов: Концепция и дизайн исследования: Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Ярушин С.В., Малых О.Л., Кузьмина Е.А. Сбор и обработка материала, статистическая обработка: Шевчик А.А., Кузьмин Д.В., Цепилова Т.М. Написание текста: Гурвич В.Б., Власов И.А., Ярушин С.В., Малых О.Л., Шевчик А.А., Бармин Ю.Я., Кузьмин Д.В. Редактирование: Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Кузьмина Е.А., Власов И.А.

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках федерального проекта «Чистый воздух».

⁸ Федеральный закон от 26.07.2019 № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха».

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (пп. 2, 10 см. References)

1. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.01
2. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В. и др. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1125–1129. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129
3. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М. и др. Анализ риска здоровью населения при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 30–36. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.03
4. Тихонова И.В., Землянова М.А. Актуализация системы социально-гигиенического мониторинга на основе анализа риска здоровью (муниципальный уровень) // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 60–68. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.06
5. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В. и др. Методические подходы к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха в рамках социально-гигиенического мониторинга для задач федерального проекта «Чистый воздух» // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 4–17. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.01
6. Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А. и др. Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила) // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 9 (330). С. 37–46.
7. Зайцева Н.В., Голева О.И., Шур П.З. Система показателей оценки экономической эффективности мероприятий по снижению риска для здоровья населения. В сб.: Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения: матер. II Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием; Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2011. С. 7–10.
8. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В. и др. Научная концепция развития нормативно-методической основы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1226–1230. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1226-1230
9. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 9 (318). С. 4–12.
10. Зайцева Н.В., Шур П.З., Голева О.И. Экономическая оценка риска для жизни и здоровья населения региона // Экономика региона. 2012. № 2. С. 178–185.
11. Зайцева Н.В., Землянова М.А., Май И.В. и др. Комплексная оценка эффективности митигации вреда здоровью на основе теории нечетких множеств при планировании воздухоохраных мероприятий // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 25–37. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.03
12. Ревич Б.А. Национальный проект «Чистый воздух» в контексте охраны здоровья населения // Экологический вестник России. Доступно по: <http://ecovestnik.ru/index.php/2013-07-07-02-13-50/nashi-publikacii/3132-natsionalnyj-proekt-chistyj-vozdukh-v-kontekste-okhrany-zdorovya-naseleniya>. Ссылка активна на 01 марта 2020 г.
13. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В. и др. Методология оценки и управления риском для здоровья населения в системе законодательного регулирования санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 1. С. 4–8.
14. Popova AYU, Zaitseva NV, May IV. Population health as a target function and criterion for assessing efficiency of activities performed within “pure air” federal project. *Health Risk Analysis*. 2019; (4):4-13. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.01>
15. Burnett RT, Smith-Doiron M, Stieb D, et al. Effects of particulate and gaseous air pollution on cardiorespiratory hospitalizations. *Arch Environ Health*. 1999; 54(2):130-139. DOI: <https://doi.org/10.1080/00039899909602248>
16. Popova AYU, Gurvich VB, Kuzmin SV, et al. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(12):1125-1129. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129>
17. Rakitskii VN, Avaliani SL, Novikov SM, et al. Health risk analysis related to exposure to ambient air contamination as a component in the strategy aimed at reducing global non-infectious epidemics. *Health Risk Analysis*. 2019; (4):30-36. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.03>
18. Tikhonova IV, Zemlyanova MA. Social-hygienic monitoring system updating based on health risk analysis (at the municipal level). *Health Risk Analysis*. 2019; (4):60-68. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.06>
19. Zaitseva NV, May IV, Kleyn SV, et al. Methodical approaches to selecting observation points and programs for observation over ambient air quality within social and hygienic monitoring and “pure air” federal project. *Health Risk Analysis*. 2019; (3):4-17. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.3.01>
20. Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Vlasov I.A., et al. Methodological approaches to optimizing ambient air quality monitoring programs within the framework of the Federal Clean Air Project (on the example of Nizhny Tagil). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; 9(330):37-46. (In Russian)
21. Zaitseva NV, Goleva OI, Shur PZ. A system of parameters for assessing the economic efficiency of health risk reduction measures. In: *Hygienic, medical and preventive care technologies for controlling risks to public health: Proceedings of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation*. Perm: Izd-vo Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta Publ., 2011. P. 7-10. (In Russian).
22. Popova AYU, Gurvich VB, Kuzmin SV, et al. The paradigm of the development of the regulatory and methodological framework aimed to maintain sanitary and epidemiological welfare of the population. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(12):1226-1230. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1226-1230>
23. Burger M, Catto JW, Dalbagni G, et al. Epidemiology and risk factors of urothelial bladder cancer. *Eur Urol*. 2013; 63(2):234-241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2012.07.033>
24. Popova AYU, Kuz'min SV, Gurvich VB, et al. Data-driven risk management for public health as supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019; 9(318):4-12. (In Russian).
25. Zaitseva NV, Shur PZ, Goleva OI. An economic assessment of population health risk in region. *Ekonomika Regiona*. 2012; (2):178-185. (In Russian).
26. Zaitseva NV, Zemlyanova MA, May IV, et al. Efficiency of health risk mitigation: complex assessment based on fuzzy sets theory and applied in planning activities aimed at ambient air protection. *Health Risk Analysis*. 2020; (1):25-37. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.03>
27. Revich BA. The National Clean Air Project in the context of public health protection. *Ekologicheskii Vestnik Rossii*. Available at: <http://ecovestnik.ru/index.php/2013-07-07-02-13-50/nashi-publikacii/3132-natsionalnyj-proekt-chistyj-vozdukh-v-kontekste-okhrany-zdorovya-naseleniya>. Accessed: 1 March 2020. (In Russian).
28. Kuzmin SV, Gurvich VB, Dikonskaya OV, et al. Methodology of assessing and evaluating public health risk in legal regulation of sanitary epidemiologic well-being of population. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2016; (1):4-8. (In Russian).

Контактная информация:

Ярушин Сергей Владимирович, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией социально-гигиенического мониторинга и управления рисками ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора
e-mail: sergeyy@ymrc.ru

Corresponding author:

Sergey V. Yarushin, Senior Researcher, Head of the Laboratory for Socio-Hygienic Monitoring and Risk Management, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers of Rospotrebnadzor
e-mail: sergeyy@ymrc.ru