

© Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А., Чистякова И.В., Ярушин С.В., Корнилков А.С., Кузьмин Д.В., Малых О.Л., Кочнева Н.И., Шевчик А.А., Цепилова Т.М., Кузьмина Е.А., 2020
УДК 614.771-074

Методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижнего Тагила)

В.Б. Гурвич¹, Д.Н. Козловских², И.А. Власов², И.В. Чистякова³,
С.В. Ярушин¹, А.С. Корнилков³, Д.В. Кузьмин¹, О.Л. Малых²,
Н.И. Кочнева², А.А. Шевчик¹, Т.М. Цепилова¹, Е.А. Кузьмина⁴

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 «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», пер. Отдельный, д. 3, г. Екатеринбург, 620078, Российская Федерация

⁴ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, Варшавское ш., д. 19А, г. Москва, 117105, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Реализация федерального проекта «Чистый воздух» предусматривает в качестве одного из ключевых социально значимых результатов максимальное сокращение уровня аэрогенного риска для здоровья населения в результате достижения целевого значения показателя снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (до 20 % к уровню 2017 года) в ряде городов, включенных в качестве приоритетных в федеральный проект. *Материалы и методы.* Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха для оценки достижения этого результата имеет ключевое значение как при верификации применения модели расчета приземных концентраций загрязняющих веществ и последующего расчета рисков для здоровья населения, так и при оценке изменения качества атмосферного воздуха. В объективности таких оценок принципиальным является определение списка приоритетных для здоровья населения загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, выбор точек мониторинга, в наилучшей степени характеризующих экспозицию населения к этим веществам, а также программы (периодичности и объема) исследований. *Результаты.* В статье приводятся результаты реализации принятых Роспотребнадзором методических подходов к оптимизации мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках решения задач федерального проекта «Чистый воздух» в городе Нижнем Тагиле. Разработана Программа мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха в городе Нижний Тагил на 2020 год и проведена ее апробация. Эта программа, в совокупности с программами мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, осуществляемыми на территории города Росгидрометом и Министерством природных ресурсов и экологии Свердловской области, с учетом их реализации за последние пять лет, позволяет обеспечить участников реализации федерального проекта «Чистый воздух» информацией о качестве атмосферного воздуха для решения ключевых задач. *Выводы.* Принятая и выполняемая ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» Программа мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха в городе Нижний Тагил на 2020 год удовлетворяет условиям и требованиям реализации федерального проекта «Чистый воздух».

Ключевые слова: Программа мониторинга, атмосферный воздух, оценка риска для здоровья, федеральный проект, чистый воздух.

Для цитирования: Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А., Чистякова И.В., Ярушин С.В., Корнилков А.С., Кузьмин Д.В., Малых О.Л., Кочнева Н.И., Шевчик А.А., Цепилова Т.М., Кузьмина Е.А. 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. 38-47. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47>

Methodological Approaches to Optimizing Ambient Air Quality Monitoring Programs within the Framework of the Federal Clean Air Project (on the example of Nizhny Tagil)

V.B. Gurvich¹, D.N. Kozlovskikh², I.A. Vlasov², I.V. Chistyakova³, S.V. Yarushin¹, A.S. Kornilkov³,
D.V. Kuzmin¹, O.L. Malykh², N.I. Kochneva², A.A. Shevchik¹, T.M. Tsepilova¹, E.A. Kuzmina⁴

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

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

³Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region, 3 Otdelny Lane, Yekaterinburg, 620078, Russian Federation

⁴Federal Center for Hygiene and Epidemiology, 19A Varshavskoe Shosse, Moscow, 117105, Russian Federation

Summary. *Introduction:* One of the key socially significant results of implementing the Federal Clean Air Project is the maximum possible mitigation of inhalation health risks by achieving the target rate of reducing emissions (by 20 % against the level of 2017) in a number of cities included in the federal project as priority areas. *Materials and methods:* Ambient air pollution monitoring as a measure of this accomplishment is indispensable both for verification of applying the model to estimating surface concentrations of pollutants, assessing health risks, and evaluating changes in ambient air quality. For the objectivity of such assessments, it is fundamental to determine the list of priority health-threatening air pollutants, to select monitoring sites that best characterize population exposure to these chemicals, and to plan air quality monitoring programs setting sampling frequency and volume. *Results:* The article presents the results of implementing methodological approaches adopted by the Russian Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumer Rights and Human Wellbeing (Rosпотребнадзор) to optimize ambient air quality monitoring within the framework of solving the tasks of the Federal Clean Air Project in the city of Nizhny Tagil, Sverdlovsk Region, in 2019. The Nizhny Tagil air quality monitoring program for 2020 has been developed and tested. This program, in conjunction with similar programs carried out by the Russian Federal Hydrometeorology and Environmental Monitoring Service (Roshydromet) and the Ministry of Natural Resources and Environment of the Sverdlovsk Region and taking into account their implementation over the past five years, helps provide implementers of the federal project with air pollution data to address its key challenges. *Conclusions:* The adopted ambient air quality monitoring program implemented in Nizhny Tagil in 2020 by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region meets terms and requirements of the Federal Clean Air Project.

Keywords: monitoring program, ambient air, health risk assessment, federal project, clean air.

For citation: Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Vlasov I.A., Chistyakova I.V., Yarushin S.V., Kornilov A.S., Kuzmin D.V., Malykh O.L., Kochneva N.I., Shevchik A.A., Tsepilova T.M., Kuzmina E.A. 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)):38–47. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-38-47>

Author information: 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>; Chistyakova I.V., <https://orcid.org/0000-0002-3247-9269>; Yarushin S.V., <https://orcid.org/0000-0001-8215-9944>; Kornilov A.S., <https://orcid.org/0000-0002-4526-3352>; Kuzmin D.V., <https://orcid.org/0000-0002-3613-8330>; Malykh O.L., <https://orcid.org/0000-0001-8394-627X>; Kochneva N.I., <https://orcid.org/0000-0001-7316-854X>; Shevchik A.A., <https://orcid.org/0000-0002-4380-1575>; Tsepilova T.M., <https://orcid.org/0000-0002-1678-3180>; Kuzmina E.A., <https://orcid.org/0000-0002-0723-8674>.

Введение. Реализация федерального проекта «Чистый воздух» предусматривает в качестве одного из ключевых социально значимых результатов максимальное сокращение аэрогенного риска для здоровья населения в результате достижения целевых значений показателей снижения совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (до 20 % к уровню 2017 года) и улучшения качества атмосферного воздуха до уровня, исключающего «очень высокое» и «высокое» загрязнение в городах – участниках федерального проекта [1–4]. Это условие предусматривает прежде всего сокращение объема выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, в наибольшей степени влияющих на состояние здоровья населения (заболеваемость и смертность) и определяющих уровень аэрогенного риска как для здоровья населения в целом, так и наиболее чувствительных его групп, к которым относятся дети и беременные. Комплексные планы мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, принятые в городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух», не учитывают эти условия в полной мере, а, значит, требуют дополнительных мероприятий по анализу рисков, включая меры по оценке и управлению аэрогенными рисками для здоровья населения [5–9].

Нижний Тагил является участником реализации федерального проекта «Чистый воздух». Комплексный план мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух Нижнего Тагила предусматривает сокращение совокупного объема выбросов на 25,68 тыс. тонн к 2024 году относительно уровня 2017 года, что соответствует уровню снижения на 18,5 %. Реализуются мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников (предприятий Нижнетагильский металлургический комбинат, Уралвагонзавод, Высокогорский горно-обогатительный комбинат и Уралхимпласт), а также выбросы автотранспорта, составляющие более 98 % совокупного выброса загрязняющих веществ в городе. Практически все население Нижнего Тагила подвержено неблагоприятному воздействию загрязненного атмосферного воздуха. Численность экспонированного населения составляет около 350 тыс. человек [8, 10, 11].

Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха имеет ключевое значение для оценки достижения социально значимых результатов как при верификации применения модели расчета приземных концентраций загрязняющих веществ и последующего расчета рисков для здоровья населения, так и при оценке изменения

качества атмосферного воздуха по критериям превышения максимально разовых и среднесуточных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. При этом следует ориентироваться на реализацию закона¹, требования которого основаны на проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха во всех городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух» с учетом результатов и на основе ранее выполненных исследований качества атмосферного воздуха. В свою очередь сводный расчет является базовой информацией для расчета рисков для здоровья населения по результатам моделирования среднегодовых приземных концентраций загрязняющих веществ. Предусматривается, что уровень достоверности модели расчета приземных концентраций может быть охарактеризован как высокий в случае статистической оценки корреляционных коэффициентов (коэффициенты Спирмена) 0,5 и выше при сравнении результатов фактических инструментальных замеров в точках мониторинга с расчетными значениями.

Система мониторинга атмосферного воздуха в городе, кроме маршрутных постов ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», включает четыре стационарных поста Росгидромета и два стационарных поста Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области.

Программа мониторинга загрязнения атмосферного воздуха объединяет проведение исследований, осуществляемых на постах Росгидромета, постах системы экологического мониторинга органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и маршрутных постах в филиалах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъектах Российской Федерации, обеспечивающих проведение социально-гигиенического мониторинга (СГМ). При этом только в рамках СГМ обеспечивается получение данных для оценки экспозиции к загрязняющим веществам в отличие от первых двух участников мониторинга, осуществляющих анализ изменения качества исключительно атмосферного воздуха без оценки его влияния на состояние здоровья населения. Эти условия определяют как критерии выбора веществ для исследования, так и точки отбора проб атмосферного воздуха на постах Центров гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации с учетом численности экспонированного населения.

Обоснование, разработка и апробация Программы мониторинга атмосферного воздуха в городе Нижнем Тагиле ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области»,

¹ Федеральный закон от 26 июня 2019 года № 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».

призванной обеспечить решение задач оценки риска для здоровья населения, выполнялись в 2019 году рамках научно-исследовательской работы «Актуализация системы осуществления социально-гигиенического мониторинга в городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух» в части периодичности, параметров и выбора точек наблюдений за качеством атмосферного воздуха», а также научно-исследовательской работы «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска для здоровья населения в целях принятия обоснованных управленческих решений по обеспечению качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух»». Финальной фазой реализации федерального проекта «Чистый воздух», как и использования результатов выполненного мониторинга атмосферного воздуха за последние пять лет в Нижнем Тагиле, является научно-исследовательская работа «Оценка эффективности и результативности мероприятий по управлению риском здоровью населения, созданию комфортной и благоприятной среды обитания» [2–4].

Материалы и методы. Базовые методические подходы к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» определены в методических рекомендациях². Ключевыми требованиями к такой программе наблюдений являются: проведение не менее 300 исследований в год всех приоритетных для здоровья населения загрязняющих веществ, 75 дней в год, 4 исследования в сутки и с охватом исследованиями не менее чем трех сезонов в год. Принципиальным было и остается решение задачи определения перечня приоритетных веществ и точек мониторинга, обеспечивающих в максимальной степени достоверность и полноту характеристики экспонированного населения. Предусматривается, что этот перечень должен стать основой как программы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и перечня котируемых веществ при реализации эксперимента по установлению квот, так и оценки результативности и эффективности (включая экономическую) реализации федерального проекта «Чистый воздух» на основе сокращения рисков для здоровья населения [1, 10, 11, 14–16].

Методические подходы к проведению этой части работ установлены Роспотребнадзором в методических рекомендациях³. Одним из базовых подходов к формированию первичных данных при расчете рисков для здоровья населения является использование результатов сводных расчетов приземных концентраций загрязняющих веществ, выполняемых в соответствии с правилами, утвержденными приказом⁴.

Обоснование, разработка и апробация Программы мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха в городе Нижнем Тагиле на 2020 год в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» осуществлялись в несколько последовательных этапов.

Этап 1. Определение предварительного списка приоритетных загрязняющих веществ для мониторинга качества атмосферного воздуха.

Выбор приоритетных веществ осуществлялся на основе общего списка загрязняющих веществ, выбрасываемых стационарными и передвижными (прежде всего автотранспортом) источниками. Всего таких веществ 166 по данным анализа томов ПДВ четырех предприятий, участвующих в федеральном проекте «Чистый воздух». Критериями отбора (ранжирования), на основе которых определялся перечень приоритетных веществ, являлись:

– основной (95%-й) вклад в суммарный объем выброса в год (по данным томов ПДВ предприятий);

– результаты ранжирования химических соединений в соответствии с руководством⁵ с использованием величин референтных концентраций (RfC);

– результаты ранжирования химических соединений в соответствии с руководством⁵ с использованием величин российских гигиенических нормативов (ПДКсс, ПДКмр, ОБУВ);

– принадлежность вещества к перечню канцерогенных химических соединений (группы 1, 2А и 2В по классификации МАИР);

– отнесение к приоритетам для Российской Федерации в соответствии с письмом⁶;

– результаты мониторинга атмосферного воздуха, выполненного за последние 5 лет (превышение гигиенических нормативов более чем 0,5 ПДК).

По результатам такого критериального отбора в итоговом приоритетном списке осталось 39 загрязняющих веществ.

Этап 2. Отработка и апробация методик и программы исследований приоритетных веществ в атмосферном воздухе на маршрутных постах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области».

Работы этого этапа выполнялись в период с сентября по декабрь 2019 года. Отработка методик и программы исследований осуществлялись на одном маршрутном посту в Нижнем Тагиле по адресу: улица Октябрьской Революции, 54.

Этап 3. Расчет рисков для здоровья населения проводился на основе сводного расчета приземных среднегодовых концентраций загрязняющих веществ с последующим уточнением по результатам оценки риска перечня приоритетных веществ.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ выполнен с использованием данных томов ПДВ четырех предприятий, участвующих в

² МР 2.1.6.0157–19 «Формирование программ наблюдения за качеством атмосферного воздуха и количественная оценка экспозиции для задач социально-гигиенического мониторинга».

³ МР 2.1.10.0156–19 «Оценка качества атмосферного воздуха и анализ риска здоровью населения в целях принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения».

⁴ Приказ Минприроды России от 29.11.2019 № 813 «Об утверждении правил проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию».

⁵ 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.

⁶ Информационное письмо Департамента Госсанэпиднадзора Минздрава РФ от 7 августа 1997 г. № 11/109-111 «О списке приоритетных веществ, содержащихся в окружающей среде и их влияние на здоровье населения».

федеральном проекте «Чистый воздух» в городе Нижнем Тагиле, и результатов исследований загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом. Расчет рисков проведен по всем веществам, загрязняющим атмосферный воздух. Для уточнения списка приоритетных веществ использовались дополнительные критерии к этапу 1:

– максимум расчетных максимально разовых концентраций (вещества с расчетными концентрациями более 0,5 ПДК_{мр});

– максимум расчетных среднегодовых концентраций (вещества с расчетными концентрациями более 0,5 ПДК_{сс});

– максимум расчетного риска для здоровья по коэффициенту опасности (вещества с коэффициентом опасности более 0,1);

– максимум расчетного канцерогенного риска для здоровья (вещества с канцерогенным риском более 1×10^{-6} , что соответствует 1 прогнозируемому случаю рака на 1 000 000 человек).

По результатам применения этих критериев в предварительный список приоритетных веществ было добавлено 5 веществ, исключено 11. В окончательный список приоритетных веществ для проведения мониторинга качества атмосферного воздуха и аэрогенных рисков включено 33 вещества: углерод оксид, сера диоксид, азота диоксид, диЖелезо триоксид, азота оксид, пыль неорганическая до 20 % SiO₂, марганец и его соединения, пыль неорганическая 20–70 % SiO₂, гидроцианид, дигидросульфид, диАлюминий триоксид, диВанадий пентоксид, никель оксид, хром шестивалентный, углерод (сажа), бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, нафталин, акролеин, керосин, формальдегид, бензин, этилбензол, свинец, аммиак, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM_{2,5}, взвешенные частицы PM₁₀, фенол, кадмий дихлорид, медь оксид, ксилол.

Этап 4. Обоснование и выбор точек мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и рисков для здоровья населения.

Критериями выбора точек мониторинга загрязнения атмосферного воздуха и рисков для здоровья населения для ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» являются:

– максимум численности населения, экспонированного к приоритетным загрязняющим веществам;

– максимум уровня расчетного суммарного индивидуального канцерогенного риска;

– максимум уровня расчетного суммарного популяционного канцерогенного риска;

– максимум уровня расчетного суммарного индивидуального риска по индексу опасности;

– максимум уровня расчетного риска по индексу опасности с учетом численности подверженного воздействию населения, что близко по смыслу к оценке суммарного популяционного риска.

Оценка риска для здоровья проводилась с использованием модели расчета приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с шагом расчетной сетки 250 метров на 250 метров. По результатам моделирования в городе Нижний Тагил было выделено 13 микрорайонов (зон) с различными особенностями загрязнения атмосферного воздуха: интенсивность автомобильного движения,

подверженность загрязнению предприятиями преимущественно металлургического, машиностроительного или химического производства, а также с минимальным загрязнением – «условно чистые» микрорайоны (зоны). Учитывались и особенности географического расположения и исторически сложившегося деления микрорайонов. Точки мониторинга должны обеспечить получение данных прежде всего в микрорайонах (зонах) с наиболее высоким загрязнением атмосферного воздуха и, соответственно, риском для здоровья. Таких микрорайонов (зон) в Нижнем Тагиле 10. Учитывалось наличие четырех стационарных постов Росгидромета и двух стационарных постов «Скат» Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области. Оценка качества атмосферного воздуха на этих 6 постах мониторинга выполняется исходя из концентраций загрязняющих веществ из перечня приоритетных, хотя и по ограниченному их списку: 15 веществ на постах Росгидромета и 6 веществ на постах «СКАТ».

По результатам проведенных обоснований и выбора точек мониторинга для оценки загрязнения атмосферного воздуха и рисков для здоровья населения предложено 5 точек, исследования в которых должны осуществляться по всему списку принятых 33 приоритетных загрязняющих веществ.

Этап 5. Обсуждение результатов обоснования перечня приоритетных загрязняющих веществ и точек мониторинга качества атмосферного воздуха и рисков для здоровья населения с принятием программы мониторинга.

По результатам выбора приоритетных загрязняющих веществ и точек мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, обоснованных с использованием оценки аэрогенных рисков для здоровья населения и экспертной оценки, принята и реализуется программа и график исследований на 2020 год.

Результаты исследования. Применение методических подходов к оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух», принятых и утвержденных Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, позволило обосновать, разработать и провести апробацию Программы мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха в городе Нижнем Тагиле на 2020 год. Эта программа, в совокупности с программами мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, осуществляемыми на территории города Росгидрометом и Министерством природных ресурсов и экологии Свердловской области, с учетом их реализации за последние пять лет, позволяет обеспечить участников реализации федерального проекта «Чистый воздух» информацией о качестве атмосферного воздуха для решения ключевых задач.

На рис. 1 и 2 приведены результаты расчета рисков для здоровья населения по микрорайонам (зонам) Нижнего Тагила. Увеличение размера радиуса окружности и изменение интенсивности цвета от светлого к темному характеризует увеличение уровня аэрогенного риска для здоровья в расчетных точках по сетке 250 метров на 250 метров.

На рисунках также нанесены точки мониторинга для оценки качества атмосферного

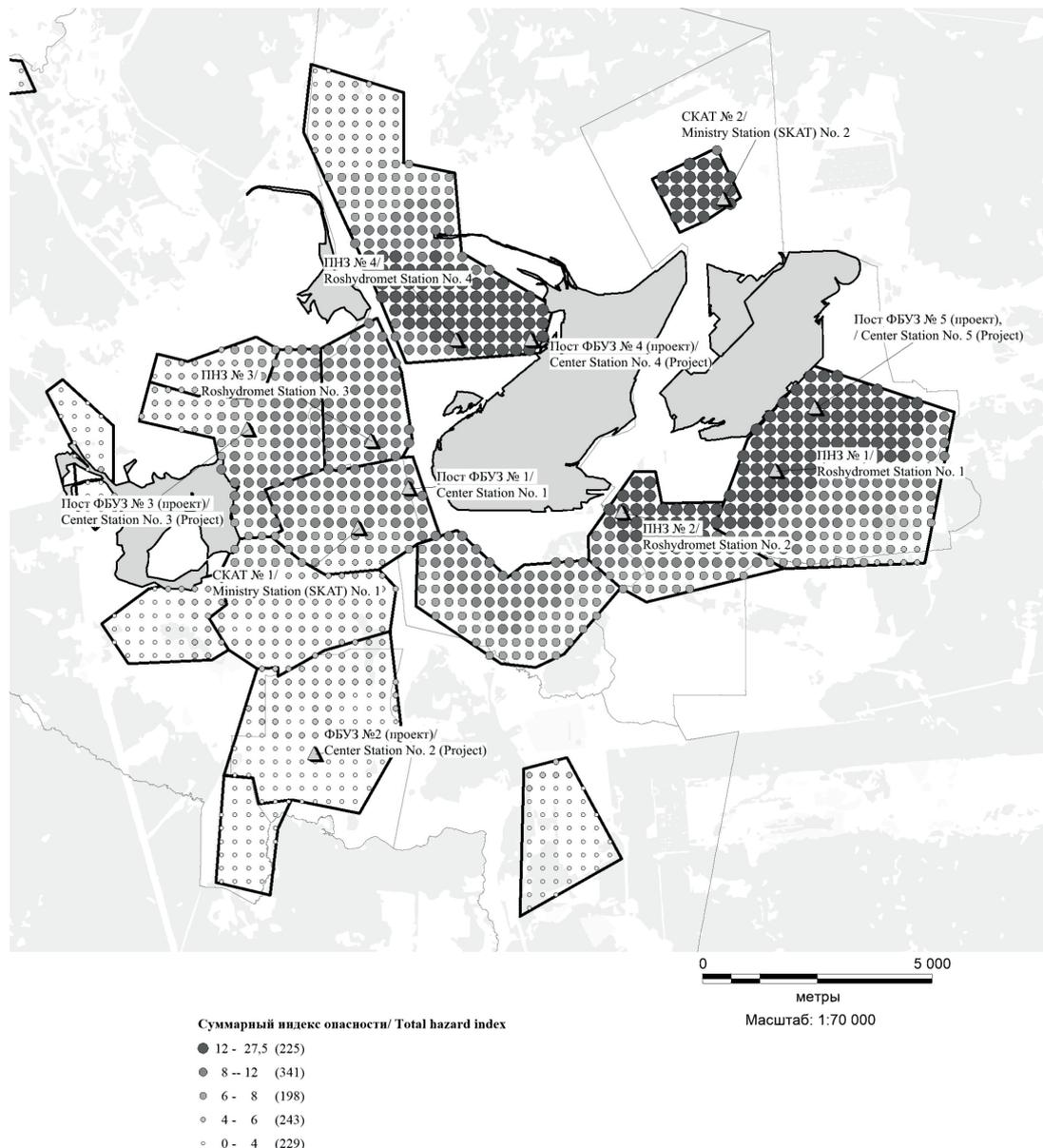


Рис. 1. Уровни расчетного неканцерогенного риска по суммарному индексу опасности в микрорайонах (зонах) риска города Нижнего Тагила

Fig. 1. Non-carcinogenic health risks estimated on the basis of the total hazard index in microdistricts of Nizhny Tagil

воздуха и аэрогенных рисков для здоровья населения, обоснованные для решения задач федерального проекта. Приведенная информация иллюстрирует применение ключевого критерия для выбора точек мониторинга атмосферного воздуха — по максимуму уровня риска для здоровья населения.

На карте-схеме отмечены как действующие 7 постов мониторинга, включая посты Росгидромета и Министерства природных ресурсов и экологии Свердловской области, так и 4 дополнительных поста филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области», ориентированные на получение данных для оценки экспозиции к загрязняющим веществам.

Оптимизированная программа мониторинга качества атмосферного воздуха в Нижнем Тагиле позволяет обеспечить решение следующих ключевых задач федерального проекта «Чистый воздух»:

задача 1 — провести верификацию корректности и результатов применения модели

расчета приземных концентраций загрязнения атмосферного воздуха для их использования в расчетах уровня канцерогенного и неканцерогенного риска;

задача 2 — оценить состояние и изменение качества атмосферного воздуха и риска для здоровья населения по микрорайонам (зонам) риска и городу в целом;

задача 3 — информировать лиц, принимающих решения в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и сокращения аэрогенного риска для здоровья населения, а также население о состоянии и прогнозе состояния санитарно-эпидемиологического благополучия населения и мерах по управлению аэрогенным риском для здоровья населения в городе.

В табл. 1 приведены сводные данные о ранжировании аэрогенных рисков для здоровья населения по микрорайонам (зонам) риска и характеристике постов мониторинга, включенных в оптимизированную программу в рамках реализации федерального проекта «Чистый

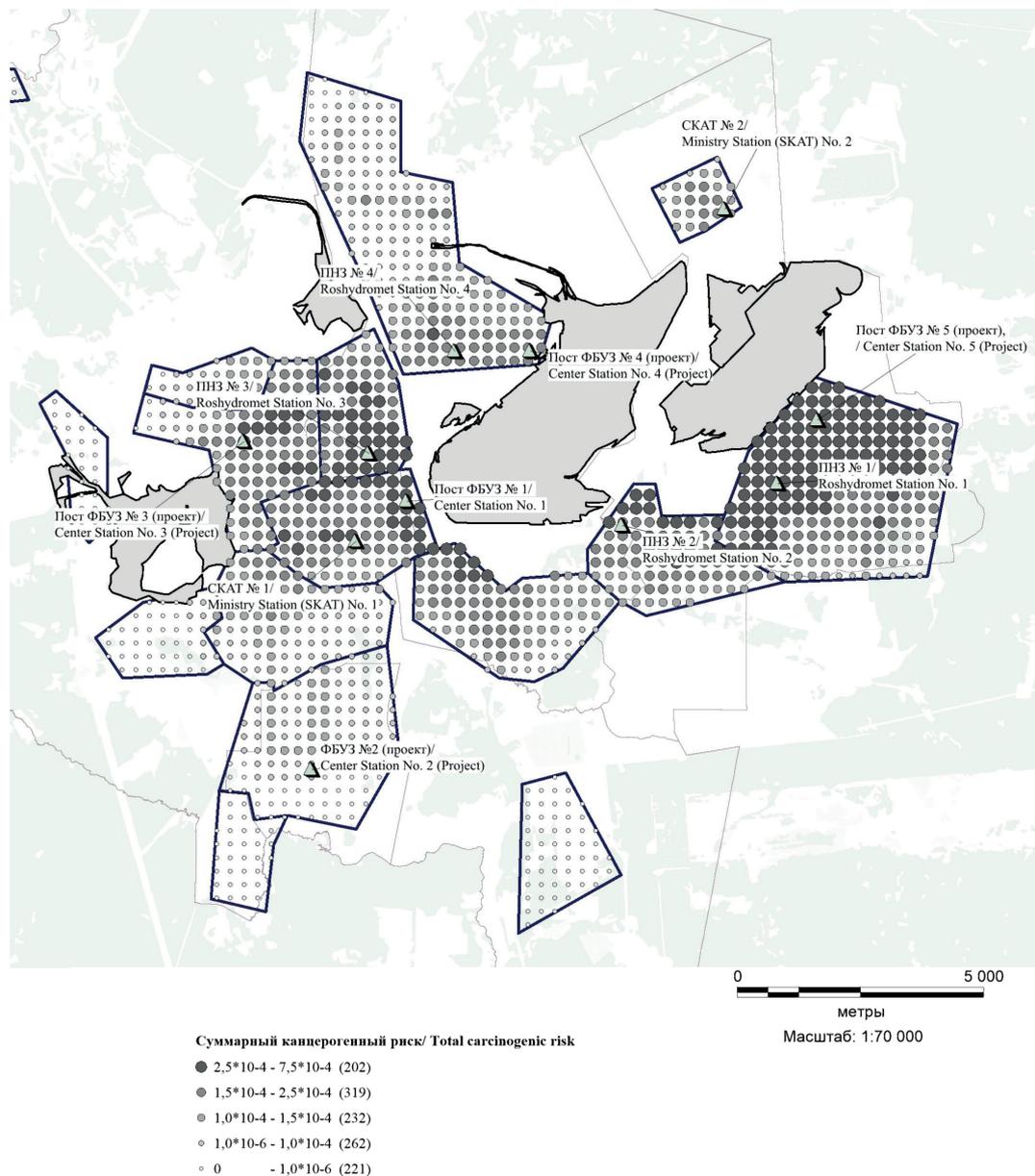


Рис. 2. Уровни расчетного суммарного канцерогенного риска в микрорайонах (зонах) риска города Нижнего Тагила
Fig. 2. Estimated total carcinogenic risk levels in risk microdistricts (areas) of Nizhny Tagil

воздух». Минимальный суммарный ранг (по критериям индивидуального и популяционных канцерогенных и неканцерогенных рисков) характеризует микрорайоны (зоны) наибольшего риска для здоровья.

Районы Гальяно-Горбуновский и Горбуново были выбраны для размещения поста как «условно чистые» с последующим проведением сравнительного анализа территориального распределения величин концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и аэрогенных рисков в различных районах (зонах) города.

В рамках решения задачи 1 федерального проекта «Чистый воздух» получены результаты верификации используемой модели расчета приземных концентраций с данными фактических измерений на 7 действующих в 2019 году постах мониторинга по коэффициентам корреляции, что позволило с большой долей достоверности использовать полученные расчетные данные. В табл. 2 приведены результаты

статистического анализа расчетных и фактических концентраций максимально разовых и среднесуточных концентраций загрязняющих веществ из списка приоритетных.

Только на двух постах получены неустойчивые результаты верификации, связанные прежде всего с незначительным количеством исследуемых веществ (6 веществ) на этих постах. В целом же критерий верификации (достоверности) модели на уровне 0,5 коэффициента корреляции выполняется, и, значит, применение полученной модели при расчете рисков для здоровья населения корректно и может быть использовано в дальнейшем при оценках эффективности и результативности реализации всего федерального проекта «Чистый воздух» в городе Нижнем Тагиле.

Решение второй задачи с учетом проведенной верификации используемой модели дает более значимые результаты оценки риска для здоровья населения. В табл. 3 приведены расчетные значения суммарного канцерогенного

Таблица 1. Микрорайоны (зоны) аэрогенного риска для здоровья населения и размещение постов мониторинга
Table 1. Microdistricts (areas) posing inhalation health risks and location of ambient air quality monitoring stations

№ п/п / No.	Микрорайоны (зоны риска) / Microdistricts (risk areas)	Суммарный ранг / Total rank	Пост мониторинга / Ambient air quality monitoring station	Адрес поста мониторинга / Location of the air monitoring station
1.	Вагонка / Vagonka	5	Пост Росгидромета № 1 / Roshydromet* Station No. 1	Окунева – Энтузиастов / Okuneva – Entuziastov crossroads
			Пост ФБУЗ № 5 (проект) / Center** Station No. 5 (Project)	Дзержинского – Свердлова – Орджоникидзе – Молодежная / Dzerzhinskogo – Sverdlova – Ordzhonikidze – Molodezhnaya crossroads
2.	Красный Камень / Krasny Kamen	12	Пост Росгидромета № 3 / Roshydromet Station No. 3	Красная, 6/ 6 Krasnaya Street
3.	Северный поселок / Severny settlement	19	Пост Минприроды Свердловской области № 2 / Ministry*** Station No. 2	Бирюзовая / Buryuzovaya Street
4.	Сухоложский поселок / Sukholozhsky settlement	20	Пост Росгидромета № 2 / Roshydromet Station No. 2	Гражданская, 4а / 4a Grazhdanskaya Street
5.	Центр / Center	20	Пост ФБУЗ № 1 / Center Station No. 1	Октябрьской Революции, 54 / 54 Oktabrskoy Revolutsii Street
			Пост Минприроды Свердловской области № 1 / Ministry Station No. 1	Пархоменко, 1а / 1a Parkhomenko Street
6.	Техпоселок, Рудник, Ольховка / Tekhpосelok, Rudnik, Olkhovka	23	Пост Росгидромета № 4 / Roshydromet Station No. 4	Металлургов, 7а / 7a Metallurgov Street
			Пост ФБУЗ № 4 (проект) / Center Station No. 4 (Project****)	Шевченко, 9 / 9 Shevchenko Street
7.	Вья, Черемшанка / Vyua, Cheremshanka	24	Пост ФБУЗ № 3 (проект) / Center Station No. 3 (Project)	Космонавтов – Высокогорская / Kosmonavtov – Vysokogorskaya crossroads
8.	Кушва / Kushva	25		
9.	Кирпичный поселок / Kirpichny settlement	38		
10.	Гальяно-Горбуновский, Горбуново / Galyano-Gorbunovskiy, Gorbunovo	40	Пост ФБУЗ № 2 (проект) / Center Station No. 2 (Project)	Октябрьский проспект – Уральский проспект / Oktyabrskiy – Uralskiy crossroads
11.	Старая Гальянка, Гольи Камень / Staraya Galyanka, Golyi Kamen	42		
12.	Старатель / Staratel	44		
13.	Евстюниха / Evstyunikha	52		

Notes (applicable to all figures and tables): *Roshydromet – Russian Federal Hydrometeorology and Environmental Monitoring Service; **Center – Center for Hygiene and Epidemiology in the Sverdlovsk Region, Federal Budgetary Health Institution; ***Ministry – Ministry of Natural Resources and Environment of the Sverdlovsk Region; ****Project – The station was set up within implementation of the Federal Clean Air Project.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между расчетными и фактическими данными мониторинга концентраций загрязняющих веществ, 2019 год

Table 2. Coefficients of correlation between estimated and actual monitoring data on airborne pollutant concentrations, 2019

№ п/п / No.	Пост мониторинга / Monitoring station	Количество исследуемых веществ / Number of measured pollutants	Коэффициент корреляции Спирмена / Spearman's rank correlation coefficient	p-значение / p-value
1.	Пост Росгидромета № 1 / Roshydromet Station No. 1	20	0,63	0,003
2.	Пост Росгидромета № 2 / Roshydromet Station No. 2	15	0,84	0,000
3.	Пост Росгидромета № 3 / Roshydromet Station No. 3	16	0,84	0,000
4.	Пост Росгидромета № 4 / Roshydromet Station No. 4	6	0,43	0,097
5.	Пост Минприроды Свердловской области № 1 / Ministry Station No. 1	6	0,54	0,066
6.	Пост Минприроды Свердловской области № 2 / Ministry Station No. 2	6	0,41	0,062
7.	Пост ФБУЗ № 1 / Center Station No. 1	10	0,92	0,000

и неканцерогенного аэрогенного риска для здоровья населения по микрорайонам (зонам) риска.

Риски для здоровья населения Нижнего Тагила, связанные с химическим загрязнением атмосферного воздуха, характеризуются как недопустимые. Суммарный индивидуальный неканцерогенный риск превышает установленный уровень (предельное значение 3,0) во всех микрорайонах (зонах) риска, за исключением микрорайона Евстюниха. При этом в микрорайонах Вагонка, Красный Камень, Северный поселок, Сухоложский поселок, Центр, Техпоселок, Рудник и Ольховка, Кушва индекс опасности превышает значение 10,0. Эти же микрорайоны характеризуются и

повышенным канцерогенным риском, превышающим допустимые значения до 3 раз (уровень предельно допустимого риска – 1×10^{-4}).

Принятый в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух» Комплексный план мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух города Нижний Тагил предусматривает реализацию мер прежде всего на четырех промышленных предприятиях, определяющих совокупный объем выбросов загрязняющих веществ на уровне 98 %, что позволит обеспечить качество атмосферного воздуха не только с учетом соблюдения гигиенических нормативов, но и снизить уровень аэрогенного риска для здоровья населения

Таблица 3. Аэрогенные риски для здоровья населения по микрорайонам (зонам) риска города Нижнего Тагила
Table 3. Inhalation health risks by microdistricts (risk areas) of Nizhny Tagil

№ п/п / No.	Микрорайоны (зоны риска) / Microdistricts (risk areas)	Суммарный индивидуальный неканцерогенный риск / Total individual non-carcinogenic risk	Суммарный индивидуальный канцерогенный риск / Total individual carcinogenic risk	Численность населения микрорайона (зоны), чел. / Number of inhabitants in the microdistrict
1.	Вагонка / Vagonka	16,02	$2,85 \times 10^{-4}$	96279
2.	Красный Камень / Krasny Kamen	12,49	$2,50 \times 10^{-4}$	29758
3.	Северный поселок / Severny settlement	15,73	$1,38 \times 10^{-4}$	6386
4.	Сухоложский поселок / Sukholozhsky settlement	15,48	$1,93 \times 10^{-4}$	1495
5.	Центр / Center	10,68	$2,27 \times 10^{-4}$	34704
6.	Техпоселок, Рудник, Ольховка / Tekhposelok, Rudnik, Olkhovka	11,50	$1,10 \times 10^{-4}$	28943
7.	Выя, Черемшанка / Vyua, Cheremshanka	8,52	$1,49 \times 10^{-4}$	43994
8.	Кушва / Kushva	10,35	$1,53 \times 10^{-4}$	6315
9.	Кирпичный поселок / Kirpichny settlement	6,77	$1,00 \times 10^{-4}$	1523
10.	Гальяно-Горбуновка, Горбуново / Galyano-Gorbunovka, Gorbunovo	4,18	$6,1 \times 10^{-5}$	45974
11.	Старая Гальянка, Гольи Камень / Staraya Galyanka, Golyi Kamen	5,64	$8,7 \times 10^{-5}$	1369
12.	Старатель / Staratel	4,15	$3,9 \times 10^{-5}$	6245
13.	Евстюниха / Evstyunikha	2,42	$1,8 \times 10^{-5}$	260

до приемлемых уровней. Такое снижение требуется не на несколько процентов, а в разы. Предусматриваемые корректирующие меры Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух города Нижнего Тагила должны обеспечить достижение этих социально значимых результатов до 2024 года.

Третья задача, решение которой основано на реализации программы мониторинга качества атмосферного воздуха и аэрогенного риска для здоровья населения, сегодня осуществлена в части информирования лиц, принимающих решение в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух», по вопросам необходимости существенной корректировки Комплексного плана мероприятий в части снижения выбросов приоритетных загрязняющих веществ до уровня, обеспечивающего достижение приемлемых уровней риска для здоровья населения. Такую корректировку необходимо провести не позднее конца 2020 года. По каждому из четырех предприятий определены уровни снижения выбросов всех приоритетных веществ (на уровне от 20 % до 3 раз) для последующего улучшения состояния здоровья населения, а также ориентировочные параметры снижения совокупного объема выбросов. Данные расчетные параметры определяют достижение существенных социально значимых результатов, являются целевыми для предприятий – участников федерального проекта «Чистый воздух» в Нижнем Тагиле и контрольными при реализации системы квотирования выбросов.

Ориентировочные параметры уменьшения объема выбросов ряда приоритетных загрязняющих веществ в атмосферный воздух, позволяющие снизить расчетные суммарные уровни риска для здоровья населения до приемлемых значений, должны достигать 60 % от уровня 2017 года, то есть должны быть не менее чем в три раза выше целевых значений, принятых в действующем Комплексном плане мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух города Нижнем Тагиле.

Выводы

Обеспечение реализации Комплексного плана мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух города Нижнего Тагила на период до 2024 года в рамках действия федерального проекта «Чистый воздух», обеспечение его выполнения с применением оптимизированной Программы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха позволяют сконцентрировать усилия и ресурсы промышленных предприятий (в наибольшей степени), федерального бюджета, бюджетов Свердловской области и города Нижнего Тагила на достижение улучшения качества атмосферного воздуха и снижение рисков для здоровья населения при ингаляционном воздействии приоритетных химических соединений. Принятые методические подходы к оценке эффективности и результативности федерального проекта, оптимизации программ мониторинга загрязнения атмосферного воздуха позволяют:

1. Использовать данные мониторинга загрязнения атмосферного воздуха для оценки изменения его качества в рамках выполнения федерального проекта «Чистый воздух», а также верифицировать результаты моделирования приземных концентраций загрязняющих веществ на основе сводного расчета по городу Нижнему Тагилу, используемые в последующем для расчета рисков для здоровья населения.

2. Оптимизировать программу мониторинга по выявлению загрязнения и фактических данных мониторинга качества атмосферного воздуха за предыдущие годы. Для Нижнего Тагила определены 33 приоритетных вещества по степени их влияния на состояние и формирование уровня рисков для здоровья населения и фактическим данным мониторинга качества атмосферного воздуха за предыдущие годы. Обоснованы и выбраны 5 точек мониторинга для проведения исследований уровня загрязнения этих веществ, позволяющих репрезентативно оценивать качество атмосферного воздуха и изменение аэрогенного риска для здоровья.

3. Выполненные в 2019 году исследования качества атмосферного воздуха в рамках

реализации федерального проекта «Чистый воздух» позволили верифицировать модель расчета аэрогенных рисков по 13 микрорайонам (зонам) риска города Нижнего Тагила. Уровень суммарного индивидуального неканцерогенного риска для здоровья населения значительно превышает приемлемый уровень (значение 3,0) и достигает значений от 4,0 до 15,0 в различных микрорайонах (зонах) риска. Суммарный канцерогенный риск также до 3 раз превышает приемлемое значение (1×10^{-4} , что соответствует 1 прогнозируемому случаю рака на 10000 человек).

4. Принятый Комплексный план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в городе Нижнем Тагиле, предусматривающий снижение совокупного объема выбросов на 18,5 % (из них на 98 % – по приоритетным загрязняющим веществам с позиций влияния на здоровье населения), не обеспечивает достижения улучшения социально значимого результата – соответствия уровню приемлемого риска для здоровья населения.

5. Требуется принятие корректирующих мер и дополнение Комплексного плана мероприятий по уменьшению выбросов в атмосферный воздух Нижнего Тагила в части ряда приоритетных веществ, дающих наибольший вклад в суммарный канцерогенный и неканцерогенный риск, до показателя снижения «не менее чем на 60 %» за счет реализации мероприятий на четырех промышленных предприятиях, определяющих качество атмосферного воздуха в городе.

Принятая и выполняемая ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» Программа мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха в городе Нижнем Тагиле на 2020 год удовлетворяет условиям и требованиям реализации федерального проекта «Чистый воздух».

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: Чистякова И.В., Корнилов А.С., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А., Цепилова Т.М. Написание текста: Гурвич В.Б., Власов И.А., Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Малых О.Л., Кочнева Н.И., Шевчик А.А. Редактирование: Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Власов И.А., Кузьмина Е.А.

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

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.
2. Ракитский В.Н., Авалиани С.Л., Новиков С.М. и др. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных заболеваний // Анализ риска здоровью. 2019. № 4. С. 30–36.
3. 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: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.03>

4. Онищенко Г.Г., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В. и др. Актуальные проблемы управления состоянием окружающей среды и здоровьем населения // Уральский медицинский журнал. 2008. № 11. С. 4–10.
5. 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.
6. 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.
7. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В. и др. Социально-гигиенический мониторинг и информационно-аналитические системы обеспечения оценки и управления риском для здоровья населения и риск-ориентированной модели надзорной деятельности // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 12. С. 1130–1136.
8. Гурвич В.Б. Комплексный подход к управлению риском для здоровья населения, проживающего в районах размещения алюминиевых заводов // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2005. № 4. С. 19–24.
9. Ревич Б.А. Национальный проект «Чистый воздух» в контексте охраны здоровья населения // Экологический вестник России. 2019. № 4. С. 64.
10. Куркатов С.В., Тихонова И.В., Иванова О.Ю. Оценка риска воздействия атмосферных загрязнений на здоровье жителей г. Норильска // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 2. С. 28–31.
11. Кацнельсон Б.А., Привалова Л.И., Кузьмин С.В. и др. Оценка риска как инструмент социально-гигиенического мониторинга. Екатеринбург: АМБ, 2001. 244 с.
12. 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.
13. 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. № 4. С. 4–17.
14. Зайцева Н.В., Голева О.И., Шур П.З. Система показателей оценки экономической эффективности мероприятий по снижению риска для здоровья населения. В сб.: Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., ред. 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.
15. Гурвич В.Б., Плотко Э.Г., Ярушин С.В. Управление риском для здоровья населения при технологическом и санитарно-техническом перевооружении промышленных предприятий // Гигиена и санитария. 2007. № 3. С. 18–21.
16. Региональная система управления риском для здоровья населения: Сборник организационных, информационных и методических материалов / Под ред. д-ра мед. наук В.Б. Гурвича. Екатеринбург: Изд-во ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 2019. Т. 1. 772 с.

References

1. 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>
2. 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>
 3. 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.eng>
 4. Onishchenko GG, Gurvich VB, Kuzmin SV, *et al.* Actual problems of environmental and public health management. *Ural'skii Meditsinskii Zhurnal*. 2008; (11):4-10 (In Russian).
 5. 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>
 6. 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>
 7. Kuzmin SV, Gurvich VB, Dikonskaya OV, *et al.* Socio-hygienic monitoring and information analysis systems supporting the health risk assessment and management and a risk-focused model of supervisory activities in the sphere of securing sanitary and epidemiologic public welfare. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(12):1130-1136. (In Russian).
 8. Gurvich VB. A comprehensive approach to health risk management for the population living in the areas of aluminum plants. *Vestnik Ural'skoi Meditsinskoi Akademicheskoi Nauki*. 2005; (4):19-24. (In Russian).
 9. 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).
 10. Kurkatov SV, Tikhonova IV, Ivanova OYu. Assessment of the risk of environmental atmospheric pollutants for the health of the population of the city of Norilsk. *Gigiena i Sanitariya*. 2015; 94(2):28-31. (In Russian).
 11. Katsnelson BA, Privalova LI, Kuzmin SV, *et al.* Risk assessment as an instrument of socio-hygienic monitoring. Yekaterinburg: AMB Publ; 2001. P. 244. (In Russian).
 12. 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>
 13. 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>
 14. 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*. Onishchenko GG, Zaitseva NV, editors. Perm: Perm Technical University Publ., 2011. P. 7-10. (In Russian).
 15. Gurvich VB, Plotko EG, Yarushin SV. Health risk management in technological and hygiene reequipment of industrial enterprises. *Gigiena i Sanitariya*. 2007; (3):18-21. (In Russian).
 16. *Regional health risk management system: Collection of organizational, informational and methodological materials*. Gurvich VB, editor. Yekaterinburg: YMRC Publ., 2019. Vol. 1. P. 772. (In Russian).

Контактная информация:

Ярушин Сергей Владимирович, старший научный сотрудник лаборатории социально-гигиенического мониторинга и управления риском 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

Статья получена: 31.07.2020
Принята в печать: 04.09.2020
Опубликована 30.09.2020

