

Читайте
онлайн
Read
online

Федоров В.Н., Склизкова Н.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Кизеев А.Н.

Выбор приоритетных для квотирования показателей качества атмосферного воздуха в рамках федерального проекта «Чистый воздух» на примере городов Дальневосточного федерального округа

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Федеральный проект «Чистый воздух» охватывает в настоящее время 41 населённый пункт, в том числе города Петровск-Забайкальский и Уссурийск (с 2023 г.). Комплексные планы по снижению выбросов для этих городов находятся в стадии утверждения, в связи с чем актуальны исследования загрязнения атмосферного воздуха и вклада в него выбросов промышленных предприятий.

Цель исследования — обоснование приоритетных для квотирования загрязнителей атмосферного воздуха на основе расчётных и натурных данных в Петровске-Забайкальском и Уссурийске — участниках федерального проекта «Чистый воздух».

Материалы и методы. Использовали результаты мониторинга атмосферного воздуха за 2023–2024 гг. Сводные расчёты рассеивания выполняли на основе баз данных источников выбросов загрязняющих веществ, сформированных по каждому из городов. Проводили гигиеническую оценку, определение кратности превышений гигиенических нормативов и оценку риска для здоровья населения. По данным сводных томов формировали перечни приоритетных загрязняющих веществ и выполняли сводные расчёты рассеивания. По расчётным и натурным данным оценивали риск для здоровья населения, сопоставляли значения риска, полученные на основе расчётных и натурных данных. Визуализацию распределения концентраций и уровней риска выполнили с использованием геоинформационной системы ESRI ArcGIS 9.3.

Результаты. Проведённое в Петровске-Забайкальском и Уссурийске исследование позволило сформировать перечни приоритетных для квотирования в рамках федерального проекта «Чистый воздух» загрязнителей, обоснованные с позиции прогнозируемого негативного воздействия на здоровье населения, по результатам оценки риска и мониторинга, осуществляемого Роспотребнадзором.

Ограничения исследования. В работе учитывались результаты мониторинга, проводимого Роспотребнадзором, без учета данных мониторинга Росгидромета.

Заключение. Сформированный перечень приоритетных для квотирования загрязнителей включён в программы мониторинга изучаемых городов и в дальнейшем будет ежегодно актуализироваться по мере реализации федерального проекта «Чистый воздух» и снижения выбросов приоритетных загрязнителей.

Ключевые слова: атмосферный воздух; мониторинг; оценка риска для здоровья населения; федеральный проект «Чистый воздух»; Уссурийск; Петровск-Забайкальский

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Федоров В.Н., Склизкова Н.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Кизеев А.Н. Выбор приоритетных для квотирования показателей качества атмосферного воздуха в рамках федерального проекта «Чистый воздух» на примере городов Дальневосточного федерального округа. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(8): 946–954. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-946-954> <https://elibrary.ru/ztppee>

Для корреспонденции: Федоров Владимир Николаевич, e-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Участие авторов: Федоров В.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, ответственность за целостность и пропорциональность всех частей статьи; Склизкова Н.А. — анализ литературы, анализ данных, редактирование текста статьи; Новикова Ю.А. — статистический анализ, интерпретация результатов, редактирование текста статьи; Мясников И.О. — анализ данных, редактирование текста статьи; Кизеев А.Н. — анализ данных, корректировка дизайна исследования, редактирование текста статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы 123052400060-7 «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 по городам — участникам федерального проекта «Чистый воздух» (города Комсомольск-на-Амуре, Петровск-Забайкальский, Уссурийск, Чегдомын, Южно-Сахалинск)».

Поступила: 25.04.2025 / Поступила после доработки: 22.08.2025 / Принята к печати: 26.08.2025 / Опубликовано: 25.09.2025

Vladimir N. Fedorov, Nadezhda A. Sklizkova, Yuliya A. Novikova, Igor O. Myasnikov,
Alekssei N. Kizeev

Selection of priority for quotas atmospheric air quality indices within the framework of the federal project "Clean Air" on the example of cities of the Far Eastern Federal District

North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The federal project "Clean Air" currently covers forty one settlement, including the cities of Petrovsk-Zabaikalsky and Ussuriysk, included in 2023. Comprehensive plans to reduce emissions for these cities are in the approval stage, and therefore studies to assess the levels of air pollution and the contribution of industrial emissions to it remain relevant.

The purpose of the study was to substantiate the priority air pollutants for quotas in the cities participating in the federal project "Clean Air" Petrovsk-Zabaikalsky and Ussuriysk based on calculated and natural data.

Materials and methods. The results of atmospheric air monitoring for 2023–2024 were used. Databases of pollutant emission sources generated for each city were used to carry out consolidated calculations. A hygienic assessment, determination of the frequency of exceeding hygienic standards, and an assessment of the risk

to public health were carried out. Based on the data from consolidated volumes, lists of priority pollutants were formed and consolidated dispersion calculations were carried out. Based on the calculated and in-kind data, an assessment of the risk to public health was carried out. The risk values obtained on the basis of the calculated and in-kind data were compared. Visualization of the distribution of concentrations and risk levels was carried out using the ESRI ArcGIS 9.3 geographic information system.

Results. The conducted study made it possible to form lists of pollutants that are priority for quotas within the framework of the federal project "Clean Air" for the cities of the Far Eastern Federal District Petrovsk-Zabaikalsky and Ussuriysk, justified from the position of the predicted adverse impact on public health based on the results of risk assessment and monitoring conducted by Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing.

Limitations. The work took into account the results of monitoring conducted by the bodies and institutions of Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing without taking into account the monitoring data of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing.

Conclusion. The formed list of priority pollutants for quotas is included in the monitoring programs of the studied cities and will be updated annually in the future as the federal project "Clean Air" is implemented and emissions of priority pollutants are reduced.

Keywords: ambient air pollution; monitoring; population health risk assessment; pollutant concentration modeling; Ussuriysk; Petrovsk-Zabaikalsky; federal project "Clean Air"

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Fedorov V.N., Sklizkova N.A., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Kizeev. Selection of priority for quotas atmospheric air quality indices within the framework of the federal project "Clean Air" on the example of cities of the Far Eastern Federal District. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(8): 946–954. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-946-954> <https://elibrary.ru/ztppee> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir N. Fedorov, e-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Contribution: Fedorov V.N. — concept and design of the study, collection and processing of material, responsibility for the integrity and proportionality of all parts of the article; Sklizkova N.A. — literature analysis, data analysis, editing the text of the article; Novikova Yu.A. — statistical analysis, interpretation of results, editing the text of the article; Myasnikov I.O. — data analysis, editing the text of the article; Kizeev A.N. — data analysis, adjustment of research design, editing the text of the article.

All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was carried out within the framework of research work 123052400060-7 "Assessment of atmospheric air quality and analysis of public health risks in order to make informed management decisions in the field of ensuring atmospheric air quality and sanitary and epidemiological well-being of the population in cities participating in the federal project "Clean Air" (cities of Komsomolsk-on-Amur, Petrovsk-Zabaikalsky, Ussuriysk, Chegdomyn, Yuzhno-Sakhalinsk)".

Received: April 25, 2025 / Revised: August 22, 2025 / Accepted: August 26, 2025 / Published: September 25, 2025

Введение

Федеральный проект «Чистый воздух» (ФП ЧВ) реализуется на территории Российской Федерации с 2019 г.¹ и в настоящее время охватывает 41 населённый пункт. Цель его реализации — снижение к 2030 г. совокупного объёма выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями на 50%¹.

В число городов — участников ФП ЧВ включены Петровск-Забайкальский и Уссурийск, расположенные в Дальневосточном федеральном округе (Забайкальский и Приморский края). Территориально-административное положение и промышленно-экономические особенности этих городов различаются, однако есть и общие черты: наличие относительно старых промышленных объектов и значительной доли в структуре жилищного фонда частных домовладений, не имеющих централизованного отопления и применяющих так называемые автономные источники теплоснабжения (АИТ) преимущественно на твёрдом топливе — дровах и каменном угле [1–4].

Для снижения выбросов загрязняющих веществ необходимо сформировать перечни приоритетных загрязнителей — веществ, наиболее значимых по величине совокупных выбросов, превышения гигиенических нормативов по данным мониторинга на территории населённых мест и прогнозируемого уровня риска для здоровья населения от их воздействия¹.

Для 12 городов — участников ФП ЧВ к настоящему времени уже сформированы перечни приоритетных загрязнителей, обоснованы перечни объектов негативного воздействия на окружающую среду (ОНВОС), подлежащих квотированию, и разработаны комплексные планы по снижению выбросов [5–14].

Петровск-Забайкальский и Уссурийск включены в число участников ФП ЧВ в 2023 г.¹, поэтому для них комплексные планы по снижению выбросов находятся в стадии разработки. На момент включения в ФП ЧВ перечень контролируемых в этих городах загрязнителей атмосферного воздуха был ограниченным, но затем его расширили [1, 15–17].

Цель исследования — обоснование приоритетных для квотирования загрязнителей атмосферного воздуха в городах — участниках федерального проекта «Чистый воздух» Петровск-Забайкальский и Уссурийск на основе расчётных и натурных данных.

Материалы и методы

В настоящей работе использованы результаты мониторинга качества атмосферного воздуха за 2023–2024 гг., полученные ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Забайкальском крае» и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае». Для моделирования концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест (сводные расчёты рассеивания) использовали базы данных источников выбросов загрязняющих веществ (сводные тома нормативов допустимых выбросов), сформированные ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охраны окружающей среды» Минприроды России в рамках реализации ФП ЧВ. Представленные сводные тома содержат сведения о всех промышленных объектах (ОНВОС) I–III категорий с валовым выбросом свыше 10 т в год, АИТ и автотранспорта, инвентаризованных в рамках ФП ЧВ в границах изучаемых населённых пунктов [17]. ОНВОС IV категории, а также имеющие валовый выброс менее 10 т в год, не были включены в сводные тома и по этой причине не учитывались в настоящей работе.

Гигиеническая оценка величин исследованных показателей на соответствие СанПиН 1.2.3685–21, кратности и количества превышений гигиенических нормативов проведена по результатам мониторинга атмосферного воздуха. Определяли максимальные концентрации 98%-й вероятностной обеспеченности и среднегодовые концентрации 95%-й вероятностной обеспеченности по каждому из контролируемых показателей.

На основе данных сводных томов формировали перечни загрязняющих веществ, выбрасываемых всеми расположенными на территории населённого пункта ОНВОС, содержащими информацию о максимальных (г/с) и валовых (т/год) выбросах каждого загрязнителя. Полученные перечни ранжировали по величинам индексов сравнительной канце-

¹ Паспорт национального проекта «Экология» [Электронный ресурс]: <https://government.ru/info/35569/> (дата обращения: 09.04.2025 г.).

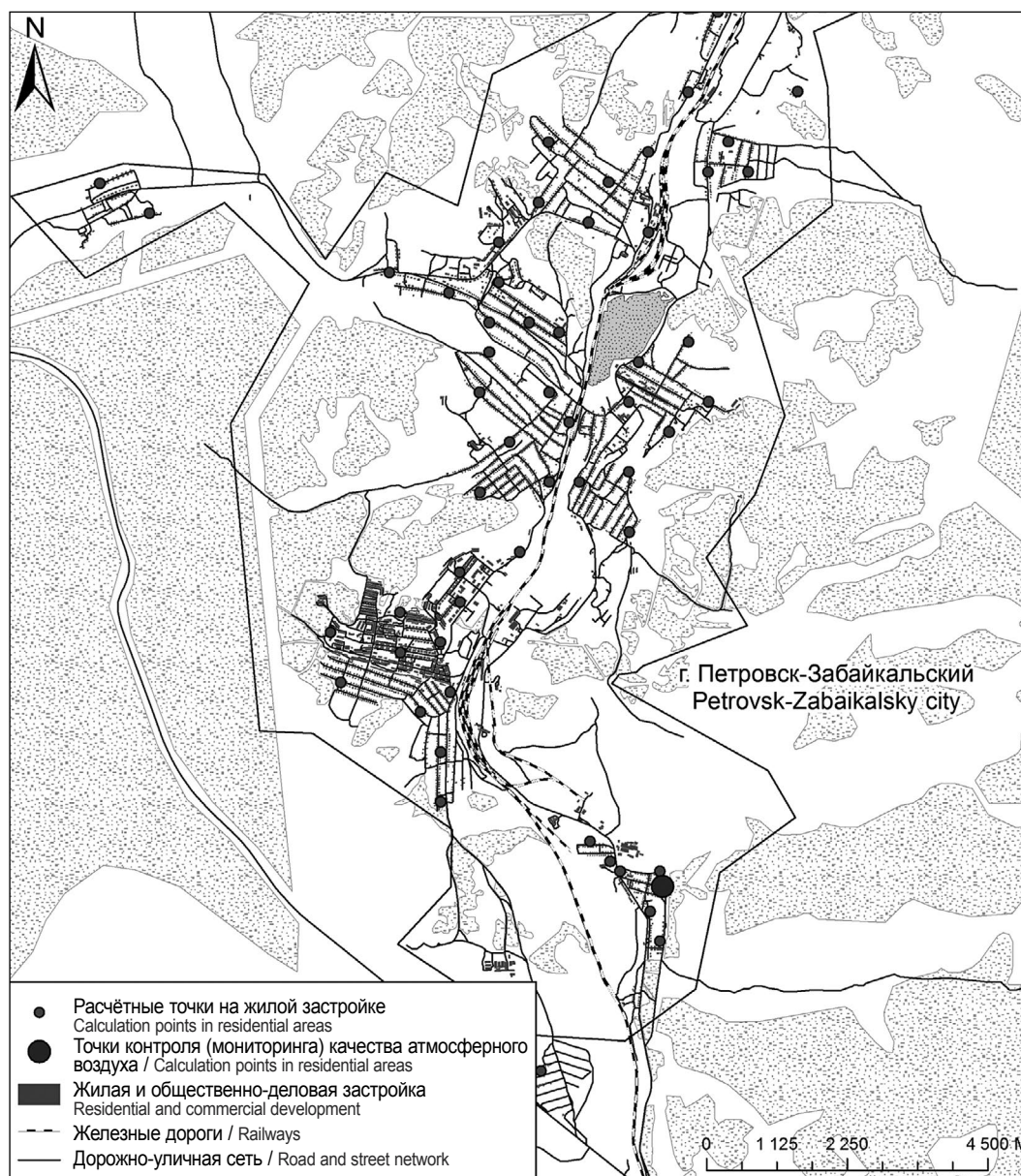


Рис. 1. Расположение расчётных точек в Петровске-Забайкальском.

Fig. 1. Location of calculation points in Petrovsk-Zabaikalsky.

рогенной (HRIc) и неканцерогенной опасности (HRI) для острого и хронического воздействия в соответствии с Руководством² и формировали предварительные перечни приоритетных загрязнителей для каждого города. Приоритетные загрязнители учитывали при моделировании концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест (расчётах рассеивания) с применением программного комплекса «Эколог Город» 4.70, который широко используется для решения подобных задач [18–21]. При выполнении сводных расчётов рассеивания среднегодовых концентраций использовали метеофайлы с климатическими характеристиками для Петровска-Забайкальского и Уссурийска.

В Петровске-Забайкальском для оценки экспозиции использовали расчётную сетку из 18 426 точек, охватывающую площадку размером 8000 на 13 000 м воздействия с шагом 100 м по осям координат X и Y, равномерно покрывающую территорию города. В жилых зонах определено 55 точек воз-

действия. В Уссурийске для оценки экспозиции использовали расчётную сетку из 13 818 точек, охватывающую площадку размером 39 000 на 27 000 м воздействия с шагом 300 м по осям координат X и Y, равномерно покрывающую территорию города. В жилых зонах определено 656 точек воздействия. Расположение расчётных точек и точек мониторинга атмосферного воздуха представлено на рис. 1, 2.

Полученные в точках концентрации загрязняющих веществ использовали для расчётов канцерогенного, хронического неканцерогенного и острого риска в соответствии с Руководством². По результатам характеристики риска с позиции его приемлемости формировали уточнённые перечни приоритетных загрязнителей.

Визуализация пространственного распределения концентраций загрязнителей и определяемых ими уровней риска в изучаемых городах производилась в геоинформационной системе ESRI ArcGIS 9.3 с модулями пространственного анализа Geostatistical Analyst и Spatial Analyst.

Оценку риска для здоровья населения на основе результатов мониторинга выполняли применительно к точкам воз-

² Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания».

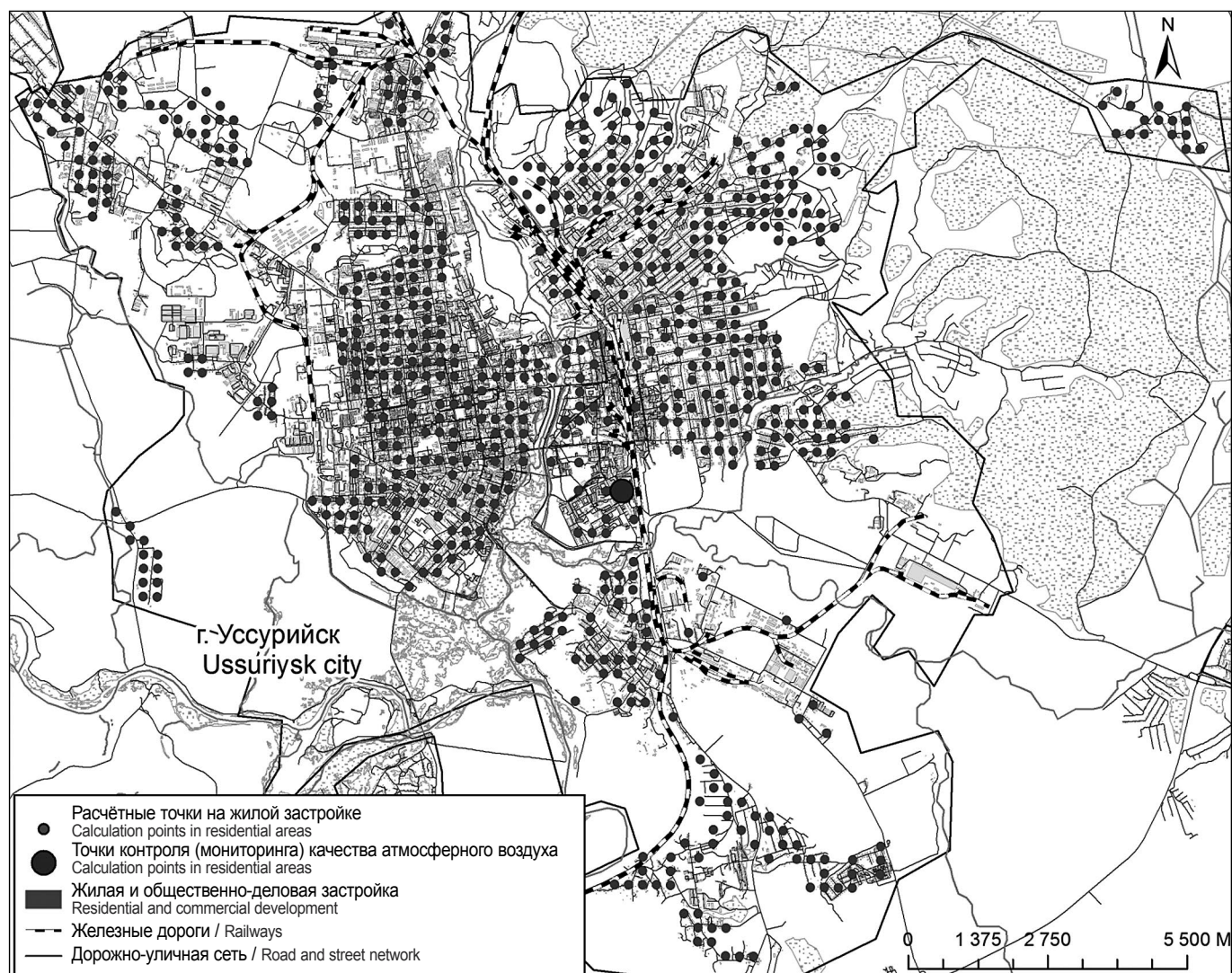


Рис. 2. Расположение расчётных точек в Уссурийске.

Fig. 2. Location of calculation points in Ussuriysk.

действия, которые характеризуют посты наблюдения. Полученные значения риска в точках мониторинга сопоставляли с аналогичными данными на основе расчётов рассеивания.

Результаты

В программу мониторинга Петровска-Забайкальского были включены 14 показателей на одном маршрутном посту по полной программе исследований (см. рис. 1, таблицу).

В 2023 г. (с 8.09.2023 по 23.12.2023 г.) в Петровске-Забайкальском регистрировались превышения гигиенических нормативов по следующим показателям:

Измеренные величины:

- азота (II) оксид — 1,6–3,7 ПДК_{мр} (1,3%), 2 из 160 проб;
- азота диоксид — 1,2–8,9 ПДК_{мр} (36,3%), 58 из 160 проб;
- бенз(а)пирен — 1,2–30,1 ПДК_{сс} (50%), 20 из 40 проб;
- дигидросульфид — 1,1–12,6 ПДК_{мр} (42,5%), 68 из 160 проб;
- взвешенные вещества — 1,1–7,1 ПДК_{сс} (67,5%), 27 из 40 проб;
- пыль неорганическая, содержащая 20–70% SiO₂, — 3,4–3,8 ПДК_{мр} (1,3%), 2 из 160 проб;
- серы диоксид — 1,8 ПДК_{мр} (0,6%), 1 из 160 проб;
- углерод (сажа) — 1,7–11,3 ПДК_{мр} (2,5%), 4 из 160 проб;
- углерода оксид — 1,1–1,7 ПДК_{мр} (13,1%), 21 из 160 проб;
- формальдегид — 1,2–5,0 ПДК_{мр} (6,9%), 11 из 160 проб.

Расчётные среднесуточные концентрации:

- азота диоксид — 1,3–12,5 ПДК_{сс} (47,5%), 19 из 40 проб;
- пыль неорганическая, содержащая 20–70% SiO₂, — 5,4 ПДК_{сс} (2,5%), 1 из 40 проб;
- серы диоксид — 1,4–7,2 ПДК_{сс} (17,5%), 7 из 40 проб;
- углерод (сажа) — 1,3–19 ПДК_{сс} (10%), 4 из 40 проб;
- формальдегид — 1,1–21,2 ПДК_{сс} (45,0%), 18 из 40 проб;
- углерода оксид — от 1,2–2,6 ПДК_{сс} (20%), 8 из 40 проб.

В 2024 г. регистрировались превышения гигиенических нормативов по следующим показателям:

Измеренные величины:

- азота оксид — 1,1 до 2,5 ПДК_{мр} (0,7%) 2 из 300 проб;
 - азота диоксид — 1,1–8,2 ПДК_{мр} (3,3%), 10 из 300 проб;
 - бенз(а)пирен — 1,3–7,5 ПДК_{сс} (20%), 15 из 75 проб;
 - дигидросульфид — 1,3–13,8 ПДК_{мр} (18,7%), 56 из 300 проб;
 - взвешенные вещества — 1,1–4,7 ПДК_{сс} (8%), 6 из 75 проб;
- Расчётные среднесуточные показатели:
- азота диоксид — 1,1–7,7 ПДК_{сс} (29,3%), 22 из 75 проб;
 - углерода оксид — 1,1 ПДК_{сс} (1,3%), 1 из 75 проб;
 - серы диоксид — 1,9 ПДК_{сс} (1,3%), 1 из 75 проб.

В программу мониторинга Уссурийска были включены 10 показателей, контролируемых ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае» по полной программе на одном посту (см. рис. 2, таблицу).

Показатели качества атмосферного воздуха, контролируемые в Петровске-Забайкальском и Уссурийске

Air quality indices monitored in the cities of Petrovsk-Zabaikalsky and Ussuriysk

Код Code	CAS	Показатель Index	Мониторинг в городах / Monitoring in cities	
			Петровск-Забайкальский Petrovsk-Zabaikalsky city	Уссурийск Ussuriysk city
8	—	Взвешенные частицы PM ₁₀ / Suspended particles PM ₁₀	+	—
10	—	Взвешенные частицы PM _{2,5} / Suspended particles PM _{2,5}	+	—
301	10102-44-0	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	+	+
304	10102-43-9	Азота (II) оксид / Nitrogen monoxide	+	+
328	1333-86-4	Углерод (пигмент чёрный) / Black carbon	+	+
330	7446-09-5	Сера диоксид / Sulfur dioxide	+	+
333	7783-06-4	Дигидросульфид / Hydrogen Sulfide	+	—
337	630-08-0	Углерода оксид / Carbon monoxide	+	+
410	74-82-8	Метан / Methane	—	+
703	50-32-8	Бенз(а)пирен / Benzo[a]pyrene	+	+
1325	50-00-00	Формальдегид / Formaldehyde	+	+
2704	8032-32-4	Бензин / Petrol	+	+
2732	8008-20-6	Керосин / Kerosene	+	—
2902	—	Взвешенные вещества / Suspended solids	+	+
2908	—	Пыль неорганическая, содержащая 20–70% SiO ₂ Inorganic dust including SiO ₂ 20–70%	+	—

За период с 01.09.2023 по 31.12.2023 г. регистрировались превышения гигиенических нормативов формальдегида и взвешенных веществ в 2,67% проб. В 2024 г. (с 01.01.2024 по 31.12.2024 г.) превышений гигиенических нормативов зарегистрировано не было.

В результате анализа баз данных сводного тома источников выбросов в Петровске-Забайкальском было выявлено 200 источников загрязнения атмосферного воздуха (ИЗАВ) — 43 загрязняющих вещества, валовый выброс 13 188,0223 т/год. Основной вклад в суммарный валовый выброс обусловлен четырьмя веществами: оксидом углерода (70,16%), взвешенными веществами (14,88%), диоксидом серы (10,23%) и неорганической пылью, содержащей 20–70% SiO₂ (2,45%).

В выбросах присутствуют пять канцерогеноопасных (согласно Руководству²) веществ: углерод (пигмент чёрный), бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, формальдегид.

На основе проведённого ранжирования был сформирован перечень из 15 веществ: взвешенные частицы PM₁₀, взвешенные частицы PM_{2,5}, меди оксид, азота диоксид, азота оксид, углерод (пигмент чёрный, сажа), серы диоксид, сероводород, углерода оксид, бензол, этилбензол, бенз(а)пирен, формальдегид, пыль неорганическая с содержанием SiO₂ 20–70%, взвешенные вещества. 28 веществ были исключены из перечня изучаемых как малозначимые с позиции риска для здоровья.

Основное воздействие при хронической экспозиции выбрасываемыми загрязнителями будет направлено на органы дыхания (взвешенные частицы PM₁₀ и PM_{2,5}, меди оксид, азота диоксид, азота (II) оксид, углерод (пигмент чёрный), серы диоксид, сероводород, формальдегид, взвешенные вещества, пыль неорганическая с содержанием SiO₂ 20–70%) и кровь (азота диоксид, азота оксид, углерода оксид, бензол).

При острой экспозиции основное воздействие будет оказано на органы дыхания (азота диоксид, аммиак, серы диоксид, фенол, формальдегид).

Проведённые расчёты рассеивания загрязнителей, приоритетных для Петровска-Забайкальского, показали, что наибольшая дозовая нагрузка канцерогенных веществ на население ожидается от поступления бензола — до 1,04E–04 мг/кг/сут (78,79% от вклада в суммарную нагрузку). Значения суммарного канцерогенного риска составили от 4,01E–08 до 3,16E–06 при средней величине 4,73E–07. Полученные значения соответствуют диапазону

приемлемого (допустимого) канцерогенного риска (свыше 1,0E–06, но менее 1,0E–04). Основной вклад (83,62%) в суммарный канцерогенный риск вносит бензол.

Значения канцерогенного популяционного риска для Петровска-Забайкальского составили 0,05 дополнительно-го случая при пожизненной экспозиции, что следует рассматривать как близкую к естественному фоновому уровню величину.

Проведённый расчёт острого неканцерогенного риска показал, что на территории жилой застройки Петровска-Забайкальского прогнозируются неприемлемые значения коэффициентов опасности (HQ) свыше 1 от воздействия трёх загрязнителей: бензол — до 1,29E+01, арсин — до 1,44E+00, серы диоксид — до 1,30E+00.

Расчёт индексов опасности при остром одностороннем воздействии нескольких загрязнителей показал наличие неприемлемо высокого уровня риска для развития (1,35E+01), репродуктивной системы (1,35E+01), крови (1,29E+01) и иммунной системы (1,29E+01).

Расчёт хронического неканцерогенного риска от воздействия 15 приоритетных химических веществ показал отсутствие во всех точках на территории жилой застройки Петровска-Забайкальского превышений приемлемого уровня 1 HQ. Наиболее высокие значения HQ отмечены для взвешенных веществ (до 1,35E+00), серы диоксида (до 9,43E–01) и меди оксида (до 9,37E–01).

Расчёт индексов опасности при хроническом одностороннем воздействии нескольких загрязнителей показал, что для всех органов и систем прогнозируется отсутствие превышения допустимого уровня 3, за исключением органов дыхания. Наиболее высокие значения HI ожидаются для органов дыхания (2,58E+00, основной вклад вносят взвешенные вещества — HQ до 1,35E+00), риска дополнительной смертности (9,43E–01) и системного действия (9,38E–01). Величины индексов опасности для остальных органов и систем не превышают значения 1.

По данным мониторинга атмосферного воздуха в Петровске-Забайкальском проведена оценка канцерогенного риска при воздействии трёх контролируемых загрязнителей — бенз(а)пирена, углерода (пигмента чёрного) и формальдегида. Суммарный канцерогенный риск прогнозируется на уровне 1,11E–06, основной вклад (более 99%) вносит бенз(а)пирен.

Острый риск на основе результатов мониторинга атмосферного воздуха оценивался от воздействия пяти загрязнителей — азота диоксида, серы диоксида, дигидросульфида, углерода оксида и формальдегида.

Анализ результатов оценки острого риска свидетельствует о превышении допустимого уровня 1 за счёт воздействия азота диоксида (до 4,25, высокий риск) и дигидросульфида (до 3,03, высокий риск). Значения острого риска от воздействия серы диоксида, углерода оксида и формальдегида не превышают допустимого уровня 1.

Хронический неканцерогенный риск на основании результатов мониторинга атмосферного воздуха оценивался от воздействия семи загрязнителей — азота диоксида, азота (II) оксида, серы диоксида, дигидросульфида, углерода оксида, бенз(а)пирена, взвешенных веществ. Результаты оценки хронического неканцерогенного риска показали превышение допустимого уровня HQ при воздействии азота диоксида (3,27, высокий риск), дигидросульфида (3,52, высокий риск) и взвешенных веществ (1,4, настораживающий риск).

Из оценки хронического неканцерогенного риска были исключены взвешенные частицы PM_{10} , взвешенные частицы $PM_{2,5}$, углерод (пигмент чёрный, сажа), формальдегид, бензин, керосин, пыль неорганическая с содержанием SiO_2 70–20%, поскольку показатели более 95% исследованных проб не превышали нижнего предела количественного определения методики исследования, что не позволяет учитывать такие результаты для оценки риска согласно Р 2.1.10.3968–23².

По результатам анализа баз данных сводного тома источников выбросов в Уссурийске было выявлено 2210 ИЗАВ. В атмосферный воздух выделяется 161 загрязняющее вещество — 75 твёрдых и 86 жидких либо газообразных — с валовым выбросом 50 304,0801 т/год. Основной вклад (97,77%) в суммарный валовый выброс обусловлен шестью веществами: углерода оксидом (70,66%), пылью неорганической, содержащей 20–70% SiO_2 (8,81%), серы диоксидом (7,86%), метаном (4,96%), азота диоксидом (3,54%), углеродом (пигмент чёрным) (1,94%).

В структуре выбросов присутствуют 23 загрязнителя, обладающие, согласно Р 2.1.10.3968–23², канцерогенным действием: кадмия сульфат, кадмия оксид, никеля оксид, никеля сульфат, свинец, хром, кобальта оксид, мышьяк, углерод (пигмент чёрный), бута-1,3-диен, бензол, этенилбензол, этилбензол, бенз(а)пирен, хлорэтен, тетрахлорэтилен, трихлорметан, тетрахлорметан, (хлорметил)оксиран, ацетальдегид, формальдегид, проп-2-еннитрил, диоксины.

В дальнейшее исследование для оценки риска по сценарию хронической экспозиции были включены 33 вещества: взвешенные частицы $PM_{2,5}$, кадмия сульфат, кадмия оксид, никеля оксид, никеля сульфат, свинец, хром, кобальта оксид, азота диоксид, азот, мышьяк, углерод (пигмент чёрный), серы диоксид, углерода оксид, метан, бута-1,3-диен, бензол, этенилбензол, этилбензол, бенз(а)пирен, хлорэтен, тетрахлорэтилен, трихлорметан, тетрахлорметан, (хлорметил)оксиран, ацетальдегид, формальдегид, проп-2-еннитрил, бензин, взвешенные вещества, пыль неорганическая с содержанием SiO_2 20–70%, пыль неорганическая с содержанием SiO_2 менее 20%, диоксины. 128 веществ были исключены как малозначимые с позиции воздействия на здоровье человека.

Для оценки острого риска были выбраны четыре вещества: азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, бензол.

Основное воздействие на организм человека при хронической экспозиции будет направлено на органы дыхания (взвешенные частицы $PM_{2,5}$, кадмия сульфат, кадмия оксид, никеля оксид, никеля сульфат, хром (VI), кобальта оксид, азота диоксид, азота (II) оксид, мышьяк, неорганические соединения, углерод (пигмент чёрный), серы диоксид, (хлорметил)оксиран, ацетальдегид, формальдегид, проп-2-еннитрил, бензин, взвешенные вещества, пыль неорганическая, содержащая 20–70% SiO_2 , диоксины, пыль неорганическая, содержащая менее 20% SiO_2).

При остром сценарии экспозиции основное воздействие будет направлено на органы дыхания (азота диоксид, серы диоксид).

Проведённые расчёты рассеивания приоритетных для Уссурийска загрязнителей показали, что наибольшая дозовая нагрузка ожидается от поступления этенилбензола — до $5,06E-03$ мг/кг/сут (71,95% от вклада в суммарную нагрузку).

Значения суммарного канцерогенного риска составили от $2,67E-06$ до $4,53E-05$ при средней величине $1,07E-05$. Полученные значения соответствуют диапазону приемлемого (допустимого) канцерогенного риска (свыше $1,0E-06$, но менее $1,0E-04$). Основной вклад (83,62%) в суммарный канцерогенный риск вносит бензол.

Значения популяционного канцерогенного риска для населения Уссурийска составили 8,14 дополнительного случая злокачественных новообразований при пожизненной экспозиции, что следует рассматривать как близкую к естественному фоновому уровню величину.

Проведённая оценка острого риска показала, что на территории жилой застройки прогнозируются превышения допустимого уровня HQ 1 при воздействии азота диоксида (до $3,31E+00$) и бензола (до $1,64E+01$).

Расчёт хронического неканцерогенного риска от воздействия 33 приоритетных химических веществ показал отсутствие во всех точках на территории жилой застройки Уссурийска превышений приемлемого уровня 1 HQ при воздействии отдельных загрязнителей. Наибольшие значения HQ характерны для серы диоксида, азота диоксида, неорганической пыли, содержащей 20–70% SiO_2 , и углерода оксида.

Расчёт индексов опасности при хроническом одностороннем воздействии нескольких загрязнителей показал отсутствие превышения допустимого уровня 3, при этом наиболее высокие значения ожидаются для органов дыхания ($1,89E+00$) и крови ($1,29E+00$). Величины индексов опасности для остальных органов и систем не превышают значения 1.

Оценка канцерогенного риска на основании результатов мониторинга атмосферного воздуха Уссурийска не проводилась, поскольку все три контролируемые загрязнителя, обладающие канцерогенным действием (бенз(а)пирен, углерод (пигмент чёрный, сажа) и формальдегид) в 100% проб не превышали величины нижнего предела количественного определения. Их концентрация была принята равной нулю и не учитывалась при оценке риска согласно п. 3.2.15 Р 2.1.10.3968–23².

Острый риск на основании результатов мониторинга атмосферного воздуха оценивался от воздействия азота диоксида и углерода оксида. Анализ результатов оценки острого риска свидетельствует об отсутствии превышения допустимого уровня риска 1, обусловленного контролируемыми веществами.

Оценка по результатам мониторинга хронического неканцерогенного риска от воздействия азота диоксида, азота (II) оксида, углерода (пигмента чёрного), углерода оксида и взвешенных веществ не выявила превышений допустимой величины 1 по отдельным показателям.

В результате проведённого исследования на основе прогнозируемых уровней риска для здоровья населения и превышений гигиенических нормативов по сводным расчётам и данным мониторинга были сформированы следующие перечни приоритетных загрязнителей (ПЗВ) по изучаемым городам:

Петровск-Забайкальский — шесть ПЗВ:

1. азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота);
2. серы диоксид;
3. углерода оксид, углерода окись; углерода моноокись; угарный газ;
4. бензол (циклогексатриен; фенилгидрид);
5. бенз(а)пирен;
6. пыль неорганическая, содержащая 20–70% SiO_2 (шамот, цемент, пыль цементного производства — глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и др.).

Уссурийск — 20 ПЗВ:

1. меди оксид / в пересчёте на медь / меди окись; тенорит;
2. хрома оксид / в пересчёте на хром (VI);
3. азота диоксид (диоксид азота; пероксид азота);
4. аммиак (азота гидрид);
5. углерод (пигмент чёрный);
6. серы диоксид;
7. дигидросульфид (водород сернистый, дигидросульфид, гидросульфид);
8. углерода оксид (углерод окись; углерод моноокись; угарный газ);
9. бензол (циклогексатриен; фенилгидрид);
10. диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров) (метил-толуол);
11. метилбензол (фенилметан);
12. этилбензол (фенилэтан);
13. бутан-1-ол (бутиловый спирт);
14. 2-метилпропан-1-ол (изобутанол; 1-гидроксиметилпропан; 2-метил-1-пропанол; 2-метилпропиловый спирт; изопропилкарбинол);
15. гидроксibenзол (фенол) (оксibenзол; фенилгидроксид; фениловый спирт; моногидроксibenзол);
16. алканы C12—19 (в пересчёте на C);
17. пыль неорганическая, содержащая 20—70% SiO₂ (шамот, цемент, пыль цементного производства — глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезём и др.);
18. пыль неорганическая, содержащая менее 20% SiO₂ (доломит, пыль цементного производства — известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит и др.);
19. пыль абразивная;
20. пыль древесная.

Обсуждение

Проведённый анализ результатов оценки риска в Петровске-Забайкальском показал, что превышения допустимого острого риска по данным мониторинга прогнозируются от воздействия азота диоксида и дигидросульфида (до 4,25 и до 3,03 соответственно). Неприемлемые значения хронического неканцерогенного риска прогнозируются для азота диоксида, дигидросульфида, а также взвешенных веществ.

Канцерогенный риск, обусловленный контролируемыми в рамках мониторинга показателями, не превышает приемлемого уровня — $1,0E-04$ ($1 \cdot 10^{-4}$).

Значения канцерогенного риска, полученные на основе сводных расчётов рассеивания, в целом коррелируют с аналогичными результатами на основе мониторинга и также не превышают приемлемого уровня: углерод (пигмент чёрный, сажа) — от $1,28E-08$ до $3,98E-07$, бенз(а)пирен — от $3,15E-09$ до $5,24E-08$, формальдегид — от $3,55E-10$ до $8,79E-08$.

В то же время значения острого риска на основе сводных расчётов рассеивания слабо коррелируют с аналогичными данными по результатам мониторинга: значения HQ для азота диоксида и дигидросульфида не превышают допустимого уровня 1, при этом прогнозируется неприемлемый риск от воздействия бензола (до $1,29E+01$), арсина (до $1,44E+00$) и серы диоксида (до $1,30E+00$).

Значения хронического неканцерогенного риска на основе сводных расчётов рассеивания коррелируют с уровнями риска по результатам мониторинга лишь частично: превышение допустимого уровня прогнозируется от воздействия взвешенных веществ (до $1,35E+00$), в то время как риск, обусловленный воздействием азота диоксида и дигидросульфида, находится на приемлемом уровне (менее 1).

Анализ результатов оценки острого риска на основе сводных расчётов в Уссурийске свидетельствует о превышении допустимого уровня 1 при воздействии азота диоксида (до $3,31E+00$) и бензола (до $1,64E+01$), однако соответствующие значения риска на основе данных мониторинга не подтверждают этого вывода.

Полученные различия в уровнях прогнозируемого риска на основании различных исходных данных (сводные тома и результаты мониторинга), по мнению авторов, могут быть обусловлены несколькими причинами.

1. Переоценка или недооценка величин выбросов загрязняющих веществ в процессе инвентаризации и учёта источников выбросов при формировании сводных баз данных. В сводных томах Петровска-Забайкальского, вероятно, не полностью были учтены источники выбросов азота диоксида и дигидросульфида, которые формируют неприемлемый острый риск по данным мониторинга, но не играют существенной роли при оценке риска на основе сводных расчётов рассеивания. В Уссурийске, вероятно, переоценены величины выбросов азота диоксида и бензола, формирующие неприемлемый риск на основе расчётов рассеивания, но при этом не дающие существенного вклада в уровни риска по данным мониторинга.

2. Несовершенство существующих моделей расчётов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Применяемые модели реализуют алгоритм согласно приказу³ Минприроды России от 06.06.2017 г. № 273. Несмотря на широкое применение данного алгоритма и его реализацию в виде программных продуктов для ЭВМ, расчётный уровень загрязнения атмосферного воздуха может существенно отличаться от результатов натурных исследований [22—25].

При формировании перечней загрязнителей для их последующего квотирования в качестве основных критериев учитывались превышения гигиенических нормативов и приемлемых уровней риска на основании сводных расчётов рассеивания, а также вклад источников в формирование этих значений в расчётных точках.

С учётом указанных критериев представляется целесообразным включить в перечень загрязняющих веществ, подлежащих квотированию в рамках ФП ЧВ, следующие наименования:

- дигидросульфид, азота диоксид, взвешенные вещества, бензол, арсин и сера диоксид — для Петровска-Забайкальского;
- азота диоксид, бензол — для Уссурийска.

Указанные вещества были рекомендованы для обязательного включения в перечень контролируемых показателей.

Прочие вещества из ПЗВ нецелесообразно включать в перечень квотируемых, поскольку по результатам сводных расчётов и оценки риска их значения в расчётных точках не превышают гигиенических нормативов и приемлемых уровней риска, что не позволяет достоверно ассоциировать их концентрации с выбросами ОНВОС в изучаемых городах.

Заключение

Формирование научно обоснованных перечней загрязняющих веществ, приоритетных для квотирования в рамках ФП ЧВ, наиболее объективно при сопряжении расчётных методов по сводным расчётам рассеивания загрязнителей, результатов натурных исследований (мониторинга качества атмосферного воздуха) и методологии оценки риска для здоровья населения.

Исследование, проведённое по сценарию сочетанного применения этих методов, позволило на основании результатов оценки риска сформировать перечни приоритетных загрязнителей с позиции прогнозируемого негативного воздействия на здоровье населения Петровска-Забайкальского и Уссурийска для квотирования в рамках реализации ФП ЧВ.

Сформированный перечень приоритетных загрязнителей включён в программы мониторинга изучаемых городов и в дальнейшем будет ежегодно актуализироваться по мере реализации ФП ЧВ и снижения выбросов приоритетных загрязнителей.

³ Приказ Минприроды России от 06.06.2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе». Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_222765/

Выполненный анализ результатов мониторинга, проводимого Роспотребнадзором в изучаемых городах, показал превышение гигиенических нормативов для ряда показателей, которые не регистрировались на постах мониторинга Росгидромета. Кроме того, превышения гигиенических нор-

мативов и допустимых уровней риска, выявленные Роспотребнадзором, свидетельствуют о необходимости дальнейшего контроля соответствующих загрязнителей в изучаемых городах, несмотря на отсутствие таких данных в сводных расчётах рассеивания.

Литература

1. Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Копытенкова О.И., Мясников И.О. Мониторинг качества атмосферного воздуха в городах — участниках федерального проекта «Чистый воздух» Дальневосточного экономического района. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(6): 510–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-6-510-518> <https://elibrary.ru/bhzbkh>
2. Федоров В.Н. Методологические подходы к оценке риска здоровью населения в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух». В кн.: *Актуальные проблемы гигиены и профпатологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФБУН «СЗНИИ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора*. СПб.; 2024: 366–73. <https://elibrary.ru/fmhnpnu>
3. Ковальчук М.А., Утюжников А.И., Михайлова Л.А., Бурлака Н.М. Гигиеническая оценка состояния атмосферного воздуха г. Чита и г. Петровск-Забайкальский (Забайкальский край). В кн.: *III ежегодная Научная сессия ФГБОУ ВО ЧГМА: Сборник научных трудов*. Чита; 2024: 22–6. <https://elibrary.ru/gnorip>
4. Санеев Б., Лачков Г. Особенности газификации азиатских регионов России. *Энергетическая политика*. 2023; (2): 70–7. https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_2180_70 <https://elibrary.ru/nkgtom>
5. Зайцева Н.В., Май И.В. Качество атмосферного воздуха и показатели риска здоровью как объективные критерии результативности воздухоохранной деятельности на территориях городов-участников федерального проекта «Чистый воздух». *Анализ риска здоровью*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/omvwle>
6. Кузьмин С.В., Долина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Татьянук Т.К., Гореленкова Н.А. и др. Научно-методическое обеспечение задач социально-гигиенического мониторинга при реализации национального проекта «Экология». В кн.: *Анализ риска здоровью — 2023: Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2023: материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Том 1. Пермь; 2023: 9–13. <https://elibrary.ru/xhgzfp>
7. Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В. Результативность мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» по ключевым показателям — качеству атмосферного воздуха и риску для здоровья населения г. Братска. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(12): 1367–74. <https://elibrary.ru/zkwwvh>
8. Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В., Балашов С.Ю. Актуализация программ наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в задачах реализации национальных проектов на региональном уровне. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНСО*. 2023; 31(5): 15–24. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24> <https://elibrary.ru/ynvbyu>
9. Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Бармин Ю.Я., Ярушин С.В., Кузьмин Д.В., Шевчик А.А. и др. Оценка эффективности реализации воздухоохраных мероприятий по критериям оценки риска для здоровья населения, выполненного на основе сводного расчета и мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в рамках федерального проекта «Чистый воздух» (на примере города Нижний Тагил). В кн.: *Здоровая среда — 2023: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Уфа; 2023: 124–34. <https://elibrary.ru/iuxpnd>
10. Ярушин С.В., Власов И.А., Козловских Д.Н., Бармин Ю.Я., Шевчик А.А., Кузьмин Д.В. и др. О развитии методических подходов к оценке выполнения федерального проекта «Чистый воздух» по критериям снижения риска и предотвращения ущерба здоровью. В кн.: *Взаимодействие науки и практики. Опыт и перспективы: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня образования государственной санитарно-эпидемиологической службы России*. Екатеринбург; 2022: 163–5. <https://elibrary.ru/snmhtb>
11. Попова А.Ю., Кузьмина С.В., ред. Актуальные вопросы и опыт реализации Федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология» на примере города Медногорска Оренбургской области. В кн.: *Развивая вековые традиции, обеспечивая «Санитарный щит» страны: Материалы XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвященного 100-летию основания Государственной санитарно-эпидемиологической службы России*. М.; 2022: 175–8. <https://elibrary.ru/exsyhk>
12. Май И.В., Вековщина С.А., Клейн С.В., Балашов С.Ю., Андришунас А.М., Горяев Д.В. Федеральный проект «Чистый воздух»: практический опыт выбора химических веществ для информационно-аналитической системы анализа качества атмосферного воздуха Норильска. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(8): 766–72. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772> <https://elibrary.ru/ajdxkg>
13. Зайцева Н.В., Май И.В., Клейн С.В., Горяев Д.В. 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): 4–17. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.3.01> <https://elibrary.ru/sjwckz>
14. Крива А.С., Никитин С.В., Овчинникова Е.Л., Плотникова О.В., Колчин А.С., Черкашина М.Н. и др. О ходе реализации федерального проекта «Чистый воздух» на территории г. Омска. *Анализ риска здоровью*. 2020; (4): 31–45. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.04> <https://elibrary.ru/ofylqu>
15. Гираева К.Ш. Качество атмосферного воздуха в Забайкальском крае. В кн.: Панарин В.Н., ред. *Экология и техносферная безопасность: II Всероссийская молодежная научно-практическая конференция*. Тула; 2023: 38–40. <https://elibrary.ru/kuwhf>
16. Мустафина К.Р., Дин Е.С., Агбаев Б.Ж. Подготовка исходных данных для моделирования выбросов автомобильного транспорта в рамках актуализации сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха. *Охрана окружающей среды и заповедное дело*. 2023; 4(4): 95–103. <https://elibrary.ru/qarhwu>
17. Оводков М.В. О подготовке ФГБУ «ВНИИ Экология» сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха в рамках Федерального проекта «Чистый воздух» и эксперимента по квотированию выбросов. Методология. Модель. Аналитика. *Охрана окружающей среды и заповедное дело*. 2024; 5(1): 20–32. <https://elibrary.ru/lhcgtx>
18. Тихонова И.В., Землянова М.А. Актуализация системы СГМ на основе анализа риска здоровью (муниципальный уровень). *Анализ риска здоровью*. 2019; (4): 60–8. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.06> <https://elibrary.ru/vffgwd>
19. Май И.В., Клейн С.В., Вековщина С.А., Балашов С.Ю., Четверкина К.В., Цинкер М.Ю. Риск здоровью населения г. Норильска при воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(5): 528–34. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534> <https://elibrary.ru/dctlgf>
20. Волкодаева М.В., Канчан Я.С., Левкин А.В., Ломтев А.Ю. Применение сводных расчетов при оценке загрязнения атмосферного воздуха. *Экология производства*. 2024; (4): 94–7. <https://elibrary.ru/bilkwe>
21. Волкодаева М.В., Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Канчан Я.С., Левкин А.В., Тимин С.Д. Учёт выбросов загрязняющих веществ от автономных источников теплоснабжения индивидуальных жилых домов при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для населённых пунктов. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(2): 141–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-141-147> <https://elibrary.ru/nybmxl>
22. Фёдоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Историк О.А., Мясников И.О. Проблемы гигиенической оценки качества атмосферного воздуха населённых мест на примере городов Ленинградской области. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 657–64. <https://elibrary.ru/urqjlr>
23. Волкодаева М.В., Володина А.А., Кузнецов В.А. Использование данных мониторинга качества атмосферного воздуха как одно из необходимых условий при организации дорожного движения. *Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции*. Кемерово; 2019: 287–90. <https://elibrary.ru/weseb1>
24. Волкодаева М.В., Левкин А.В. Использование результатов сводных расчетов для совершенствования системы мониторинга качества атмосферного воздуха в городах. *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2013; (28): 27–31. <https://elibrary.ru/qjnlh>
25. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., ред. Проблемные вопросы оценки риска по данным мониторинговых исследований атмосферного воздуха и пути их решения. *Эрисмановские чтения — 2023. Новое в профилактической медицине и обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения: Материалы I Всероссийского научного конгресса с международным участием*. Мытищи; 2023: 301–3. <https://elibrary.ru/qeynck>

References

1. Fedorov V.N., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Kopytenkova O.I., Myasnikov I.O. Monitoring of atmospheric air quality in cities participating in the federal project “Clean air” of the far eastern economic region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2024; 103(6): 510–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-6-510-518> <https://elibrary.ru/bhzbkh> (in Russian)
2. Fedorov V.N. Methodological approaches for population health risks assessment in the framework of the implementation of the federal project “Clean air”. In: *Actual Problems of Hygiene and Occupational Pathology: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Federal State Budgetary Institution “Scientific Center of Hygiene and Public Health” of Rosпотребнадзор [Aktual'nye problemy gigieny i profpatologii: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu FBUN SZNTs gigieny i obshchestvennogo zdorov'ya]*. St. Petersburg; 2024: 366–73. <https://elibrary.ru/fmhnpnu> (in Russian)
3. Kovalchuk M.A., Utyuzhnikova A.I., Mikhailova L.A., Burlaka N.M. Hygienic assessment of the state of atmospheric air in Chita and Petrovsk-Zabaikalsky (Zabaikalsky Krai). In: *III annual Scientific Session of the FSBEI HE CHGMA: Collection of Scientific Papers [III ezhegodnaya Nauchnaya sessiya FSBEI HE CHGMA: Sbornik nauchnykh trudov]*. Chita; 2024: 22–6. <https://elibrary.ru/gnorip> (in Russian)
4. Saneev B., Lachkov G. Features of gasification of Asian regions of Russia. *Energeticheskaya politika*. 2023; (2): 70–7. https://doi.org/10.46920/2409-5516_2023_2180_70 <https://elibrary.ru/nkgtom> (in Russian)

5. Zaitseva N.V., May I.V. Ambient air quality and health risks as objective indicators to estimate effectiveness of air protection in cities included into the "Clean air" federal project. *Analiz riska zdorov'yu*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/omvyle> (in Russian)
6. Kuzmin S.V., Dodina N.S., Shashina T.A., Kisilitsin V.A., Tatyanyuk T.K., Gorelenkova N.A., et al. Scientific and methodological support for the tasks of social and hygienic monitoring in the implementation of the national project «Ecology». In: *Health Risk Analysis – 2023: In Conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE-2023: Proceedings of the XIII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 1*. Perm'; 2023: 9–13. <https://elibrary.ru/xhgzfp> (in Russian)
7. May I.V., Klein S.V., Maksimova E.V. Effectiveness of the activities of the federal project "clean air" by the quality of atmospheric air and risk for the health (by means of the example of the city Bratsk). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(12): 1367–74. <https://elibrary.ru/zkwwvh> (in Russian)
8. May I.V., Kleyn S.V., Maksimova E.V., Balashov S.Yu. Update of ambient air pollution monitoring programs within regional-level implementation of national projects. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNISO*. 2023; 31(5): 15–24. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24> <https://elibrary.ru/ynvbyu> (in Russian)
9. Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Barmin Yu.Ya., Yarushin S.V., Kuzmin D.V., Shevchik A.A., et al. Assessment of the effectiveness of the implementation of air protection measures according to the criteria for assessing the risk to public health, based on the consolidated calculation and monitoring of atmospheric air pollution within the framework of the federal project "Clean Air" (on the example of the city of Nizhny Tagil). In: *Healthy Environment – 2023: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Zdorovaya sreda – 2023: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Ufa; 2023: 124–34. <https://elibrary.ru/iuxpdn> (in Russian)
10. Yarushin S.V., Vlasov I.A., Kozlovskikh D.N., Barmin Yu.Ya., Shevchik A.A., Kuzmin D.V., et al. On the development of methodological approaches to assessing the implementation of the federal project "Clean Air" according to criteria for reducing risk and preventing damage to health. In: *The Interaction of Science and Practice. Experience and Prospects: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation Dedicated to the 100th Anniversary of the Establishment of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia [Vzaimodeystvie nauki i praktiki. Opyt i perspektivy: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 100-letiyu so dnya obrazovaniya gosudarstvennoi sanitarno-epidemiologicheskoi sluzhby Rossii]*. Yekaterinburg; 2022: 163–5. <https://elibrary.ru/snmhtb> (in Russian)
11. Popova A.Yu., Kuzmina S.V., eds. Current issues and experience in the implementation of the Federal project "Clean Air" of the national project "Ecology" on the example of the city of Meznogorsk, Orenburg region. In: *Developing Centuries-Old Traditions, Providing a "Sanitary shield" of the Country: Proceedings of the XIII All-Russian Congress of Hygienists, Toxicologists and Sanitary Doctors with International participation, Dedicated to the 100th Anniversary of the Founding of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia [Razvivaya vekovye traditsii, obespechivaya «Sanitarnyi shchit» strany: Materialy XIII Vserossiiskogo s'ezda gigenistov, toksikologov i sanitarnykh vrachei s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennogo 100-letiyu osnovaniya Gosudarstvennoi sanitarno-epidemiologicheskoi sluzhby Rossii]*. Moscow; 2022: 175–8. <https://elibrary.ru/exsyhk> (in Russian)
12. May I.V., Vekovshina S.A., Kleyn S.V., Balashov S.Yu., Andriushina A.M., Goryaev D.V. "Pure air" federal project: practical experience in selecting chemicals for an information system for the analysis of ambient air quality. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(8): 766–72. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772> <https://elibrary.ru/ajdxkg> (in Russian)
13. Zaitseva N.V., May I.V., Kleyn S.V., Goryaev D.V. 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. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.3.01> <https://elibrary.ru/jrucns>
14. Kriga A.S., Nikitin S.V., Ovchinnikova E.L., Plotnikova O.V., Kolchin A.S., Cherkashina M.N., et al. On implementation of "Clean air" federal project in Omsk. *Health Risk Analysis*. 2020; (4): 31–45. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.4.04> <https://elibrary.ru/rviwpu>
15. Giraeva K.Sh. The quality of atmospheric air in the Trans-Baikal Territory. In: Panarin V.N., ed. *Ecology and Technosphere safety: II All-Russian Scientific and Practical Conference [Ekologiya i tekhnosfernaya bezopasnost': II Vserossiiskaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya]*. Tula; 2023: 38–40. <https://elibrary.ru/kuiwhf> (in Russian)
16. Mustafina K.R., Din E.S., Agbaev B.Zh. Preparation of initial data for modeling emissions from road transport in the framework of updating summary calculations of atmospheric air pollution. *Okhrana okruzhayushchei sredy i zapovednoye delo*. 2023; 4(4): 95–103. <https://elibrary.ru/qarhwu> (in Russian)
17. Ovodkov M.V. On the preparation of the federal state budgetary institution "VNII Ekologiya" summary calculations of atmospheric air pollution within the framework of the federal project "Clean Air" and the experiment on emission quotas. *Methodology. Model. Analytics. Okhrana okruzhayushchei sredy zapovednoye delo*. 2024; 5(1): 20–32. <https://elibrary.ru/lhcgtx> (in Russian)
18. Tikhonova I.V., Zemlyanova M.A. Social-hygienic monitoring system updating based on health risk analysis (at the municipal level). *Health Risk Analysis*. 2019; (4): 60–8. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.4.06> <https://elibrary.ru/qiubyd>
19. May I.V., Kleyn S.V., Vekovshina S.A., Balashov S.Yu., Chetverkina K.V., Tsinker M.Yu. Health risk to the population in Norilsk under exposure of substances polluting ambient air. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(5): 528–34. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534> <https://elibrary.ru/dctglr> (in Russian)
20. Volkodava M.V., Kanchan Ya.S., Levkin A.V., Lomtev A.Yu. Application of summary calculations in the assessment of atmospheric air pollution. *Ekologiya proizvodstva*. 2024; (4): 94–7. <https://elibrary.ru/bilkwe> (in Russian)
21. Volkodava M.V., Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Kanchan Ya.S., Levkin A.V., Timin S.D. On accounting for emissions of pollutants from autonomous heat supply sources of individual residential buildings when conducting summary calculations of atmospheric air pollution for settlements. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(2): 141–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-141-147> <https://elibrary.ru/nybmml> (in Russian)
22. Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Kovshov A.A., Istori O.A., Myasnikov I.O. Problems of outdoor air quality hygienic assessment in the cities of the Leningrad region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(6): 657–64. <https://elibrary.ru/upqilr> (in Russian)
23. Volkodava M.V., Volodina Ya.A., Kuznetsov V.A. The use of atmospheric air quality monitoring data as one of the necessary conditions for traffic management. In: *Innovations in information technology, mechanical engineering and motor transport: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Kemerovo, October 14–17, 2019 [Innovatsii v informatsionnykh tekhnologiyakh, mashinostroenii i aviotranspore: Sbornik materialov III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Kemerovo; 2019: 287–90. <https://elibrary.ru/wesebl> (in Russian)
24. Volkodava M.V., Levkin A.V. Using the results of summary calculations to improve the monitoring system of atmospheric air quality in cities. *Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. 2013; (28): 27–31. <https://elibrary.ru/qjnlrh> (in Russian)
25. Popova A.Yu., Kuzmin S.V., eds. Problematic issues of risk assessment based on monitoring studies of atmospheric air and ways to solve them. In: *Erisman Readings – 2023. New Developments in Preventive Medicine and Ensuring the Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population: Proceedings of the First All-Russian Scientific Congress with International Participation [Erismanovskie chteniya – 2023. Novoe v profilakticheskoi meditsine i obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya: Materialy I Vserossiiskogo nauchnogo kongressa s mezhdunarodnym uchastiem]*. Mytishchi; 2023: 301–3. <https://elibrary.ru/qeynck> (in Russian)

Сведения об авторах

Федоров Владимир Николаевич, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Склизкова Надежда Андреевна, науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

Новикова Юлия Александровна, канд. техн. наук, ведущий науч. сотр., руководитель отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

Масников Игорь Олегович, канд. мед. наук, ведущий науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

Кизеев Алексей Николаевич, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

Information about the authors

Vladimir N. Fedorov, PhD, senior researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232> E-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Nadezhda A. Sklizkova, researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>

Yuliya A. Novikova, PhD (Engineering), Leading Researcher, Head of the Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>

Igor O. Myasnikov, PhD (Medicine), senior researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>

Aleksei N. Kizeev, PhD, (Biology), Leading researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>