

© Коллектив авторов, 2024

УДК 614.71



Практический опыт использования индекса сравнительной опасности здоровью населения в целях обоснования перечня загрязняющих веществ для мониторинга

*С.В. Клейн, С.А. Вековшина, С.Ю. Балашов**ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация*

Резюме

Введение. Отбор наиболее опасных веществ для включения в программы мониторинга требует учета критериев риска для здоровья населения.

Цель исследования: обоснование перечня основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух в 10 новых городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух», расположенных в Красноярском крае и Иркутской области, с использованием индекса сравнительной опасности здоровью населения и данных инструментальных исследований для формирования программ мониторинга на период до получения результатов сводных расчетов на территории.

Материалы и методы. Использовали данные Росприроднадзора о фактических годовых выбросах (по форме № 2-ТП (воздух) за 2022 год) объектов негативного воздействия, расположенных в Ангарске, Ачинске, Зиме, Иркутске, Лесосибирске, Минусинске, Свирске, Усолье-Сибирском, Черемхово, Шелехове. Оценка соблюдения санитарно-эпидемиологических требований к качеству атмосферного воздуха проведена по данным с постов наблюдения Росгидромета и Роспотребнадзора за 2020–2022 гг. Для обоснования перечней загрязняющих веществ, подлежащих мониторингу в рамках СГМ, использовали методы ранжирования химических соединений, изложенные в Руководстве по оценке риска Р 2.1.10.3968–23.

Результаты. По результатам оценки вкладов в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности в программы мониторинга предложено включить вещества, обладающие канцерогенным потенциалом при ингаляционном воздействии (ацетальдегид, бенз(а)пирен, бензол, бута-1,3-диен, свинец, углерод, формальдегид, хром (IV) и пр.). Оценка долевого вклада в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности выявила необходимость расширения программ мониторинга за счет следующих высокоопасных веществ: диалюминий триоксид, дигидросульфид, диметил-амин, марганец и его соединения, серная кислота, фториды, хлор. По результатам исследования в программы СГМ на 2023–2024 гг. было рекомендовано включить от 10 до 24 веществ.

Заключение. Использование индексов сравнительной опасности, учет их вкладов в соответствующие суммарные индексы сравнительной канцерогенной и/или неканцерогенной опасности позволили обосновать перечни загрязняющих веществ для включения в программы СГМ в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» на 2023–2024 гг., расширить их за счет включения примесей, формирующих риски для здоровья человека.

Ключевые слова: индекс сравнительной опасности, идентификация опасности, оценка риска здоровью населения, приоритетные загрязнители, мониторинг, атмосферный воздух, федеральный проект «Чистый воздух».

Для цитирования: Клейн С.В., Вековшина С.А., Балашов С.Ю. Практический опыт использования индекса сравнительной опасности здоровью населения в целях обоснования перечня загрязняющих веществ для мониторинга // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 7. С. 16–26. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-16-26

Practical Experience of Using the Index of Comparative Health Hazard to Substantiate the List of Pollutants for Monitoring

*Svetlana V. Kleyn, Svetlana A. Vekovshina, Stanislav Yu. Balashov**Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies,
82 Monastyrskaya Street, Perm, 614045, Russian Federation*

Summary

Introduction: When selecting the most hazardous pollutants for inclusion in air quality monitoring programs, it is important to consider criteria of population health risk.

Objective: To substantiate the list of priority air pollutants for 10 new cities of the Krasnoyarsk and Irkutsk Regions enrolled in the Clean Air Federal Project using the index of comparative hazard to population health and results of air quality testing to elaborate monitoring programs for the period until the results of summary calculations for the territory are obtained.

Materials and methods: We used data provided by the Federal Supervisory Natural Resources Management Service (Rosprirodnadzor) on actual annual emissions (Form No. 2-TP (Air) for 2022) from sources of air pollution located in the cities of Angarsk, Achinsk, Zima, Irkutsk, Lesosibirsk, Minusinsk, Svirsk, Ussolye-Sibirskoye, Cherekhovo, and Shelekhov. Compliance with sanitary and epidemiological requirements for ambient air quality was established based on data from monitoring sites of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) and the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor) for 2020–2022. To substantiate the lists of air pollutants to be monitored within the framework of public health surveillance, we ranked chemicals according to Russian Risk Assessment Guidelines R 2.1.10.3968–23.

Results: Based on the results of assessing contributions to the total index of comparative carcinogenic hazard, certain chemicals were proposed to be included into monitoring programs due to their carcinogenic potential when inhaled (acetaldehyde, benzo(a)pyrene, benzene, buta-1,3-diene, lead, carbon, formaldehyde, chromium (IV), etc.). Evaluation of percent contributions to the total index of comparative non-carcinogenic hazard revealed the need to expand monitoring programs to include the following highly hazardous chemicals: dialuminum trioxide, dihydrosulfide, dimethylamine, manganese and its compounds, sulfuric acid, fluorides, and chlorine. According to the findings, 10 to 24 pollutants were recommended for inclusion in the 2023–2024 public health surveillance program.

Conclusion: The use of comparative hazard indices and consideration of their contributions to the corresponding total indices of comparative carcinogenic and/or non-carcinogenic hazard allowed us to substantiate the lists of pollutants to be included in the public health surveillance programs in 10 new cities enrolled in the Clean Air Federal Project for 2023–2024 and to expand them by including admixtures posing human health risks.

Keywords: index of comparative health hazard, hazard identification, population health risk assessment, priority pollutants, monitoring, ambient air, Clean Air Federal Project.

Cite as: Kleyn SV, Vekovshina SA, Balashov SYu. Practical experience of using the index of comparative health hazard to substantiate the list of pollutants for monitoring. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(7):16–26. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-7-16-26

Введение. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека в пределах своей компетенции продолжает активно участвовать в реализации мероприятий национального проекта «Экология»¹, в состав которого входит, в том числе, и федеральный проект «Чистый воздух» (далее – ФП «Чистый воздух»).

В 2018 году реализация проекта началась на территории 12 городов с наиболее высокими уровнями загрязнения атмосферного воздуха. Планируется, что в этих городах – участниках проекта в 2026 году выбросы опасных для здоровья веществ составят не более 85 % от базового значения 2017 года; снизится загрязнение атмосферного воздуха и, как следствие, улучшится качество жизни более 4,622 млн человек.

С 1 сентября 2023 года распоряжением Правительства РФ от 07.07.2022 № 1852-р² к проекту «подключены» еще 29 городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, расположенных в 16 субъектах РФ. Для новых городов-участников установлена новая цель – снижение к 31 декабря 2030 года выбросов приоритетных (опасных) загрязняющих веществ в 2 раза по отношению к 2020 году.

В соответствии с актуальной законодательной базой определение перечня приоритетных загрязняющих веществ осуществляется на основании сводных расчетов рассеивания загрязняющих веществ от источников, формирующих в совокупности не менее 95 % валового выброса по территории^{3,4}. Вместе с тем формирование интегрированных баз данных о параметрах стационарных (включая автономные источники теплоснабжение частного сектора домовладений) и передвижных источников выбросов – трудоемкая работа, требующая значительного временного периода [1]. Кроме того, результаты расчетов рассеивания не всегда корректно отражают реальную санитарно-гигиеническую ситуацию [2]. Все изложенное делает крайне актуальными инструментальные измерения качества воздуха с ориентацией на вещества, формирующие потенциальные риски и угрозы для здоровья населения.

На промышленно развитых территориях в атмосферный воздух одновременно выбрасываются десятки и сотни разнообразных химических веществ и смесей [3–7]. Предварительная обработка информации об источниках загрязнения атмосферы, номенклатуре выбрасываемых химических веществ,

их совокупных массах, показателях опасности отдельных ингредиентов для здоровья человека и др. позволяет оптимизировать процесс обоснования перечня загрязняющих веществ, подлежащих контролю.

В системе государственного экологического мониторинга в условиях отсутствия сводных расчетов рассеивания задачу определения перечня загрязняющих веществ, включаемых в программы наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, решают путем анализа состава и характера выбросов и результатов предварительных инструментальных наблюдений (РД 52.04.186–89)⁵. При этом рекомендовано учитывать перечень веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (согласно приказу Минприроды России)⁶. При изменении объемов выбросов, появлении новых источников выбросов, реконструкции и техническом перевооружении предприятий, перечень загрязняющих веществ пересматривают.

Принцип выбора веществ для включения в программы мониторинга основан на использовании параметра потребления воздуха, который представляет собой отношение суммарной массы выбросов конкретной примеси от всех источников, расположенных на территории города, к ПДК этой примеси [8]. По величине параметра потребления воздуха вещества ранжируют, примеси с наибольшими рангами рекомендуют для включения в программы наблюдения.

Актуальность учета критериев риска для здоровья населения требует развития методических подходов к формированию программ мониторинга, в том числе в условиях отсутствия сводных расчетов. Включение в программы систематических наблюдений веществ, которые являются потенциально наиболее опасными для здоровья жителей, в полной мере отвечает стратегическим целям и задачам федерального проекта «Чистый воздух».

Опыт формирования программ мониторинга качества атмосферного воздуха с применением элементов идентификации опасности выбросов и расчетов индексов опасности уже накоплен и описан в ряде публикаций [9, 10].

Цель исследования – обоснование перечня основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух в 10 новых городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух», расположенных в Красноярском крае и Иркутской области,

¹ Паспорт национального проекта «Экология» (по состоянию на 31.10.2023). Электронный документ: https://www.mnr.gov.ru/activity/pr_ecology/

² Распоряжение Правительства РФ от 07.07.2022 № 1852-р «Об утверждении перечня городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, дополнительно относящихся к территориям эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха».

³ Федеральный закон от 26.07.2019 № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха». [Электронный ресурс.] Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329955/ (дата обращения: 31.10.2023).

⁴ Правила проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию. Утв. Приказом Минприроды России от 29 ноября 2019 года № 813. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/564067734> (дата обращения: 31.10.2023).

⁵ РД 52.04.186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

⁶ Приказ Минприроды России от 30.07.2020 № 524 «Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением» (Зарегистрировано в Минюсте России 14.12.2020 регистрационный № 61430).

с использованием индекса сравнительной опасности здоровью населения и данных инструментальных исследований для формирования программ мониторинга на период до получения результатов сводных расчетов на территории.

Материалы и методы. Исследование было выполнено с использованием данных Росприроднадзора о фактических годовых выбросах объектов негативного воздействия, расположенных в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» (Ангарск, Ачинск, Зима, Иркутск, Лесосибирск, Минусинск, Свирск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов), по форме № 2-ТП (воздух) за 2022 год в связи с необходимостью начала проведения рекогносцировочных исследований (измерений) уровня загрязнения атмосферного воздуха в этих городах в рамках социально-гигиенического мониторинга в 2023 году.

Сведения о численности постоянного населения в исследуемых городах (по состоянию на 1 января 2023 года) получали из открытых данных территориальных органов Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области и Красноярскому краю.

Для обоснования перечней загрязняющих веществ, подлежащих мониторингу в рамках СГМ на территориях городов – участников ФП «Чистый воздух», использовали методы ранжирования химических соединений, изложенные как в действующем Руководстве по оценке риска⁷, так и отмененном с 1 января 2024 года документе⁸. При этом значения референтных концентраций и факторов канцерогенного потенциала отдельных химических веществ принимали в соответствии с утратившим силу Руководством⁸, так как исследование было выполнено до момента вступления в силу нового документа.

Были рассчитаны индексы сравнительной канцерогенной (HRI_c) и неканцерогенной (HRI) опасности каждой i -й примеси с учетом годового поступления в атмосферный воздух (E_i , т/год), весового коэффициента влияния на здоровье (TW_i), а также численности популяции, подвергаемой воздействию (P , чел.).

С использованием величин индексов сравнительной канцерогенной (HRI_c) и/или неканцерогенной (HRI) опасности отдельно ранжировали списки канцерогенов и неканцерогенов.

Далее индексы сравнительной канцерогенной и/или неканцерогенной опасности всех примесей суммировали. Для каждого города получали два показателя:

- суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности (ΣHRI_c);
- суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности (ΣHRI).

Затем определяли долевого вклад (Δ_c^i) каждой i -й примеси в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности в соответствии с формулой:

$$\Delta_c^i = \frac{HRI_c^i}{\Sigma HRI_c} \cdot 100, \text{ где}$$

Δ_c^i – долевого вклад вещества в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности;
 HRI_c^i – индекс сравнительной опасности i -й примеси;

ΣHRI_c – суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности.

По аналогичной формуле определяли долевого вклад (Δ) каждой i -й примеси в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности.

В предварительный перечень веществ для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории города – участника ФП «Чистый воздух» включали примеси, которые формировали (в сумме) долевого вклад не менее 90 % величины суммарного индекса сравнительной канцерогенной (ΣHRI_c) и/или неканцерогенной (ΣHRI) опасности.

Оценка соблюдения санитарно-эпидемиологических требований к качеству атмосферного воздуха была проведена по данным с постов наблюдения Росгидромета и Роспотребнадзора за 2020–2022 гг. Значения гигиенических нормативов содержания химических веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений принимали в соответствии с действующими санитарными правилами и нормативами⁹.

Для 10 новых городов – участников ФП «Чистый воздух» проанализирована информация с 25 постов наблюдений Росгидромета, 2 постов территориальной сети мониторинга (ТСН) Красноярского края, 18 постов социально-гигиенического мониторинга Роспотребнадзора.

Были обработаны данные о концентрациях от 6 (г. Лесосибирск) до 26 (г. Иркутск) загрязняющих веществ, исследуемых на постах наблюдений Росгидромета; от 7 (г. Минусинск) до 10 (г. Ачинск) загрязняющих веществ, исследуемых на постах ТСН Красноярского края; от 5 (г. Черемхово) до 22 (г. Ачинск) загрязняющих веществ, содержание которых исследовано в рамках социально-гигиенического мониторинга ФБУЗ «ЦГиЭ» Роспотребнадзора на территории Красноярского края и Иркутской области. Общее число исследованных проб – более 500 тыс.

Результаты. Согласно данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (далее – Росприроднадзор)¹⁰ в 2022 году объекты негативного воздействия выбрасывали в атмосферный воздух 10 исследуемых городов – участников ФП «Чистый воздух», расположенных в Иркутской

⁷ Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.09.2023.

⁸ 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.

⁹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 668 с.

¹⁰ Государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. <https://rpn.gov.ru/opendata/7703381225-reestr-onv>

области и Красноярском крае, от 28 до 128 загрязняющих веществ.

В промышленных выбросах исследуемых городов в 2022 году регистрировали: серы диоксид (долевой вклад в суммарные выбросы от 4,0 % в Ангарске до 12,4 % в Ачинске); азота диоксид (с долей от 2,7 % в Минусинске до 25,8 % в Ачинске); углерода оксид (с вкладом от 3,2 % в Иркутске до 74,7 % в Шелехове); пыль неорганическая с содержанием SiO_2 от 20 до 70 % (долевой вклад от 4,6 % в Свирске до 15,9 % в Усолье-Сибирском); азот (II) оксид (от 4,0 % в Ангарске до 12,4 % в Ачинске); метан (от 5,0 % в Лесосибирске до 20,6 % в Ангарске).

В Минусинске и Черемхово значительный вклад в промышленные выбросы вносил метилбензол (толуол) (2,3 и 2,4 % соответственно), в Шелехове и Ачинске – пыль неорганическая с содержанием SiO_2 до 20 % (5,5 и 20,4 % соответственно). Вклады в формирование более 95 % массы выбросов от промышленных объектов в исследуемых городах также вносили: аммиак (1,9 % в Минусинске); взвешенные вещества (5,7 % в Минусинске); диметилбензол (ксилол) (1,4 % в Минусинске); керосин (6,0 % в Зиме); пыль неорганическая с содержанием SiO_2 более 70 % (9,4 % в Шелехове); смесь предель-

ных углеводородов C1–C5 (11,6 % в Ангарске); смесь предельных углеводородов C6–C10 (2,5 % в Ангарске); углерод (пигмент черный) (14,8 % в Лесосибирске) (рис. 1).

На основе данных о годовом поступлении загрязняющих веществ в атмосферный воздух исследуемых городов были рассчитаны индексы сравнительной канцерогенной (HRI_c) и неканцерогенной (HRI) опасности каждой i -й примеси, суммарные индексы сравнительной канцерогенной (ΣHRI_c) и неканцерогенной (ΣHRI) опасности (рис. 2), а также долевые вклады каждой i -й примеси в суммарный индекс сравнительной канцерогенной и/или неканцерогенной опасности.

Оценка вкладов в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности показала, что в разных городах основными веществами-вкладчиками в этот показатель являются различные вещества: углерод (сажа, пигмент черный) (до 99,8 % в Лесосибирске); хром (до 93,4 % в Ачинске); бенз(а)пирен (до 73,1 % вклада в Иркутске); формальдегид (до 41,5 % в Усолье-Сибирском); бензол (до 28,7 % вклада в Ангарске); свинец (до 14,4 % вклада в Свирске) (рис. 3).

Необходимо отметить, что углерод (пигмент черный) – вещество, обладающее канцерогенным

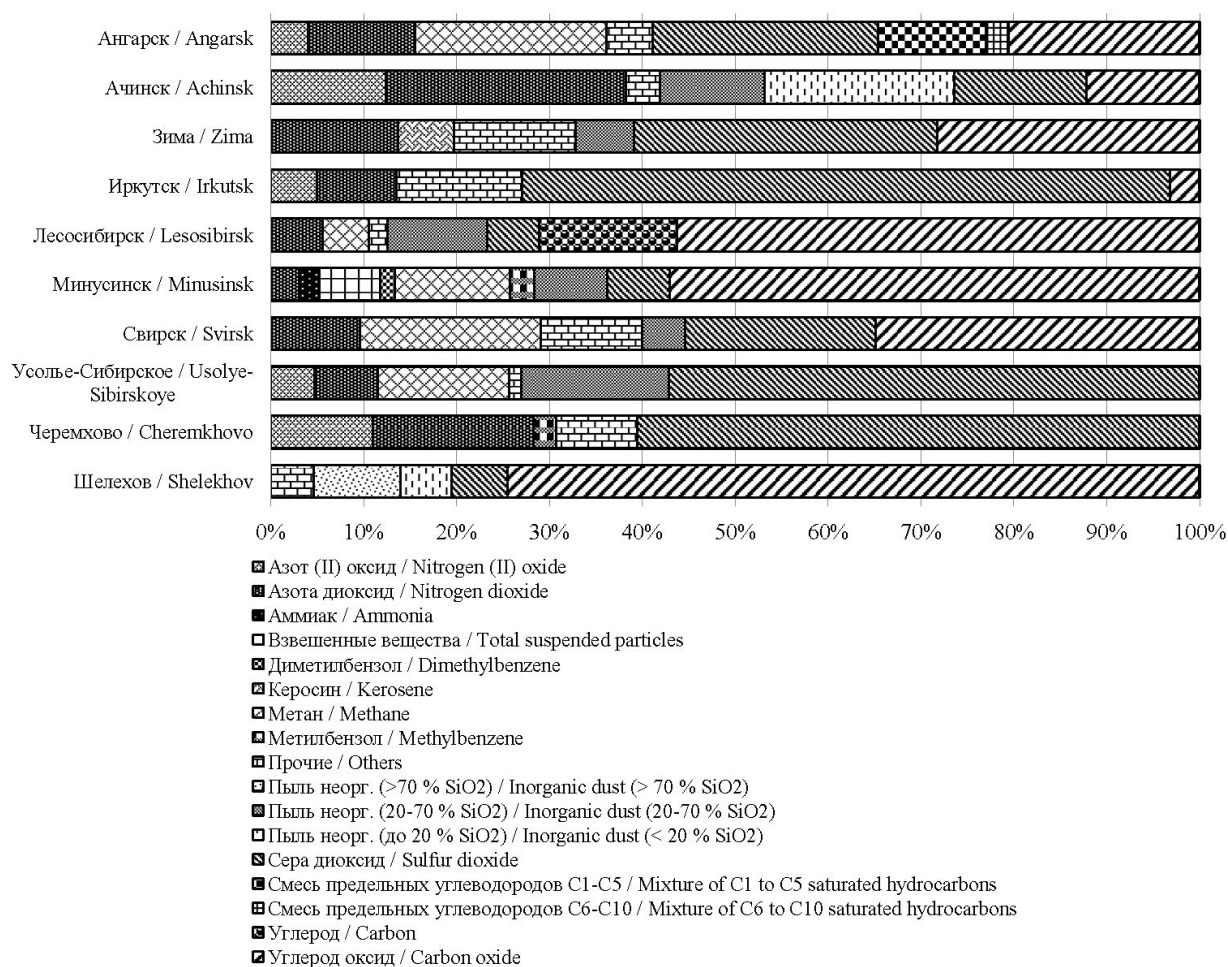


Рис. 1. Долевые вклады (%) загрязняющих веществ в суммарные выбросы в 2022 году от объектов негативного воздействия на атмосферный воздух городов – участников ФП «Чистый воздух»

Fig. 1. Contributions (%) of air pollutants to total hazardous emissions in the cities participating in the Clean Air Federal Project in 2022

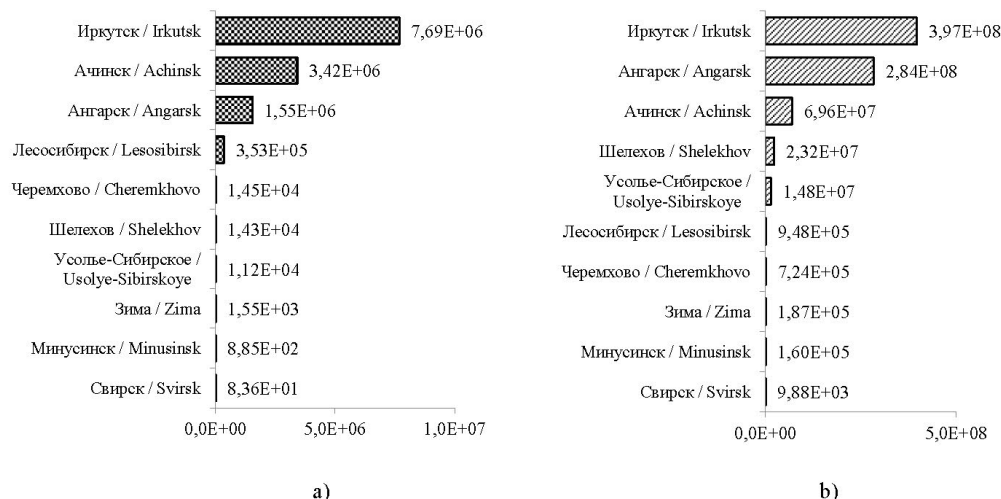


Рис. 2. Суммарные индексы сравнительной канцерогенной (а) и неканцерогенной (б) опасности в городах – участниках ФП «Чистый воздух»

Fig. 2. Total indices of comparative (a) carcinogenic and (b) non-carcinogenic hazard in the cities participating in the Clean Air Federal Project

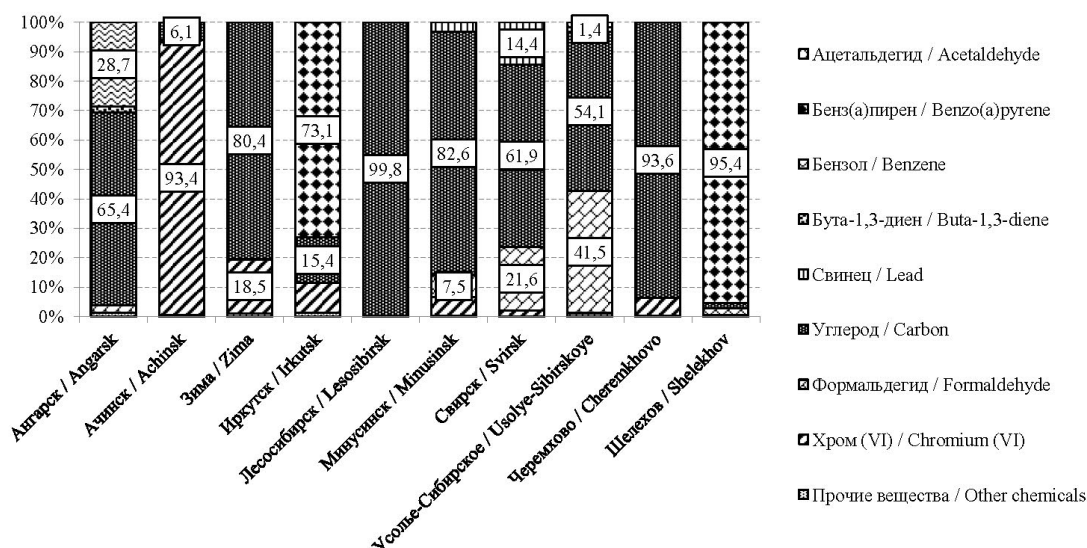


Рис. 3. Долевые вклады (%) загрязняющих веществ в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности в городах – участниках ФП «Чистый воздух»

Fig. 3. Contributions (%) of air pollutants to the total index of comparative carcinogenic hazard in the cities participating in the Clean Air Federal Project

потенциалом при ингаляционном воздействии,^{11,12} – содержится в выбросах всех исследуемых городов – участников ФП «Чистый воздух». На втором месте по частоте встречаемости – хром (в пересчете на хрома (VI) оксид), который является приоритетным канцерогеном для шести городов (Ачинск, Зима, Иркутск, Минусинск, Свирск и Черемхово). На третьем месте – формальдегид – канцероген, входящий в состав промышленных выбросов пяти городов (Ангарск, Минусинск, Свирск, Усолье-Сибирское, Шелехов).

По величине долевого вклада в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опаснос-

ти лидируют следующие химические вещества и соединения: пыль неорганическая более 70 % SiO_2 (до 73 % в Шелехове); сера диоксид (до 65,2 % в Иркутске); мазутная зола теплоэлектростанций (до 61,8 % в Ангарске); хлор (до 60,1 % в Минусинске), серная кислота (до 43,7 % в Свирске) и углерод (пигмент черный) (до 37,1 % в Лесосибирске) (табл. 1).

Анализ данных табл. 1 показал, что в структуре долевого вклада в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности по отдельным городам чаще всего встречается серы диоксид (все исследуемые города), азота диоксид (в 9 городах из 10 исследованных), азот (II) оксид (в 7 из 10 городов),

¹¹ Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.09.2023.

¹² СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таблица 1. Долевые вклады веществ (%) в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности в исследуемых городах – участниках ФП «Чистый воздух»**Table 1. Contributions (%) of chemicals to the total index of comparative non-carcinogenic hazard in the cities under study participating in the Clean Air Federal Project**

№	Наименование вещества / Chemical	Города – участники ФП «Чистый воздух» / Cities participating in the Clean Air Federal Project									
		Ангарск / Angarsk	Ачинск / Achinsk	Зима / Zima	Иркутск / Irkutsk	Лесосибирск / Lesosibirsk	Минусинск / Minusinsk	Свирск / Svirsk	Усолье-Сибирское / Usolye-Sibirskoye	Черемхово / Cheremkhovo	Шелехов / Shelekhov
1	Азот (II) оксид / Nitrogen (II) oxide	3,0	10,7	1,1	4,6	2,4	–	–	5,4	10,9	–
2	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	8,7	22,2	6,1	8,0	14,0	3,5	3,0	7,8	17,1	–
3	Аммиак / Ammonia	–	–	–	–	–	2,5	–	–	1,8	–
4	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	–	–	–	14,1	–	–	–	–	–	–
5	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	–	–	–	1,9	7,4	–	–	–	–
6	диАлюминий триоксид / diAluminum trioxide	–	5,4	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Дигидросульфид / Dihydrosulfide	–	–	–	–	–	1,3	–	–	–	–
8	Диметиламин / Dimethylamine	2,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9	Диметилбензол / Dimethylbenzene	–	–	–	–	–	1,9	–	–	1,6	–
10	Керосин / Kerosene	2,2	4,0	26,6	–	–	1,3	3,6	–	4,9	–
11	Мазутная зола ТЭЦ / Fuel oil ash from thermal power plants	61,8	11,4	41,8	4,6	–	–	24,5	–	–	–
12	Марганец и его соед. / Manganese and its compounds	–	–	2,3	–	–	–	–	–	–	–
13	Пыль неорг. (20–70 % SiO ₂) / Inorganic dust (20–70 % SiO ₂)	–	9,7	2,8	–	26,7	9,0	1,4	18,1	–	–
14	Пыль неорг. (до 20 % SiO ₂) / Inorganic dust (< 20 % SiO ₂)	–	17,5	–	–	–	–	–	–	–	4,3
15	Пыль неорг. (более 70 % SiO ₂) / Inorganic dust (> 70 % SiO ₂)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73,0
16	Свинец и его неорг. соединения / Lead and its inorganic compounds	–	–	–	–	–	1,8	12,2	–	–	–
17	Сера диоксид / Sulfur dioxide	18,2	12,2	14,5	65,2	13,9	7,7	6,4	65,0	59,8	4,6
18	Серная кислота / Sulfuric acid	–	–	–	–	–	–	43,7	–	–	–
19	Углерод / Carbon	–	–	–	–	37,1	–	–	–	1,9	–
20	Углерод оксид / Carbon oxide	–	–	–	–	1,4	–	–	–	–	–
21	Формальдегид / Formaldehyde	–	–	–	–	–	–	1,8	–	–	–
22	Фториды газообр. / Gaseous fluorides	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,1
23	Фториды неорг. плохо растворимые / Poorly soluble inorganic fluorides	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,4
24	Хлор / Chlorine	–	–	–	–	–	60,1	–	–	–	–
25	Хром (VI) / Chromium (VI)	–	4,6	–	–	–	–	–	–	–	–
	Прочие вещества / Other chemicals	4,2	2,4	4,7	3,4	2,6	3,5	3,3	3,7	2,1	2,6

керосин и пыль неорганическая: 70–20 % SiO₂ (6 из 10), мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий) (в 5 из 10 исследованных городов). Остальные вещества вносят значительный вклад:

– в двух городах: аммиак (Минусинск, Черемхово); взвешенные вещества (Минусинск, Лесосибирск); диметилбензол (Минусинск, Черемхово); пыль неорганическая: до 20 % SiO₂ (Ачинск, Шелехов); свинец и его неорганические соединения (Свирск, Минусинск); углерод (пигмент черный) (Лесосибирск, Черемхово);

– в одном городе: бенз(а)пирен (Иркутск); диАлюминий триоксид (Ачинск); дигидросульфид (Минусинск); диметиламин (Ангарск); марганец и его соединения (Зима); пыль неорганическая более 70 % SiO₂ (Шелехов); серная кислота (Свирск); углерод оксид (Лесосибирск); формальдегид (Свирск); фториды газообразные и фториды неорганические плохо растворимые (Шелехов); хлор (Минусинск); хром (Ачинск).

По данным мониторинга загрязнения атмосферного воздуха за 2020–2022 гг. на постах Росгидромета

и Роспотребнадзора в исследуемых городах наблюдались превышения гигиенических нормативов следующих веществ:

- Ачинск (10 веществ): бенз(а)пирен, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM_{2,5} и PM₁₀, диАлюминий триоксид, дигидросульфид, диметилбензол, метилбензол, формальдегид, фториды газообразные;
- Лесосибирск (2 вещества): бенз(а)пирен, формальдегид;
- Минусинск (6 веществ): азота диоксид, бенз(а)пирен, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM_{2,5}, углерода оксид, формальдегид;
- Ангарск (8 веществ): азот (II) оксид, азота диоксид, бензол, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM₁₀, сера диоксид, углерод оксид, формальдегид;
- Зима (4 вещества): гидрохлорид, дигидросульфид, формальдегид, хлор;
- Иркутск (8 веществ): азот (II) оксид, азота диоксид, взвешенные вещества, диметилбензол, сера диоксид, тетрахлорэтилен, углерод оксид, формальдегид;
- Свирск (2 вещества): азота диоксид, взвешенные вещества;
- Усолье-Сибирское (2 вещества): ртуть, эпихлоргидрин;
- Черемхово (3 вещества): азота диоксид, взвешенные вещества, углерода оксид;
- Шелехов (9 веществ): азот (II) оксид, азота диоксид, взвешенные вещества, взвешенные частицы PM₁₀ и PM_{2,5}, гидроксибензол, углерод оксид, формальдегид, фтористые газообразные соединения.

Вышеперечисленные вещества также были включены в предварительный перечень веществ для мониторинга в новых городах – участниках ФП «Чистый воздух», так как согласно пункту 1 статьи 3 Федерального закона № 195-ФЗ¹³ «...приоритетные загрязняющие вещества – загрязняющие вещества, выбросы которых влияют на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, создают риски для здоровья человека на территориях эксперимента».

В результате проведенной исследовательской работы в программы социально-гигиенического мониторинга качества атмосферного воздуха на территории десяти новых городов – участников ФП «Чистый воздух» на 2023–2024 гг. было рекомендовано включить от 10 до 24 веществ (табл. 2).

Обсуждение. Организация мониторинга содержания в атмосфере всего комплекса примесей является сложным и дорогостоящим мероприятием [11, 12]. На стационарных постах экологического мониторинга определяют как основные примеси (диоксид и оксид азота, диоксид серы, оксид углерода, пыли), так и специфические, характерные для

промышленных выбросов предприятий данного населенного пункта (аммиак, сероводород, свинец и пр.) [13–15].

Применение методических подходов, изложенных в Руководстве по оценке риска¹⁴, использование индексов сравнительной опасности, учет их вкладов в соответствующие суммарные индексы сравнительной канцерогенной и/или неканцерогенной опасности позволили обосновать перечни загрязняющих веществ для включения в программы СГМ в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» на 2023–2024 гг., а также расширить их за счет включения примесей, формирующих риски для здоровья человека на территориях эксперимента [16–21].

Так, по результатам оценки вкладов в суммарный индекс сравнительной канцерогенной опасности предложено включить в программы мониторинга ацетальдегид, бенз(а)пирен, бензол, бута-1,3-диен, свинец, углерод (пигмент черный), формальдегид, хром (IV) и прочие вещества, обладающие канцерогенным потенциалом при ингаляционном воздействии.

Оценка долевого вклада в суммарный индекс сравнительной неканцерогенной опасности выявила необходимость расширения программ мониторинга для 10 новых городов – участников ФП «Чистый воздух» за счет следующих высокоопасных веществ (2-й класс опасности)¹⁵: диАлюминий триоксид (Ачинск), дигидросульфид (Минусинск), диметиламин (Ангарск), марганец и его соединения (Зима), серная кислота (Свирск), фториды (Шелехов), хлор (Минусинск).

Кроме веществ, формирующих риски для здоровья населения, в программы мониторинга предложено включить вещества, выбросы которых (по данным систематических инструментальных исследований Росгидромета и Роспотребнадзора на исследуемых территориях) влияют на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха: взвешенные частицы PM_{2,5} и PM₁₀, гидроксибензол, гидрохлорид, тетрахлорэтилен и пр.

Необходимо отметить, что обоснование перечня загрязняющих веществ для мониторинга с использованием данных о валовых выбросах в рамках поселения связано со следующими неопределенностями: отсутствие учета территориального и высотного расположения источников выбросов, метеоусловий, а также удаленности жилой застройки от источников загрязнения атмосферы [9, 10].

Заключение. В результате проведенного исследования обоснованы предварительные перечни основных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, для 10 новых городов – участников федерального проекта «Чистый воздух»: Ангарск, Зима, Иркутск, Свирск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов, Ачинск, Лесосибирск, Минусинск. Выявлены

¹³ Федеральный закон от 26.07.2019 № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха».

¹⁴ Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.09.2023.

¹⁵ ГОСТ 12.1.007–76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-32-7-16-26>
Original Research Article

Таблица 2. Перечень загрязняющих веществ, рекомендованных для включения в программы СГМ в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» на 2023–2024 гг.

Table 2. List of chemical pollutants recommended for inclusion in public health surveillance programs in 10 cities enrolled in the Clean Air Federal Project for the years 2023–2024

№	Наименование вещества / Chemical	Номер CAS / CAS number	Города – участники ФП «Чистый воздух» / Cities participating in the Clean Air Federal Project									
			Ангарск / Angarsk	Ачинск / Achinsk	Зима / Zima	Иркутск / Irkutsk	Лесосибирск / Lesosibirsk	Минусинск / Minusinsk	Свирск / Svirsk	Усолье-Сибирское / Usolye-Sibirskoye	Черемхово / Cheremkhovo	Шелехов / Shelekhov
1	Азот (II) оксид / Nitrogen (II) oxide	10102-43-9	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+
2	Азота диоксид / Nitrogen dioxide	10102-44-0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Аммиак / Ammonia	7664-41-7	–	–	–	–	–	+	–	–	+	–
4	Ацетальдегид / Acetaldehyde	75-07-0	–	–	–	–	–	+	–	+	–	–
5	Бенз(а)пирен / Benzo(a)pyrene	50-32-8	–	+	–	+	+	+	–	+	–	+
6	Бензол / Benzene	71-43-2	+	+	–	–	+	–	–	–	–	–
7	Бута-1,3-диен / Buta-1,3-diene	106-99-0	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8	Взвешенные вещества / Total suspended particles	–	+	+	–	+	+	+	+	+	+	+
9	Взвешенные частицы PM _{2,5} / Particulate matter PM _{2.5}	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+
10	Взвешенные частицы PM ₁₀ / Particulate matter PM ₁₀	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	+
11	Гидроксibenзол / Hydroxybenzene	108-95-2	–	–	–	–	+	+	–	–	–	+
12	Гидрохлорид / Hydrochloride	7647-01-0	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–
13	диАлюминий триоксид / diAluminum trioxide	1344-28-1	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
14	диВанадий пентоксид / diVanadium pentoxide	1314-62-1	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
15	Дигидросульфид / Dihydrosulfide	7783-06-4	–	+	+	–	+	+	–	–	–	–
16	Диметиламин / Dimethylamine	124-40-3	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17	Диметилбензол / Dimethylbenzene	1330-20-7	–	+	–	+	+	+	–	–	+	–
18	Керосин / Kerosene	8008-20-6	+	–	+	–	–	–	+	–	+	–
19	Мазутная зола ТЭЦ / Fuel oil ash from thermal power plants	–	+	–	+	+	–	–	+	–	–	–
20	Марганец и его соед. / Manganese and its compounds	–	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–
21	Медь оксид / Copper oxide	1317-38-0	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
22	Метилбензол / Methylbenzene	108-88-3	–	+	–	–	+	+	–	–	–	–
23	Никель и его соед. / Nickel and its compounds	7440-02-0	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
24	Пыль неорг. (20-70 % SiO ₂) / Inorganic dust (20-70 % SiO ₂)	–	–	–	+	–	–	–	+	+	–	–
25	Пыль неорг. (до 20 % SiO ₂) / Inorganic dust (< 20 % SiO ₂)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+
26	Пыль неорг. (более 70 % SiO ₂) / Inorganic dust (> 70 % SiO ₂)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+
27	Ртуть / Mercury	7439-97-6	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–
28	Свинец и его неорг. соединения / Lead and its inorganic compounds	7439-92-1	–	–	–	–	–	+	+	–	–	–
29	Сера диоксид / Sulfur dioxide	7446-09-5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30	Серная кислота / Sulfuric acid	7664-93-9	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–
31	Тетрахлорэтилен / Tetrachloroethylene	127-18-4	–	+	–	+	–	–	–	–	–	–
32	Углерод / Carbon	1333-86-4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
33	Углерод оксид / Carbon oxide	630-08-0	+	+	–	+	+	+	–	–	+	+
34	Формальдегид / Formaldehyde	50-00-0	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+
35	Фториды газообр. / Gaseous fluorides	7664-39-3	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+
36	Фториды неорг. плохо растворимые / Poorly soluble inorganic fluorides	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	+
37	Хлор / Chlorine	7782-50-5	–	–	+	–	–	+	–	+	–	–
38	Хром (VI) / Chromium (VI)	–	–	+	+	+	+	+	+	–	+	–
39	Эпихлоргидрин / Epichlorohydrin	106-89-8	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–
40	Этилбензол / Ethylbenzene	100-41-4	–	+	–	–	+	+	–	–	–	–
Всего веществ / Total chemicals:			13	24	13	12	15	18	11	12	10	15

вещества, выбросы которых потенциально могут влиять на превышение гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, формировать неприемлемые уровни риска для здоровья человека на территориях эксперимента.

По результатам исследований загрязнения атмосферного воздуха в 2023–2024 гг., а также оценки риска здоровью населения по данным сводных расчетов рассеивания, программы социально-гигиенического мониторинга в 10 новых городах – участниках ФП «Чистый воздух» будут откорректированы.

Полученные результаты будут использованы для совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга, принятия обоснованных управленческих решений в сфере обеспечения качества атмосферного воздуха и санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцева Н.В., Май И.В., Кирьянов Д.А., Горяев Д.В. Научное обоснование приоритетных веществ, объектов квотирования и направлений действий по снижению аэрогенных рисков здоровью населения при реализации полномочий санитарной службы Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2022. № 4. С. 4–17.
2. Зайцева Н.В., Май И.В. Новые механизмы нормирования выбросов в атмосферу: концептуальный взгляд на перспективы и проблемы с позиций обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения // Анализ риска здоровью. 2020. № 2. С. 4–15.
3. Клейн С.В., Попова Е.В. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха г. Читы – приоритетной территории федерального проекта «Чистый воздух» // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 12 (333). С. 16–22. doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-16-22. EDN TGYEAR.
4. Карамова Л.М., Башарова Г.Р., Гайнуллина М.К., Власова Н.В. Здоровье детей в городе с крупным нефтехимическим комплексом // Медицина труда и экология человека. 2022. № 1 (29). С. 144–158. doi: 10.24411/2411-3794-2022-10110. EDN RNQUMS.
5. Булатов Н.Н. Особенности экологического мониторинга поллютантов традиционными видами транспорта в зимнее время года // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе : материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27 октября 2022 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2022. С. 239–241. EDN FSXRBI.
6. Краснокутская Н.В. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города Комсомольска-на-Амуре // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 09 декабря 2021 года. Комсомольск-на-Амуре: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2021. С. 143–147. EDN TEHSJ.
7. Малышева А.Г. Оценка химической безопасности природоохранных технологий по снижению загрязнения выбросов в атмосферу (на примере процессов лазерной обработки полимерных материалов) // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 3. С. 196–203. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-196-203
8. 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. С. 4–17.
9. Исаев Д.С., Ковшов А.А., Степанян А.А., Зубун И.В., Трифонова А.Г., Князева В.К. Определение перечня загрязняющих веществ для организации мониторинга качества атмосферного воздуха в Хабаровском крае // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2023: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 139–145.
10. Исаев Д.С., Ковшов А.А., Фунтусова О.А., Ефимов И.А., Суханова А.В. Определение перечня загрязняющих веществ для проведения мониторинга качества атмосферного воздуха в городе Южно-Сахалинске // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения – 2023: материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2023. С. 145–151.
11. Макарова Н.М., Балашов А.Л., Тойгильдин А.М., Свирский А.Г. Особенности создания систем автоматического контроля загрязняющих веществ от стационарных источников выбросов // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 4. С. 35–43. doi: 10.25750/1995-4301-2023-4-035-043
12. Пыжева Ю.И., Зандер Е.В. Экономические аспекты решения экологических проблем российских городов // Экономика. Налоги. Право. 2019. Т. 12. № 5. С. 111–120.
13. Гутник В.С., Азаренко Е.И., Гутник С.А., Сигора Г.А., Ничкова Л.А., Хоменко Т.Ю. Территориальная организация наблюдательной сети мониторинга загрязнения атмосферного воздуха г. Севастополя // Экономика строительства и природопользования. 2021. № 4 (81). С. 64–71.
14. Пэдархасова В.Л., Малышкин Н.Г. Анализ состояния атмосферного воздуха на территории г. Салехард // Инновационное развитие агропромышленного комплекса для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Тюмень, 20 декабря 2020 года. Том 2. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. С. 416–421. EDN SSRSFV.
15. Акимов Л.М., Акимов Е.Л. Оценка роли метеорологических условий в формировании аэротехногенного загрязнения городской среды // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 3. С. 68–78. doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/3/68-78. EDN PENGHU.
16. Нахичеванская Н.В., Коротков В.В. Результаты апробации методических подходов к выбору точек и программ наблюдения за качеством атмосферного

- воздуха в рамках задач федерального проекта «чистый воздух» с учетом сложившейся сети экологического мониторинга на примере г. Липецка // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания : Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Том 2. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 259–268. EDN TOBWHD.
17. 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 информационной системы анализа качества атмосферного воздуха Норильска // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99. № 8. С. 766–772.
 18. 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. Т. 102. № 12. С. 1367–1374.
 19. Пузырев В.Г., Халфиев И.Н., Музаффарова М.Ш., Григорьева Л.В., Ситдикова И.Д., Имамов А.А., и др. Оценка сравнительной канцерогенной опасности в условиях воздействия факторов промышленной экологии // Медицина и организация здравоохранения. 2022. Т. 7. № 2. С. 60–68.
 20. Просвирыкова И.А., Дроздова Е.В., Ганькин А.Н., Пшегорода А.Е., Гриценко Т.Д. Критерии выбора территорий, нуждающихся в защите от химического загрязнения атмосферного воздуха // Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания : Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года / Под редакцией А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Том 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 58–63. EDN WJKAUZ.
 21. Нахичеванская Н.В., Коротков В.В., Трухина Г.М., Савельев С.И. Изучение специфики влияния развитой металлургической промышленности в индустриальном центре на здоровье населения // Здравоохранение Российской Федерации. 2022. Т. 66. № 2. С. 152–159. doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-2-152-159. EDN QFVXIE.
- ### REFERENCES
1. Zaitseva NV, May IV, Kiryanov DA, Goryaev DV. Scientific substantiation of priority chemicals, objects for setting quotas and trends in mitigating airborne public health risks within activities performed by the sanitary service of the Russian Federation. *Health Risk Analysis*. 2022;(4):4–17. doi: 10.21668/health.risk/2022.4.01.eng
 2. Zaitseva NV, May IV. New mechanisms for regulation of industrial emissions into the atmosphere: A conceptual look at prospects and problems from sanitary-epidemiological point of view. *Health Risk Analysis*. 2020;(2):4–15. doi: 10.21668/health.risk/2020.2.01.eng
 3. Kleyn SV, Popova EV. Hygienic assessment of ambient air quality in Chita, a priority area of the Federal Clean Air Project. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(12(333)):16–22. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-333-12-16-22
 4. Karamova LM, Basharova GR, Gainullina MK, Vlasova NV. Children's health in a city with a large petrochemical complex. *Meditsina Truda i Ekologiya Cheloveka*. 2022;(1(29)):144–158. (In Russ.) doi: 10.24411/2411-3794-2022-10110
 5. Bulatov NN. Peculiarities of ecological monitoring of pollutants by traditional modes of transport in winter. In: *Security Service in Russia: Experience, Problems, Prospects. The Arctic – A Region of Strategic Interests: Legal Policy and Modern Technologies to Ensure Security in the Arctic Region: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, October 27, 2022*. St. Petersburg: St. Petersburg University of State Fire Service Publ.; 2022:239–241. (In Russ.)
 6. Krasnokutskaya NV. [Dynamics of emissions of air pollutants in the city of Komsomolsk-on-Amur.] In: *Biodiversity, State and Dynamics of Natural and Anthropogenic Ecosystems of Russia: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Komsomolsk-on-Amur, December 09, 2021*. Komsomolsk-on-Amur: Amur Humanitarian and Pedagogical State University Publ.; 2021:143–147. (In Russ.)
 7. Malysheva AG. Estimation of chemical safety of environmental protection technologies for atmosphere pollution reduction (a case study of processes of laser treatment of polymer materials). *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(3):196–203. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-196-203
 8. Zaitseva NV, May IV, Kleyn SV, Goryaev DV. 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. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.01.eng
 9. Isaev DS, Kovshov AA, Stepanyan AA, Zubun IV, Trifonova AG, Knyazeva VK. [Determination of the list of pollutants for organization of ambient air quality monitoring in the Khabarovsk Krai.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Fundamental and Applied Aspects of Health Risk Analysis – 2023: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor with international participation, October 11–13, 2023*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2023:139–145. (In Russ.)
 10. Isaev DS, Kovshov AA, Funtusova OA, Efimov IA, Sukhanova AV. [Determination of the list of pollutants for air quality monitoring in the city of Yuzhno-Sakhalinsk.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Fundamental and Applied Aspects of Health Risk Analysis – 2023: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor with international participation, October 11–13, 2023*. Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2023:145–151. (In Russ.)
 11. Makarova NM, Balashov AL, Toygildin AM, Svirskiy AG. Features of creating systems for automatic control of pollutants from stationary sources of emission. *Teoreticheskaya i Prikladnaya Ekologiya*. 2023;(4):35–43. (In Russ.) doi: 10.25750/1995-4301-2023-4-035-043
 12. Pyzheva Yul, Zander YeV. Economic aspects of ecological problems solving for Russian cities. *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. 2019;12(5):111–120. (In Russ.) doi: 10.26794/1999-849X-2019-12-5-111-120
 13. Gutnik VS, Azarenko EI, Gutnik SA, Sigora GA, Nichkova LA, Khomenko TYu. Territorial organization of the observation network of atmospheric air pollution monitoring in the city of Sevastopol. *Ekonomika Stroitel'stva i Prirodopol'zovaniya*. 2021;(4(81)):64–71. (In Russ.) doi: 10.37279/2519-4453-2021-4-64-71
 14. Pedarkhasova VL, Malyshkin NG. Analysis of the state of atmospheric air on the territory of Salekhard. In: *Innovative Development of Agro-industrial Complex for*

- Food Security of the Russian Federation: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Tyumen, December 20, 2020.* Tyumen: State Agrarian University of Northern Trans-Urals Publ.; 2020;2:416-421. (In Russ.)
15. Akimov LM, Akimov EL. Assessment of the role of meteorological conditions in the formation of aerotechnogenic pollution of urban environment. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Geografiya. Geokologiya.* 2023;(3):68-78. (In Russ.) doi: 10.17308/geo/1609-0683/2023/3/68-78
 16. Nakhichevanskaya NV, Korotkov VV. [Results of testing methodological approaches to selection of ambient air quality monitoring sites and programs within the tasks of the Federal Clean Air Project given the existing environmental monitoring network on the example of Lipetsk.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 together with the International Meeting on Environment and Health RISE–2020 and Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13–15, 2020.* Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2020;2:259-268. (In Russ.)
 17. May IV, Vekovshinina SA, Kleyn SV, Balashov SYu, Andrishunas AM, Goryaev DV. “Pure air” Federal project: Practical experience in selecting chemicals for an information system for the analysis of ambient air quality. *Gigiena i Sanitariya.* 2020;99(8):766-772. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-766-772
 18. May IV, Kleyn SV, Maksimova EV. 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 Sanitariya.* 2023;102(12):1367-1374. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-12-1367-1374
 19. Puzyrev VG, Khalfiyev IN, Muzaffarova MS, et al. Assessment of the comparative carcinogenic hazard under the impact of industrial environmental factors. *Medsina i Organizatsiya Zdravookhraneniya.* 2022;7(2):60-68. (In Russ.) doi: 10.56871/3326.2022.12.17.008
 20. Prosviryakova IA, Drozdova EV, Gan'kin AN, Pshegroda AE, Gritsenko TD. [Criteria for selecting areas requiring protection from chemical air pollution.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 together with the International Meeting on Environment and Health RISE–2020 and Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13–15, 2020.* Perm: Perm National Research Polytechnic University Publ.; 2020;1:58-63. (In Russ.)
 21. Nakhichevanskaya NV, Korotkov VV, Trukhina GM, Saveliev SI. The study of the impact of the developed metallurgical industry on the population health in the industrial centre. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii.* 2022;66(2):152-159. (In Russ.) doi: 10.47470/0044-197X-2022-66-2-152-159

Сведения об авторах:

Клейн Светлана Владиславовна – д.м.н., профессор РАН, заведующая отделом системных методов социально-гигиенического мониторинга и экспертиз; e-mail: kleyn@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

✉ **Вековшинина** Светлана Анатольевна – заведующая лабораторией методов социально-гигиенического анализа и мониторинга; e-mail: veksa@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4833-0792>.

Балашов Станислав Юрьевич – руководитель ГИС-группы; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Клейн С.В.*; сбор и обработка данных: *Балашов С.Ю., Вековшинина С.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Клейн С.В., Вековшинина С.А.*; подготовка проекта рукописи: *Вековшинина С.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование выполнено при финансировании научных работ в рамках федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология».

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

Статья получена: 8.04.24 / Принята к публикации: 10.07.24 / Опубликовано: 31.07.24

Author information:

Svetlana V. **Kleyn**, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department for Systemic Methods of Public Health Analysis and Monitoring; e-mail: kleyn@fcrisk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2534-5713>.

✉ Svetlana A. **Vekovshinina**, Head of the Laboratory of Methods of Public Health Analysis and Monitoring; e-mail: veksa@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4833-0792>.

Stanislav Yu. **Balashov**, Head of GIS Group; e-mail: stas@fcrisk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-0539>.

Author contributions: study conception and design: *Kleyn S.V.*; data collection and processing: *Balashov S.Yu., Vekovshinina S.A.*; analysis and interpretation of results: *Kleyn S.V., Vekovshinina S.A.*; draft manuscript preparation: *Vekovshinina S.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The study was conducted as part of the Clean Air Federal Project within the National Ecology Project.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: April 8, 2024 / Accepted: July 10, 2024 / Published: July 31, 2024