

Читать
онлайн
Read
online

Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Ликонцева Ю.С., Штайгер В.А.

Динамика показателей риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха промышленного центра

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В промышленно развитых регионах и городах загрязнение атмосферного воздуха вносит большой вклад в ухудшение здоровья населения.

Цель исследования – оценить состояние атмосферного воздуха Новокузнецка в 2017–2022 гг. и определить уровни рисков для здоровья населения.

Материалы и методы. Данные о валовых атмосферных выбросах и среднегодовых концентрациях веществ взяты из докладов о состоянии окружающей среды Кемеровской области и Новокузнецка. Предельно допустимые концентрации атмосферных загрязнителей определялись по СанПиН 1.2.3685–21. Расчёты рисков для здоровья проводились в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920–04. Классификация уровней рисков осуществлялась на основе МР 2.1.10.0156–19. 2.1.10.

Результаты. Снижение общего объёма атмосферных выбросов с 2017 по 202 г. составило 50,1 тыс. тонн (примерно 16% по сравнению с 2017 г.). Выявлено превышение среднегодовых предельно допустимых концентраций бенз(а)пирена (в 3,5–11,2 раза), формальдегида (в 1,7 и 3,4 раза в 2021 и 2022 гг. соответственно), взвешенных веществ (в 1,6 и 2 раза в 2021 и 2022 гг. соответственно), фтористого водорода (в 1,2 раза в 2021 г.), диоксида азота (в 1,6 раза в 2022 г.). Коэффициенты опасности бенз(а)пирена составили 3,5–11,2 (высокий уровень неканцерогенного риска), формальдегида и взвешенных веществ – 1,1–3 (настораживающий уровень). В 2022 г. коэффициент опасности формальдегида составил 3,4 (высокий уровень риска), взвешенных веществ – 2, диоксида азота – 1,6 (настораживающий уровень риска). Индексы опасности загрязняющих веществ определены в диапазоне от 7 до 20,1 (высокий уровень риска). Основными критическими органами и системами были иммунная система (индексы опасности составили 4–14,6), развитие в детском возрасте (3,5–11,2), органы дыхания (3–8,6). Такие уровни риска находятся в диапазоне от настораживающего до высокого. Наибольший суммарный индивидуальный канцерогенный риск ($1,6 \cdot 10^{-4}$) определён в 2021 г. (настораживающий уровень), основной вклад вносит формальдегид.

Ограничения исследования. В 2022 г. отсутствовали данные о концентрациях углерода (сажи), поэтому уровень суммарного канцерогенного риска в этом году нельзя считать корректным.

Заключение. Снижение общего объёма атмосферных выбросов не обеспечивает значительного улучшения экологической ситуации и здоровья населения, так как сохраняются высокие концентрации загрязняющих веществ в атмосфере города. При реализации воздухоохраных мероприятий необходимо учитывать критерии риска.

Ключевые слова: Новокузнецк; валовые выбросы; загрязняющие вещества; риск для здоровья; федеральный проект «Чистый воздух»

Соблюдение этических стандартов. Данное исследование не требовало заключения этического комитета.

Для цитирования: Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Ликонцева Ю.С., Штайгер В.А. Динамика показателей риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха промышленного центра. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(4): 358–364. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-4-358-364> <https://elibrary.ru/ssaprt>

Для корреспонденции: Кислицына Вера Викторовна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Участие авторов: Кислицына В.В. – концепция и дизайн исследования, написание текста; Суржиков Д.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Ликонцева Ю.С. – сбор и обработка данных; Штайгер В.А. – сбор и обработка данных. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 18.12.2023 / Поступила после доработки: 03.04.2024 / Принята к печати: 09.04.2024 / Опубликовано: 08.05.2024

Vera V. Kislitsyna, Dmitry V. Surzhikov, Yuliya S. Likontseva, Varvara A. Shtaiger

Trend in indices of public health risk caused by air pollution in an industrial center

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In industrialized regions and cities, atmospheric air pollution greatly contributes to the hazard for public health.

The study aim was to assess the state of the atmospheric air in the city of Novokuznetsk over 2017–2022 and determine the levels of risks to public health.

Materials and methods. Data on gross atmospheric emissions and average annual concentrations of the substances was taken from the reports on the state of the environment of the Kemerovo region and Novokuznetsk. Maximum permissible concentrations of atmospheric pollutants were determined according to SanPiN 1.2.3685–21. Calculations of the risks to public health were carried out in accordance with Guideline Р 2.1.10.1920–04. The classification of risk levels was carried out on the basis of МР 2.1.10.0156–19. 2.1.10.

Results. Decrease in total atmospheric emissions from 2017 to 2022 amounted to 50.1 thousand tons (about 16%). At the same time, there was revealed an excess of the average annual maximum permissible concentrations of benzo(a)pyrene (3.5–11.2 times); formaldehyde (1.7 and 3.4 times over 2021 and 2022, respectively); suspended substances (1.6 and 2.0 times in 2021 and 2022, respectively); hydrogen fluoride (1.2 times in 2021); nitrogen dioxide (1.6 times in 2022). The hazard coefficients of benzo(a)pyrene were 3.5–11.2 (high level of non-carcinogenic risk); formaldehyde and suspended substances – 1.1–3.0 (alarming level). In 2022, the hazard coefficient for formaldehyde was 3.4 (high risk level), suspended substances – 2.0, nitrogen dioxide – 1.6 (alarming risk level). Hazard indices of pollutants were detected in the range from 7.0 to 20.1 (high level of risk). The main critical organs and systems were the immune system (hazard indices were 4.0–14.6), development during childhood (hazard indices – 3.5–11.2), respiratory organs (hazard indices – 3.0–8.6). These risk levels range from alarming to high. The highest total individual carcinogenic risk ($1,6 \cdot 10^{-4}$) was determined in 2021 (alarming level), the main contribution is made by formaldehyde.

Limitations. In 2022, there were no data on carbon (soot) concentrations, so the level of total carcinogenic risk this year cannot be considered to be correct.

Conclusion. Reducing the total volume of atmospheric emissions does not provide a significant effect on improving the environmental situation and public health, since high concentrations of pollutants remain in the city's atmosphere. When implementing air protection measures, it is necessary to take into account risk criteria.

Keywords: Novokuznetsk; gross emissions; pollutants; health risk; federal project "Clean Air"

Compliance with ethical standards. This study did not require an Ethics Committee opinion.

For citation: Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Likontseva Yu.S., Shtaiher V.A. Trend in indices of public health risk caused by air pollution in an industrial center. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(4): 358–364. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-4-358-364> <https://elibrary.ru/ssaprt> (In Russ.)

For correspondence: Vera V. Kislitsyna, MD, PhD, leading researcher of the Laboratory Human Ecology and Environmental Health, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Contribution: Kislitsyna V.V. – concept and design of the study, writing the text; Surzhikov D.V. – concept and design of the study, editing; Likontseva Yu.S. – collection and processing of material; Shtaiher V.A. – collection and processing of material. 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.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: December 18, 2023 / Revised: April 3, 2024 / Accepted: April 9, 2024 / Published: May 8, 2024

Введение

Показано, что в ресурсодобывающих регионах и промышленно развитых городах вклад факторов окружающей среды в ухудшение здоровья населения достигает 40–60% [1]. В работах, посвящённых изучению качества жизни населения и выявлению основных факторов его формирования, отмечается ведущая роль состояния окружающей среды [2]. Установлено, что загрязнение атмосферного воздуха является основной причиной развития экологозависимых патологий [3]. Неблагоприятному воздействию атмосферных загрязнителей на здоровье населения посвящены многочисленные исследования [4, 5]. Доказана роль загрязнения атмосферного воздуха в развитии болезней сердечно-сосудистой системы [6]. Показано влияние техногенных атмосферных выбросов на формирование онкологических патологий, в том числе рака лёгкого [7–9].

Загрязнённая атмосфера является основной экологической проблемой высокоурбанизированной Кузнецкой котловины, расположенной на территории Кемеровской области – Кузбасса [10]. В пределах котловины сосредоточены многие крупные города региона, в том числе Новокузнецк. В Новокузнецке функционируют крупнейшие промышленные предприятия чёрной и цветной металлургии, угледобычи, энергетики, машиностроения, строительства. Для города характерен резко континентальный климат, штиль составляет до 25% в розе ветров, что способствует возникновению смога.

При рассмотрении экологических проблем Новокузнецка в историческом аспекте видно, что природное равновесие в регионе стало нарушаться с началом индустриализации, когда началась интенсивная разработка месторождений полезных ископаемых и строительство промышленных предприятий. Природная среда в то время рассматривалась как ресурсная база и территория для размещения заводов, а её эксплуатация осуществлялась без учёта природно-климатических особенностей региона, отсутствовали природоохранные мероприятия и генеральный план развития города. В результате в настоящее время промышленные предприятия располагаются в черте города вблизи селитебных зон [11]. Комплекс перечисленных факторов послужил причиной формирования напряжённой экологической ситуации в городе, ведущей к ухудшению состояния здоровья его населения.

Цель исследования – оценить состояние атмосферного воздуха Новокузнецка в 2017–2022 гг. и определить уровни рисков для здоровья населения.

Материалы и методы

В работе использованы данные о валовых атмосферных выбросах и среднегодовых концентрациях загрязняющих веществ из официальных докладов [12, 13].

Определение общего объёма выбросов в атмосферу города производится комитетом охраны окружающей среды и природных ресурсов на основе анализа отчётов предприятий города по форме «2-ТП (воздух)». Ежегодно обобщаются отчётные данные примерно 60 предприятий. Основной вклад в загрязнение воздушной среды города вносит металлургическая отрасль (до 90%). Для наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории Новокузнецка размещены восемь стационарных постов. Анализ полученных проб осуществляет комплексная лаборатория Новокузнецкой гидрометеорологической обсерватории. С 2022 г. комплексная лаборатория производит замеры концентраций загрязняющих веществ в непрерывном режиме с использованием газоанализаторов, полученных в рамках реализации федерального проекта «Чистый воздух». Дополнительно стали определяться концентрации озона и взвешенных частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} .

Предельно допустимые концентрации (ПДК) атмосферных загрязнителей определяли по СанПиН 1.2.3685–21¹. Расчёты рисков для здоровья населения проводили в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920–04². Определяли риск развития неканцерогенных эффектов на основе расчётов коэффициентов и индексов опасности, а также индивидуальный канцерогенный риск. Приемлемое значение индекса опасности равняется 1. Верхней границей допустимого индивидуального канцерогенного риска считается $1 \cdot 10^{-4}$. При расчётах период экспозиции принимался за 30 лет для неканцерогенных эффектов, 70 лет – для канцерогенных (при условии сохранения уровней концентраций загрязняющих веществ в течение этого времени). Классификация уровней рисков осуществлялась на основе МР 2.1.10.0156–19.2.1.10³.

Результаты

На рис. 1 представлены показатели валовых выбросов в атмосферу Новокузнецка в 2017–2022 гг.

Выявлена тенденция снижения общего объёма атмосферных выбросов с 313,3 тыс. тонн в 2017 г. до 263,2 тыс. тонн в 2022 г. Общее уменьшение валовых выбросов за изучаемый

¹ Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685–21. Введён 01.03.2021 г.

² Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920–04. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004.

³ Методические рекомендации: Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. 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: МР 2.1.10.0156–19.2.1.10. Утверждены Роспотребнадзором от 02.12.2019 г. № МР 2.1.10.0156–19. Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415503/

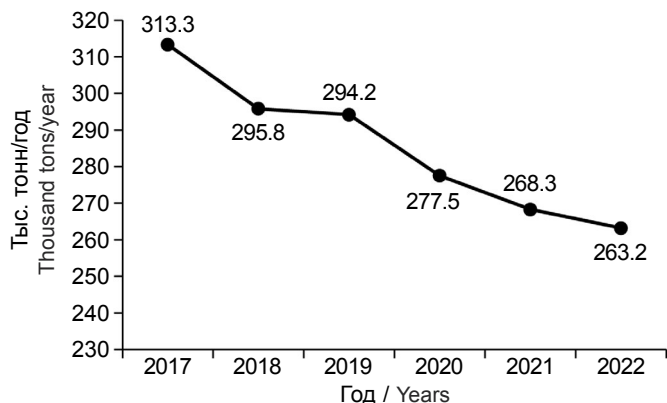


Рис 1. Валовые выбросы в атмосферу Новокузнецка в 2017–2022 гг.

Fig 1. Gross emissions into the atmosphere of Novokuznetsk over 2017–2022.

период (50,1 тыс. тонн) составило примерно 16% относительно общего объёма выбросов в 2017 г.

На рис. 2 представлена гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха Новокузнецка в 2017–2022 гг.

В табл. 1 приведены среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Новокузнецка в 2017–2022 гг.

Установлено, что основным загрязняющим веществом, среднегодовые концентрации которого превышают гигиенический норматив в 3,5–11,2 раза, является бенз(а)пирен. Наибольшая его концентрация наблюдалась в 2022 г. (0,000112 мг/м³, что составило 11,2 ПДК). Среднегодовые концентрации формальдегида были выше ПДК в 1,7 и 3,4 раза в 2021 и 2022 гг. (0,0051 и 0,0102 мг/м³ соответственно). Среднегодовые концентрации взвешенных веществ превышали ПДК в 1,6 и 2 раза также в 2021 и 2022 гг. и были равны 0,12 и 0,15 мг/м³ соответственно. В атмосфере Новокузнецка было установлено превышение ПДК фтористого водорода в 2021 г. (в 1,2 раза – 0,006 мг/м³) и диокси-

да азота в 2022 г. (в 1,6 раза – 0,064 мг/м³). Среднегодовые концентрации остальных веществ находились в пределах нормы. В 2022 г. не проводились измерения концентраций углерода (сажи).

В табл. 2 приведены коэффициенты и индексы опасности загрязняющих веществ при хроническом ингаляционном воздействии.

Наиболее опасным веществом, имеющим высокие коэффициенты опасности (3,5–11,2), являлся бенз(а)пирен. Согласно классификации уровней риска по МР 2.1.10.0156–19.2.1.10, такие коэффициенты опасности оцениваются как высокие (более 3). В 2021 г. коэффициенты опасности формальдегида и взвешенных веществ соответствовали настораживающему уровню риска, находясь в диапазоне 1,1–3. В 2022 г. коэффициент опасности формальдегида составил 3,4 (высокий уровень риска), взвешенных веществ – 2 (настораживающий уровень риска), диоксида азота – 1,6 (настораживающий уровень риска).

Индексы опасности загрязняющих веществ определены в диапазоне от 7 до 20,1, что соответствует высокому уровню риска (более 6). Максимальный индекс опасности (20,1) выявлен в 2022 г. В целом можно говорить о тенденции увеличения индекса опасности с 2017 по 2022 г.

В табл. 3 представлены индексы опасности по критическим органам и системам при хроническом ингаляционном воздействии.

Установлено, что основными критическими органами и системами, наиболее подверженными воздействию загрязняющих веществ, являлись иммунная система (индексы опасности составили 4–14), развитие в детском возрасте (3,5–11,2), органы дыхания (3–8,6). Такие уровни риска находятся в диапазоне от настораживающего до высокого. В 2022 г. наблюдались наибольшие индексы опасности по критическим органам (системам).

В табл. 4 приведены уровни индивидуального канцерогенного риска для здоровья жителей Новокузнецка.

Индивидуальный канцерогенный риск, обусловленный воздействием формальдегида, составил $1,3 \cdot 10^{-4}$ в 2022 г., что соответствует настораживающему уровню согласно МР 2.1.10.0156–19.2.1.10. В остальные годы значения индивидуального канцерогенного риска от влияния бенз(а)пирена,

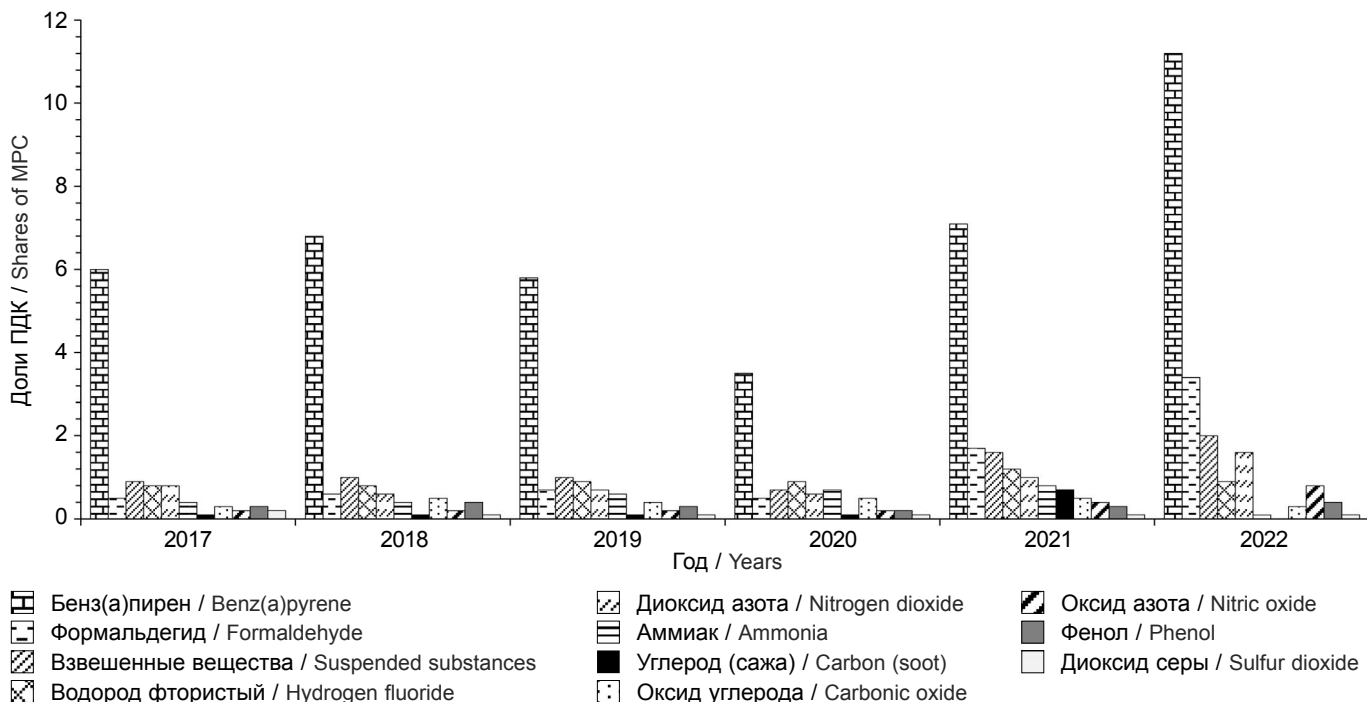


Рис 2. Гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха Новокузнецка в 2017–2022 гг.

Fig 2. Hygienic assessment of atmospheric air pollution in Novokuznetsk over 2017–2022

Таблица 1 / Table 1

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Новокузнецка, мг/м³
Average annual concentrations of pollutants in the atmospheric air of the Novokuznetsk, mg/m³

Загрязняющее вещество Pollutant	Год / Year					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Бенз(а)пирен / Benz(a)pyrene	0.000006	0.0000068	0.0000058	0.0000035	0.0000071	0.0000112
Формальдегид / Formaldehyde	0.0015	0.0018	0.0021	0.0015	0.0051	0.0102
Взвешенные вещества / Suspended substances	0.0675	0.075	0.075	0.0525	0.12	0.15
Водород фтористый / Hydrogen fluoride	0.004	0.004	0.0045	0.0045	0.006	0.0045
Диоксид азота / Nitrogen dioxide	0.032	0.024	0.028	0.024	0.04	0.064
Аммиак / Ammonia	0.016	0.016	0.024	0.028	0.032	0.004
Углерод (сажа) / Carbon (soot)	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0175	–
Оксид углерода / Carbonic oxide	0.9	1.5	1.2	1.5	1.5	0.9
Оксид азота / Nitric oxide	0.012	0.012	0.012	0.012	0.024	0.048
Фенол / Phenol	0.0018	0.0024	0.0018	0.0012	0.0018	0.0026
Диоксид серы / Sulfur dioxide	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

Таблица 2 / Table 2

Коэффициенты и индексы опасности загрязняющих веществ (для хронического ингаляционного воздействия)
Hazard coefficients and indices under chronic inhalation exposure

Загрязняющее вещество Pollutant	Год / Year					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Бенз(а)пирен / Benz(a)pyrene	6.0	6.8	5.8	3.5	7.1	11.2
Формальдегид / Formaldehyde	0.5	0.6	0.7	0.5	1.7	3.4
Взвешенные вещества / Suspended substances	0.9	1.0	1.0	0.7	1.6	2.0
Водород фтористый / Hydrogen fluoride	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
Диоксид азота / Nitrogen dioxide	0.8	0.6	0.7	0.6	1.0	1.6
Аммиак / Ammonia	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.04
Углерод (сажа) / Carbon (soot)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	-
Оксид углерода / Carbonic oxide	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3
Оксид азота / Nitric oxide	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.8
Фенол / Phenol	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4
Диоксид серы / Sulfur dioxide	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Индекс опасности / Hazard index	9.8	10.8	9.8	7.0	13.8	20.1

Таблица 3 / Table 3

Индексы опасности по критическим органам и системам при хроническом ингаляционном воздействии
Hazard indices for critical organs/systems under chronic inhalation exposure

Органы, системы Organs/systems	Год / Year					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Иммунная система / Immune system	6.5	7.4	6.5	4.0	8.8	14.6
Развитие / Development	6.3	6.8	5.8	3.5	7.1	11.2
Органы дыхания / Respiratory system	3.5	3.5	3.6	3.0	6.2	8.6
Глаза / Eyes	0.5	0.6	0.7	0.5	1.7	3.4
Костная система / Skeletal system	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3
Кровь / Blood	1.3	1.3	1.3	1.3	1.9	2.7
Зубы / Teeth	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.0
Сердечно-сосудистая система / Cardiovascular system	0.6	0.9	0.7	0.7	0.8	0.7
Центральная нервная система / Central nervous system	0.6	0.9	0.7	0.7	0.8	0.7
Почки / Kidneys	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4
Печень / Liver	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4

Таблица 4 / Table 4

Индивидуальный канцерогенный риск для здоровья жителей Новокузнецка
Individual carcinogenic risk to the health of the residents of Novokuznetsk

Загрязняющее вещество Pollutant	Год / Year					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Бенз(а)пирен / Benz(a)pyrene	$0.07 \cdot 10^{-4}$	$0.08 \cdot 10^{-4}$	$0.06 \cdot 10^{-4}$	$0.04 \cdot 10^{-4}$	$0.08 \cdot 10^{-4}$	$0.12 \cdot 10^{-4}$
Формальдегид / Formaldehyde	$0.2 \cdot 10^{-4}$	$0.2 \cdot 10^{-4}$	$0.3 \cdot 10^{-4}$	$0.2 \cdot 10^{-4}$	$0.7 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$
Углерод (сажа) / Carbon (soot)	$0.1 \cdot 10^{-4}$	$0.1 \cdot 10^{-4}$	$0.1 \cdot 10^{-4}$	$0.1 \cdot 10^{-4}$	$0.8 \cdot 10^{-4}$	—
Суммарный риск / Total risk	$0.4 \cdot 10^{-4}$	$0.4 \cdot 10^{-4}$	$0.5 \cdot 10^{-4}$	$0.3 \cdot 10^{-4}$	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$1.4 \cdot 10^{-4}$

Таблица 5 / Table 5

Удельный вес загрязняющих веществ в формировании суммарного индивидуального канцерогенного риска, %
Specific gravity of pollutants in the formation of the total individual carcinogenic risk, %

Загрязняющее вещество Pollutant	Год / Year					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Бенз(а)пирен / Benz(a)pyrene	18.9	21.1	13.0	11.8	5.1	8.5
Формальдегид / Formaldehyde	54.1	52.6	65.2	58.8	44.3	91.5
Углерод (сажа) / Carbon (soot)	27.0	26.3	21.7	29.4	50.6	—
Суммарный риск / Total risk	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

формальдегида и углерода (сажи) не превышали допустимого уровня. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск не превышал допустимого уровня ($1 \cdot 10^{-4}$) в 2017–2020 гг. Превышения допустимого уровня канцерогенного риска наблюдались в 2021–2022 гг. Наибольший суммарный индивидуальный канцерогенный риск ($1,6 \cdot 10^{-4}$) выявлен в 2021 г. и оценивается как настораживающий. В 2022 г. отсутствовали наблюдения за содержанием углерода (сажи), но даже в отсутствие таких данных уровень риска превышает верхнюю границу допустимого и считается настораживающим.

В табл. 5 показан удельный вес загрязняющих веществ в формировании суммарного индивидуального канцерогенного риска.

Наибольший вклад в формирование уровня суммарного индивидуального канцерогенного риска в 2017–2020 гг. вносил формальдегид (52,6–58,8%), в 2021 г. наибольший удельный вес имел углерод (сажа) – 50,6%. В 2022 г. вклад формальдегида составил 91,5%, но данный показатель нельзя считать корректным, так как в этом году отсутствуют данные о концентрации углерода (сажи).

Обсуждение

Кемеровская область – Кузбасс обладает богатыми природными ресурсами, которые послужили основой для формирования региона как одной из основных промышленных баз страны [14–16]. Однако интенсивное развитие многих отраслей промышленности привело к формированию в области напряжённой экологической ситуации [17, 18]. С 2019 г. в России в рамках национального проекта «Экология» реализуется федеральный проект «Чистый воздух», направленный на улучшение экологической обстановки. Проект предусматривает снижение общего объёма выбросов загрязняющих веществ в атмосферу более чем на 20% к 2026 г. по сравнению с 2017 г. Одним из первых 12 городов – участников проекта стал Новокузнецк. Комплексный природоохранный план города содержит 19 мероприятий и реализуется за счёт снижения атмосферных выбросов на предприятиях чёрной, цветной металлургии и теплоэнергетики [19].

Проведённое исследование выявило тенденцию снижения общего объёма атмосферных выбросов с 313,3 тыс. тонн

в 2017 г. до 263,2 тыс. тонн в 2022 г. Общее уменьшение валовых выбросов за изучаемый период составило 50,1 тыс. тонн – примерно 16%. На снижение выбросов повлияли как реализация запланированных природоохранных мероприятий, так и снижение объёмов производства, реконструкция оборудования, модернизация и техническое перевооружение крупных предприятий.

Тем не менее выявлено превышение ПДК многих атмосферных примесей. Основным загрязняющим веществом, среднегодовые концентрации которого превышают гигиенический норматив в 3,5–11,2 раза, является бенз(а)пирен. Наибольшая его концентрация наблюдалась в 2022 г. (11,2 ПДК). Среднегодовые концентрации формальдегида были выше ПДК в 1,7 и 3,4 раза в 2021 и 2022 гг. соответственно. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ превышали ПДК в 1,6 и 2 раза также в 2021 и 2022 гг. соответственно. Превышение ПДК фтористого водорода в 1,2 раза выявлено в 2021 г., диоксида азота – в 1,6 раза в 2022 г. В целом в 2021–2022 гг. обнаружены повышенные концентрации вредных примесей в атмосфере, что может быть обусловлено совершенствованием методик замеров и использованием нового оборудования.

Методология оценки риска является основной при определении влияния загрязняющих веществ на здоровье [20–22]. Проведённая оценка риска для здоровья жителей Новокузнецка вследствие влияния атмосферных загрязнителей показала, что наиболее опасным веществом, определяющим высокий уровень неканцерогенного риска, является бенз(а)пирен (коэффициенты опасности составили 3,5–11,2). В 2021 г. коэффициенты опасности формальдегида и взвешенных веществ соответствовали настораживающему уровню, находясь в диапазоне 1,1–3. В 2022 г. коэффициент опасности формальдегида составил 3,4 (высокий уровень риска), взвешенных веществ – 2 (настораживающий уровень риска), диоксида азота – 1,6 (настораживающий уровень риска). Индексы опасности загрязняющих веществ определены в диапазоне от 7 до 20,1, что соответствует высокому уровню риска (более 6). Максимальный индекс опасности (20,1) выявлен в 2022 г. В целом можно говорить о тенденции увеличения неканцерогенного риска с 2017 по 2022 г.

У жителей Новокузнецка основными критическими органами и системами, наиболее подверженными воздействию

загрязняющих веществ, были иммунная система (индексы опасности составили 4–14,6), развитие в детском возрасте (3,5–11,2), органы дыхания (3–8,6). Такие уровни риска находятся в диапазоне от настораживающего до высокого. Наибольшие индексы опасности по критическим органам и системам наблюдались в 2022 г.

В 2022 г. установлен настораживающий уровень индивидуального канцерогенного риска, обусловленный воздействием формальдегида ($1,3 \cdot 10^{-4}$). Наибольший суммарный индивидуальный канцерогенный риск ($1,6 \cdot 10^{-4}$) определён в 2021 г. и оценивается как настораживающий уровень. Сведения о содержании углерода (сажи) в 2022 г. отсутствуют, но даже в этом случае уровень риска превышает верхнюю границу допустимого и считается настораживающим.

Полученные в работе результаты согласуются с исследованиями, проведёнными в других городах – участниках федерального проекта «Чистый воздух» [23–25].

Ограничения исследования. Для расчётов рисков использованы данные о концентрациях загрязняющих веществ, взятые

из официальных отчётов. Кроме того, в 2022 г. не проводилось определение среднегодовой концентрации углерода (сажи), поэтому уровень суммарного канцерогенного риска в этом году нельзя считать корректным.

Заключение

За шесть исследованных лет выявлено снижение валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Новокузнецка на 16% относительно 2017 г. Вместе с тем наблюдаются повышенные концентрации вредных примесей (бенз(а)пирена, формальдегида, взвешенных веществ, диоксида азота), определяющие настораживающие и высокие уровни рисков для здоровья жителей города. В результате снижение общего объёма атмосферных выбросов не обеспечивает значительного улучшения экологической ситуации и здоровья населения. Необходимо учитывать критерии риска при реализации воздухоохраных мероприятий в рамках федерального проекта «Чистый воздух».

Литература

- Сковронская С.А., Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Иванова С.В. Приоритетные факторы риска для здоровья населения крупных промышленных городов. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(4): 459–67. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-459-467> <https://elibrary.ru/sjqzpc>
- Лебедева-Несевря Н.А., Барг А.О., Корнилицына М.Д. Оценка удовлетворённости населения качеством атмосферного воздуха города – участника федерального проекта «Чистый воздух». *Гигиена и санитария*. 2023; 102(5): 426–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-426-432> <https://elibrary.ru/dnckdv>
- Рябов В.А., Мамасев П.С., Егорова Н.Т. Антропогенная нагрузка на природную среду как фактор, формирующий качество жизни населения индустриального Кузбасса. *Экология урбанизированных территорий*. 2018; (2): 84–90. <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2018-12084> <https://elibrary.ru/xxrmd>
- Кузьмин С.В., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Пинигин М.А., Бударина О.В. Воздействие атмосферных загрязнений на здоровье населения: диагностика, оценка и профилактика. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1145–50. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/eplgkr>
- Мякишева Ю.В., Федосейкина И.В., Михайлюк Н.А., Сказкина О.Я., Алешина Ю.А., Павлов А.Ф. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на формирование риска здоровью населения экологически неблагоприятного района крупного промышленного центра. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2022; 30(3): 44–52. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52> <https://elibrary.ru/vfnfsm>
- Герман С.В., Бобровницкий И.П., Балакаева А.В. Влияние загрязнения воздуха твёрдыми взвешенными частицами на развитие болезней системы кровообращения (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021; 100(6): 555–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-6-555-559> <https://elibrary.ru/tckkue>
- Горский А.И., Туманов К.А., Чекин С.Ю., Иванов В.К. Вклад атмосферных техногенных выбросов в заболеваемость раком лёгкого в Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(2): 106–12. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-106-112> <https://elibrary.ru/zgflqt>
- Ракитский В.Н., Стёпкин Ю.И., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка канцерогенного риска здоровью городского населения, обусловленного воздействием факторов среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(3): 188–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195> <https://elibrary.ru/ovketw>
- Корсаков А.В., Крюкова А.Е., Трошин В.П., Милушкина О.Ю., Лагерев Д.Г. Первичная заболеваемость злокачественными новообразованиями шейки матки населения, проживающего на экологически неблагоприятных территориях (2000–2020 гг.). *Гигиена и санитария*. 2023; 102(1): 14–21. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-14-21> <https://elibrary.ru/davqrg>
- Рябов В.А., Мамасев П.С. Экологический фактор качества жизни населения индустриального региона. *География и природные ресурсы*. 2019; (55): 197–201. [https://doi.org/10.21782/gipr0206-1619-2019-5\(197-201\)](https://doi.org/10.21782/gipr0206-1619-2019-5(197-201)) <https://elibrary.ru/tajrcq>
- Шмыглева А.В. Антропогенное воздействие как фактор деградации экосистем Западной Сибири в советский период. *Вестник Сургутского государственного педагогического университета*. 2017; (6): 48–54. <https://elibrary.ru/xouiiw>
- Министерство природных ресурсов и экологии Кузбасса. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2022 году; 2023. Доступно: <https://kuzbasseco.ru/doklady/o-sostoyani-okruzhayushhej-sredy-kemerovskoj-oblasti/>
- Комитет охраны окружающей среды и природных ресурсов. Доклад о состоянии окружающей среды города Новокузнецка за 2022 год; 2023. Доступно: <https://eko-nk.ru/informaciyaosostoyaniokruzhayushhejsredy/>
- Пивилев С.Е. Кузбасс 2035: национальные интересы и стратегические приоритеты развития региона. *Экономика промышленности*. 2020; 13(3): 281–9. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-281-289> <https://elibrary.ru/bbvajk>
- Кузнецова Ю.А., Скопинцева Д.Ю. Стратегический вектор развития системообразующих предприятий Кузбасса. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2021; (3–2): 25–9. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-3-2-25-29> <https://elibrary.ru/hxemn>
- Хохрина О.И. Кузбасс-2035: территория как драйвер роста экономики. *Мир экономики и управления*. 2020; 20(4): 61–77. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2020-20-4-61-77> <https://elibrary.ru/jchawn>
- Фрилан Ю.А., Речко Г.Н., Логинова Е.Ю. «Кузбасс» и «уголь» в контексте совершенствования механизмов гармонизации развития. *Мир экономики и управления*. 2019; 19(2): 89–98. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2019-19-2-89-98> <https://elibrary.ru/zpsirg>
- Фрилан Ю.А., Речко Г.Н., Логинова Е.Ю. Кузбасс как объект стратегического планирования: актуальная практика. *Региональная экономика. Юг России*. 2019; 7(1): 79–87. <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.1.7> <https://elibrary.ru/zxcmrh>
- Савина И.Н., Володеев А.С., Захарова М.А., Домнин К.И. Экологическая политика города Новокузнецк в условиях современных требований развития металлургической отрасли. *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2020; 63(7): 512–20. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2020-7-512-520> <https://elibrary.ru/yqxmqv>
- Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Синицына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути его совершенствования. *Анализ риска здоровью*. 2015; (2): 4–11. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2015.2.01> <https://elibrary.ru/rzdodk>
- Попова С.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(12): 1125–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129> <https://elibrary.ru/yqxmne>
- Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 82–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86> <https://elibrary.ru/ywahnv>
- Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Синицына О.О. Практика применения оценки риска здоровью в федеральном проекте «Чистый воздух» в городах-участниках (Череповец, Липецк, Омск, Новокузнецк): проблемы и перспективы. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 890–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896> <https://elibrary.ru/sybxwe>
- Май И.В., Клейн С.В., Максимова Е.В., Балашов С.Ю., Цинкер М.Ю. Гигиеническая оценка ситуации и анализ риска для здоровья населения как информационная основа организации мониторинга и формирования комплексных планов воздухоохраных мероприятий федерального проекта «Чистый воздух». *Гигиена и санитария*. 2021; 100(10): 1043–51. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1043-1051> <https://elibrary.ru/ohsroc>
- 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>

References

- Skovronskaya S.A., Meshkov N.A., Val'tseva E.A., Ivanova S.V. Priority risk factors for population health in large industrial cities. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(4): 459–67. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-459-467> <https://elibrary.ru/sjapzc> (in Russian)
- Lebedeva-Nesevrya N.A., Barg A.O., Kornilitsyna M.D. Assessment of estimating people's federal with ambient air quality in a city participating in the «Clean Air» Federal project. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(5): 426–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-426-432> <https://elibrary.ru/dnckdv> (in Russian)
- Ryabov V.A., Mamasev P.S., Egorova N.T. Anthropogenic load on the environment as a factor forming the quality of life of the population of the industrial Kuzbass. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii*. 2018; (2): 84–90. <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2018-12084> <https://elibrary.ru/xxrpmd> (in Russian)
- Kuz'min S.V., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislitsin V.A., Pinigin M.A., Budarina O.V. The impact of atmospheric pollution on public health: diagnosis, assessment, and prevention. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1145–50. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/epgkr> (in Russian)
- Myakisheva Yu.V., Fedoseikina I.V., Mikhailiuk N.A., Skazkina O.Ya., Aleshina Yu.A., Pavlov A.F. Ambient air pollution and population health risks in a contaminated area of a large industrial center. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya — ZNiSO*. 2022; 30(3): 44–52. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52> <https://elibrary.ru/vfnfsm> (in Russian)
- German S.V., Bobrovnikskii I.P., Balakaeva A.V. The impact of air pollution with the particulate matter on the development of cardiovascular diseases (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(6): 555–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-6-555-559> <https://elibrary.ru/tckkue> (in Russian)
- Gorskii A.I., Tumanov K.A., Chekin S.Yu., Ivanov V.K. Contribution of atmospheric technogenic emissions to the incidence of lung cancer in the Russian Federation. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(2): 106–12. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-106-112> <https://elibrary.ru/zgflttq> (in Russian)
- Rakitskii V.N., Stepkin Yu.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A. Assessment of carcinogenic risk caused by the impact of the environmental factors on urban population health. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(3): 188–95. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-188-195> <https://elibrary.ru/ovketw> (in Russian)
- Korsakov A.V., Kryukova A.E., Troshin V.P., Milushkina O.Yu., Lagerev D.G. Primary incidence of cervical cancer in the population living in ecologically disadvantaged areas (2000–2020). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(1): 14–21. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-1-14-21> <https://elibrary.ru/davvrg> (in Russian)
- Ryabov V.A., Mamasev P.S. The environmental factor of the quality of life of the population industrial region. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2019; (S5): 197–201. [https://doi.org/10.21782/gipr0206-1619-2019-5\(197-201\)](https://doi.org/10.21782/gipr0206-1619-2019-5(197-201)) <https://elibrary.ru/tajrjq> (in Russian)
- Shmygleva A.V. Anthropogenic factor in degradation of ecosystems in Western Siberia in the Soviet period. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2017; (6): 48–54. <https://elibrary.ru/xouiw1> (in Russian)
- Ministry of Natural Resources and Ecology of Kuzbass. Report on the state and protection of the environment of the Kemerovo region — Kuzbass in 2022; 2023. Available at: <http://kuzbasseco.ru/doklady/o-sostoyanii-okruzhayushhej-sredy-kemerovskoj-oblasti/> (in Russian)
- Committee for Environmental Protection and Natural Resources. Report on the state of the environment of the city of Novokuznetsk for 2022; 2023. Available at: <https://eko-nk.ru/informaciyaosostoyaniiookruzhayushchey-sredy/> (in Russian)
- Tsivilev S.E. Kuzbass 2035: national interests and strategic priorities of the regional development. *Ekonomika promyshlennosti*. 2020; 13(3): 281–9. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2020-3-281-289> <https://elibrary.ru/bbvajk> (in Russian)
- Kuznetsova Yu.A., Skopintseva D.Yu. Strategic vector of development of system-forming enterprises of Kuzbass. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*. 2021; (3–2): 25–9. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-3-2-25-29> <https://elibrary.ru/hxemn> (in Russian)
- Khokhrina O.I. Kuzbass-2035: the territory as a driver of economic growth. *Mir ekonomiki i upravleniya*. 2020; 20(4): 61–77. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2020-20-4-61-77> <https://elibrary.ru/jchawn> (in Russian)
- Fridman Yu.A., Rechko G.N., Loginova E.Yu. «Kuzbass» and «coal» in the context of perfecting development harmonization mechanisms. *Mir ekonomiki i upravleniya*. 2019; 19(2): 89–98. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2019-19-2-89-98> <https://elibrary.ru/zpsirg> (in Russian)
- Fridman Yu.A., Rechko G.N., Loginova E.Yu. Kuzbass as an object of strategic planning: current practice. *Regional'naya ekonomika. Yug Rossii*. 2019; 7(1): 79–87. <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.1.7> <https://elibrary.ru/zxcmrh> (in Russian)
- Savina I.N., Vodoleev A.S., Zakharova M.A., Domnin K.I. Environmental policy of Novokuznetsk in the context of modern requirements for metallurgical industry development. *Chernaya metallurgiya*. 2020; 63(7): 512–20. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2020-7-512-520> <https://elibrary.ru/fyyqvi> (in Russian)
- Rakhmanin Yu.A., Novikov S.M., Avaliani S.L., Sinitsyna O.O., Shashina T.A. Actual problems of environmental factors risk assessment on human health and ways to improve it. *Analiz riska zdorov'yu*. 2015; (2): 4–11. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2015.2.01> <https://elibrary.ru/rzdodk> (in Russian)
- Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuz'min S.V., Mishina A.L., Yaruslin S.V. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(12): 1125–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129> <https://elibrary.ru/yqxmne> (in Russian)
- Karelin A.O., Lomtev A.Yu., Volkodaeva M.V., Eremin G.B. The improvement of approaches to the assessment of effects of the anthropogenic air pollution on the population in order to management the risk for health. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(1): 82–6. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-82-86> <https://elibrary.ru/ywahhv> (in Russian)
- Kuz'min S.V., Avaliani S.L., Dodina N.S., Shashina T.A., Kislitsin V.A., Sinitsyna O.O. The practice of applying health risk assessment in the Federal Project «Clean Air» in the participating cities (Cherepovets, Lipetsk, Omsk, Novokuznetsk): problems and prospects. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 890–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896> <https://elibrary.ru/sybxw> (in Russian)
- Mai I.V., Klein S.V., Maksimova E.V., Balashov S.Yu., Tsinker M.Yu. Hygienic assessment of the situation and analysis of the health risk of the population as an information basis for the management of monitoring and the formation of complex plans for air protection measures of the federal project «Clean Air». *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(10): 1043–51. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1043-1051> <https://elibrary.ru/ohsroc> (in Russian)
- Zaitseva N.V., Mai 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/omvwl> (in Russian)

Информация об авторах:

Кислицына Вера Викторовна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Суржиков Дмитрий Вячеславович, доктор биол. наук, доцент, зав. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Ликонцева Юлия Сергеевна, науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Штайгер Варвара Адамовна, науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Information about the authors:

Vera V. Kislytsyna, MD, Ph.D., leading researcher of the Lab. of Human Ecology and Environmental Hygiene, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2495-6731> E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Dmitry V. Surzhikov, MD, Ph.D., DSci., Associate Professor, Head of the Lab. of Human Ecology and Environmental Hygiene, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7469-4178> E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Yuliya S. Likontseva, researcher of the Lab. of Human Ecology and Environmental Hygiene, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8468-2533> E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Varvara A. Shtayger, researcher of the Lab. of Human Ecology and Environmental Hygiene, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4628-3133> E-mail: ecologia_nie@mail.ru