



Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Ликонцева Ю.С., Голиков Р.А.

Сравнительная оценка ингаляционного риска для здоровья населения моногородов Хакасии (на примере Черногорска и Саяногорска)

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

РЕЗЮМЕ

Введение. Проблема загрязнения атмосферного воздуха моногородов, сформировавшихся вокруг градообразующих предприятий, приобретает особую актуальность.

Цель исследования — провести сравнительную гигиеническую оценку состояния атмосферного воздуха и оценку риска для здоровья населения моногородов Черногорска и Саяногорска.

Материалы и методы. Исследование проведено в моногородах Черногорске и Саяногорске (Республика Хакасия). На основе данных мониторинга атмосферного воздуха за 2022–2024 гг. дана гигиеническая характеристика состояния воздушной среды. Расчёт неканцерогенных и канцерогенных ингаляционных рисков выполнен в соответствии с руководством Р 2.1.10.3968–23.

Результаты. Установлено, что за анализируемый период (2022–2024 гг.) в изученных моногородах регистрировались превышения среднегодовых концентраций взвешенных веществ, формальдегида и бенз(а)пирена. При остром ингаляционном воздействии загрязняющих веществ все коэффициенты опасности в обоих городах соответствовали минимальному или допустимому (приемлемому) уровням риска, индексы опасности по критическим органам и системам организма находились на минимальном уровне. При хроническом ингаляционном воздействии веществ коэффициенты опасности в отдельные годы соответствовали настораживающему уровню риска в обоих городах. В 2022 и 2024 гг. в Черногорске был выявлен высокий уровень риска от воздействия бенз(а)пирена. Хронический риск по органам дыхания соответствовал настораживающему уровню в обоих городах, по развитию в детском возрасте — высокому уровню риска в 2022 г. и настораживающему в 2023–2024 гг. в Черногорске. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения моногородов находился на допустимом (приемлемом) уровне и определялся в основном вкладом формальдегида ($\approx 90\%$).

Ограничения исследования обусловлены экстраполяцией данных стационарных постов мониторинга на всю территорию моногородов, что может не учитывать локальные особенности загрязнения воздуха в удалённых жилых микрорайонах. Исследования ограничены перечнем контролируемых на стационарных постах Росгидромета показателей и не включают полный перечень приоритетных для выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух исследуемых моногородов.

Заключение. Установлено, что для обоих моногородов характерно превышение среднегодовых ПДК по взвешенным веществам, формальдегиду и бенз(а)пирену. Данные компоненты формируют настораживающие уровни риска при хроническом ингаляционном воздействии на органы дыхания и систему развития. По результатам сравнительной оценки установлено, что для Черногорска характерны высокие уровни неканцерогенного риска, обусловленные воздействием бенз(а)пирена в отдельные годы. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации управленческих решений и оценки эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух».

Ключевые слова: Республика Хакасия; Черногорск; Саяногорск; атмосферные выбросы; загрязняющие вещества; риск для здоровья

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

Для цитирования: Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Ликонцева Ю.С., Голиков Р.А. Сравнительная оценка ингаляционного риска для здоровья населения моногородов Хакасии (на примере Черногорска и Саяногорска). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(7): 807–814. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-7-807-814> <https://elibrary.ru/ytkepy>

Для корреспонденции: Кислицына Вера Викторовна, e-mail: ecologia_nie@mail.ru

Вклад авторов: Кислицына В.В. — обзор литературных данных, написание текста, редактирование; Суржиков Д.В. — концепция и дизайн исследования, сбор материала, написание текста; Ликонцева Ю.С. — обработка данных; Голиков Р.А. — сбор и обработка данных. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 24.04.2026 / Поступила после доработки: 07.05.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликована: 14.08.2026

Vera V. Kislitsyna, Dmitry V. Surzhikov, Yuliya S. Likontseva, Roman A. Golikov

Comparative assessment of the inhalation risk for the health of the population of single-industry towns in Khakassia (on the example of Chernogorsk and Sayanogorsk)

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

ABSTRACT

Introduction. The problem of air pollution in mono-industry towns, which are based on town-forming enterprises, is currently becoming particularly relevant.

The study aim was to determine the impact of atmospheric pollutants on the health of the population of two mono-industry towns in Khakassia based on the assessment of inhalation risk.

Materials and methods. The study was conducted in Chernogorsk and Sayanogorsk. The state of the atmospheric air is characterized, and the health risks to the population are calculated according to modern methods.

Results. In both mono-industry towns, excess of average annual concentrations of suspended solids, formaldehyde, and benzo(a)pyrene were observed. For acute inhalation exposure to pollutants, all hazard quotients in both towns corresponded to minimal or permissible (acceptable) risk levels, with hazard indices for critical organs and body systems at minimal levels. For chronic inhalation exposure, hazard quotients corresponded to warning levels in both towns over certain years.

In 2022 and 2024, a high risk level from benzo(a)pyrene exposure was detected in Chernogorsk. Chronic respiratory risk corresponded to warning levels in both town, while childhood development risk corresponded to high levels in 2022 and warning levels in 2023–2024 in Chernogorsk. The total individual carcinogenic risk to the health of the population of both mono-industry towns was at a permissible (acceptable) level and was determined mainly by the contribution of formaldehyde (about 90%).

Limitations of the study were due to the use of official data on pollutant concentrations for risk calculations.

Conclusions. The results of the assessment of health risks to the population of single-industry towns in Khakassia from exposure to atmospheric pollutants obtained in this study should be used to optimize administrative and management decisions to improve the environmental situation. These results can also serve as objective criteria for the effectiveness of air protection measures implemented in Chernogorsk as part of the federal “Clean Air” project.

Keywords: Republic of Khakassia; Sayanogorsk; atmospheric emissions; pollutants; health risks

Compliance with ethical standards. This study did not require the conclusion of the Ethics Committee.

For citation: Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Likontseva Yu.S., Golikov R.A. Comparative assessment of the inhalation risk for the health of the population of single-industry towns in Khakassia (on the example of Chernogorsk and Sayanogorsk). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(7): 807–814. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-7-807-814> <https://elibrary.ru/ytckpy> (In Russ.)

For correspondence: Vera V. Kislitsyna, e-mail: ecologia_nie@mail.ru

Contribution: Kislitsyna V.V. – literature review, writing the text, editing; Surzhikov D.V. – concept and design of the study, material collecting, writing the text; Likontseva Yu.S. – data processing; Golikov R.A. – data collecting and processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 24, 2026 / Revised: May 7, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: August 14, 2026

Введение

Особую актуальность в настоящее время приобретают проблемы моногородов, существующих на базе градообразующих предприятий и зависящих от их экономического состояния. В перечень моногородов Российской Федерации входит 321 муниципальное образование, 52 из которых находятся в Сибирском федеральном округе (СФО), что обусловлено наличием на его территории природного потенциала, сформировавшего основу деятельности градообразующих предприятий [1].

Республика Хакасия (РХ) – регион с уникальными географическими и природными условиями. Объективными факторами, способствующими его эффективному социально-экономическому развитию, являются особые климатические условия и ландшафт, наличие рекреационных ресурсов, полезных ископаемых [2]. В РХ находятся шесть монотерриторий: Саяногорск, Черногорск, Сорск, Абаза, Вершина Теи и Туим [3]. Всего в перечисленных монопрофильных муниципальных образованиях РХ проживает 172,127 тыс. человек – 32% от общей численности населения региона¹.

РХ – зона экономического, сельскохозяйственного и туристического развития, для которой актуален ряд экологических проблем: загрязнение атмосферного воздуха и воды, увеличение объёма бытовых стоков, отсутствие контроля утилизации отходов и др. [4]. Состояние природной среды в монотерриториях находится в прямой зависимости от градообразующих предприятий, которые являются главными источниками загрязнения окружающей среды [5].

Черногорск – самый многочисленный моногород РХ, в котором проживает около 75 тыс. человек². Основу экономики города составляет угольная промышленность, которая даёт 86% удельного веса в общем объёме производства. Основными предприятиями угледобычи являются ООО «СУЭК-Хакасия» и АО «УК “Разрез Степной”». Программой развития угольной промышленности России на период до 2035 г. определено, что в РХ с 2018 по 2035 г. планируется увеличение добычи угля в 1,6–2,2 раза [6]. В Черногорске также действуют предприятия по производству бентонитовых глинопопорошков, добыче глины и баритовой руды [7]. Город обеспечивают теплом и энергией угольные котельные, мощность которых составляет 6–174 Гкал/ч (Центральная котельная) и 183 Гкал/ч (Южная котель-

ная). В розе ветров Черногорска преобладают юго-западное (17,3%) и северо-восточное (19%) направления ветра. Повторяемость западного направления ветра составляет 8,6%, восточного – 10,5%.

Саяногорск – второй по численности моногород Хакасии с населением около 45 тыс. человек, занимающий важное стратегическое место в экономике не только РХ, но и всей России. Территория Саяногорска находится в пределах левого берега долины реки Енисей, которая располагается на стыке Койбальской степи и предгорья Западных Саян. К наиболее крупным предприятиям относятся производители первичного алюминия и алюминиевых сплавов АО «РУСАЛ Саяногорский алюминиевый завод» и «Хакасский алюминиевый завод»; производитель фольги АО «РУСАЛ САЯНАЛ»; крупнейшая в России гидроэлектростанция Саяно-Шушенская ГЭС [8]. В жилой многоквартирный сектор Саяногорска тепло поступает в результате работы двух котельных мощностью 56 и 402 Гкал/ч, топливом для которых служит каменный уголь. В розе ветров Саяногорска повторяемость северного направления ветра составляет 10,2%, западного – 25,9%, северо-восточного – 14,5%, юго-западного – 21,3%.

Установлено, что в промышленных центрах удельный вес факторов природной среды в нарушении здоровья населения может достигать 40–60% [9]. Многими исследованиями показано, что техногенное загрязнение воздушной среды является основной причиной формирования риска для здоровья населения промышленно развитых регионов [10–14]. Ранее проведённые на территории Саяногорска исследования [15] также подтверждают приоритетное влияние выбросов градообразующих предприятий на формирование загрязнения окружающей среды. Однако на территории Черногорска подобные исследования не проводились. Поэтому выявление особенностей формирования риска для здоровья населения моногородов является актуальной гигиенической задачей.

Цель исследования – провести сравнительную гигиеническую оценку состояния атмосферного воздуха и оценку риска для здоровья населения моногородов Черногорска и Саяногорска.

Материалы и методы

Данные об объёмах валовых выбросов стационарных источников, загрязняющих атмосферный воздух Черногорска и Саяногорска, за 2021–2025 гг. получены из статистической отчётности Росприроднадзора³.

³ Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 25.03.2026 г.).

¹ Сведения о моногородах в Республике Хакасия. URL: <https://xn--19-9kcqiffxfn3b.xn--p1ai/podderzhka-v-monogorodakh/svedeniya-o-monogorodakh-v-rh> (дата обращения: 21.03.2026 г.).

² Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2025 года. Росстат, 25 апреля 2025 г. (дата обращения: 9.07.2026 г.).

Таблица 1 / Table 1

Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе
Maximum single concentrations of pollutants in the atmospheric air

Загрязняющее вещество Pollutant	Максимальная разовая концентрация, мг/м³ / доля ПДК _{м.р.} Maximum single concentration, mg/m³ / share of MPC _{m.s.}					
	Черногорск Chernogorsk			Саяногорск Sayanogorsk		
	Год Year					
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Взвешенные вещества Suspended substances	0.600 / 1.20	0.580 / 1.16	0.680 / 1.36	0.430 / 0.86	0.480 / 0.96	0.470 / 0.94
Диоксид серы Sulfur dioxide	0.035 / 0.07	0.036 / 0.07	0.042 / 0.08	0.023 / 0.05	0.028 / 0.06	0.040 / 0.08
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0.160 / 0.80	0.080 / 0.40	0.116 / 0.58	0.140 / 0.70	0.090 / 0.45	0.070 / 0.35
Оксид углерода Carbon monoxide	6.1 / 1.22	5.2 / 1.04	7.1 / 1.42	4.5 / 0.90	3.0 / 0.60	4.1 / 0.82
Водород фтористый Hydrogen fluoride	—	—	—	0.010 / 0.50	0.019 / 0.95	0.009 / 0.45
Формальдегид Formaldehyde	0.031 / 0.62	0.027 / 0.54	0.049 / 0.98	0.022 / 0.44	0.027 / 0.54	0.036 / 0.72
Фенол Phenol	0.012 / 1.20	0.008 / 0.80	0.009 / 0.90	—	—	—
Водород сернистый Hydrogen sulfide	0.007 / 0.88	0.006 / 0.75	0.008 / 1.00	—	—	—

Примечание. ПДК_{м.р.} — максимальная разовая предельно допустимая концентрация.

Note: MPC_{m.s.} — maximum single permissible concentration.

Мониторинг воздушной среды Черногорска и Саяногорска осуществляется на двух стационарных постах государственной наблюдательной сети Хакасского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу среды». Стационарный пост Росгидромета, расположенный в центральной части жилой застройки Черногорска, ведёт мониторинг концентраций взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, формальдегида, бенз(а)пирена, фенола и сероводорода. Пост стационарного контроля состояния атмосферного воздуха Саяногорска расположен в центральной части жилой застройки, регистрирует концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота, оксида углерода, водорода фтористого, формальдегида, бенз(а)пирена. Оба стационарных поста проводят наблюдения по неполной программе: измерения выполняются в 7; 13 и 19 ч по местному декретному времени⁴. Данные о концентрациях загрязняющих веществ для настоящего исследования предоставлены Среднесибирским управлением по гидрометеорологии и мониторингу среды (Красноярск).

Максимальные разовые и среднегодовые предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ, содержащихся в воздушной среде моногородов, принимались в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21⁵. Ингаляционные риски для здоровья населения рассчитывались по Руководству Р 2.1.10.3968–23⁶. В работе была проведена оценка рисков для здоровья населения от влияния атмосферных загрязнений на основе расчётов коэффициентов опасности (НҚ) и индексов опасности (НІ) для веществ с односторонним действием на критические органы и системы, а также индивидуальных канцерогенных рисков (СR). Неканцерогенные риски рассчитывались как для острых, так и для хронических воздействий токсикантов.

⁴ Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186–89.

⁵ Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685–21. Введены 01.03.2021 г.

⁶ Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания: Р 2.1.10.3968–23. М.: Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения; 2023.

Результаты

Анализ данных о валовых выбросах в воздушную среду Черногорска и Саяногорска от стационарных источников в 2021–2025 гг. показал, что в Черногорске наблюдалось снижение выбросов в атмосферу с 8,935 тыс. т/год в 2021 г. до 3,4 тыс. т/год в 2025 г. Вклад оксида углерода в общий объём выбросов от стационарных источников составил 24,2–36,4%, твёрдых частиц — 9,4–18%. Общий объём выбросов загрязняющих веществ в Саяногорске за изучаемый период значительно не изменялся, составив 66,82–68,16 тыс. т/год. Удельный вес оксида углерода в общем объёме выбросов составлял 68,45–69,38%, диоксида серы — 17,65–18,2%.

В табл. 1 приведены максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Черногорска и Саяногорска.

В Черногорске в 2022–2024 гг. выявлено превышение ПДК_{м.р.} взвешенных веществ в 1,16–1,36 раза и оксида углерода в 1,04–1,42 раза, фенола — в 1,2 раза в 2022 г. В Саяногорске все максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ не превышали соответствующих ПДК_{м.р.}.

В табл. 2 представлены среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Черногорска и Саяногорска.

В Черногорске в 2022–2024 гг. наблюдались превышения ПДК_{с.г.} взвешенных веществ в 1,41–1,52 раза, формальдегида — в 1,73–2,53 раза; бенз(а)пирена — в 2,89–8,6 раза. Превышение ПДК_{с.г.} в Саяногорске установлено для взвешенных веществ — в 1,16 раза в 2024 г.; формальдегида — в 1,5–2,4 раза в 2022–2024 гг.; бенз(а)пирена — в 1,6 раза в 2022 г. и в 1,29 раза в 2023 г.

В табл. 3 представлены результаты расчёта риска развития неканцерогенных эффектов при кратковременном ингаляционном воздействии (коэффициенты опасности, НҚ), определяемых влиянием максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ.

Кратковременное воздействие максимальных концентраций загрязняющих веществ на территории двух городов соответствует минимальному или допустимому (приемлемому) уровням неканцерогенного риска.

В табл. 4 представлены результаты расчёта риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ при хроническом ингаляционном воздействии, определяемых влиянием среднегодовых концентраций примесей.

Таблица 2 / Table 2

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе
Average annual concentrations of pollutants in the atmospheric air

Загрязняющее вещество Pollutant	Среднегодовая концентрация, мг/м³ / доля ПДК _{с.г.} Average annual concentration, mg/m³ / share of MPC _{a.a.}					
	Черногорск Chernogorsk			Саяногорск Sayanogorsk		
	Год Year					
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Взвешенные вещества Suspended substances	0.111 / 1.48	0.106 / 1.41	0.114 / 1.52	0.072 / 0.96	0.074 / 0.99	0.087 / 1.16
Диоксид серы Sulfur dioxide	0.004 / .08	0.006 / 0.12	0.0063 / 0.13	0.003 / 0.06	0.0039 / 0.08	0.0054 / 0.11
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0.021 / 0.53	0.015 / 0.38	0.025 / 0.63	0.015 / 0.38	0.012 / 0.30	0.021 / 0.53
Оксид углерода Carbon monoxide	1.08 / 0.36	1.04 / 0.35	1.27 / 0.42	0.82 / 0.27	0.83 / 0.28	0.98 / 0.33
Водород фтористый Hydrogen fluoride	—	—	—	0.0018 / 0.36	0.002 / 0.40	0.0024 / 0.48
Формальдегид Formaldehyde	0.0052 / 1.73	0.007 / 2.33	0.0076 / 2.53	0.0045 / 1.50	0.0068 / 2.27	0.0072 / 2.40
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	8.60 · 10 ⁻⁶ / 8.6	2.89 · 10 ⁻⁶ / 2.89	4.77 · 10 ⁻⁶ / 4.77	1.6 · 10 ⁻⁶ / 1.6	1.29 · 10 ⁻⁶ / 1.29	0.73 · 10 ⁻⁶ / 0.73
Фенол Phenol	0.0016 / 0.53	0.0015 / 0.50	0.002 / 0.67	—	—	—
Водород сернистый Hydrogen sulfide	0.0003 / 0.15	0.0006 / 0.30	0.0015 / 0.75	—	—	—

Примечание. ПДК_{с.г.} — среднегодовая предельно допустимая концентрация.
Note: MPC_{a.a.} — average annual permissible concentration.

Таблица 3 / Table 3

Коэффициенты опасности при остром ингаляционном воздействии, связанном с максимальными разовыми концентрациями загрязняющих веществ
Hazard quotients for acute inhalation effects associated with maximum single concentrations of pollutants

Загрязняющее вещество Pollutant	Черногорск Chernogorsk			Саяногорск Sayanogorsk		
	Год Year					
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Диоксид серы Sulfur dioxide	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0.25	0.12	0.18	0.22	0.14	0.11
Оксид углерода Carbon monoxide	0.09	0.08	0.1	0.07	0.04	0.06
Водород фтористый Hydrogen fluoride	—	—	—	0.01	0.03	0.01
Формальдегид Formaldehyde	0.36	0.31	0.56	0.25	0.31	0.41
Фенол Phenol	0.001	0.001	0.001	—	—	—
Водород сернистый Hydrogen sulfide	0.1	0.08	0.12	—	—	—

Таблица 4 / Table 4

Коэффициенты опасности при хроническом ингаляционном воздействии среднегодовых концентраций загрязняющих веществ
Hazard quotients for chronic inhalation exposures associated with average annual concentrations of pollutants

Загрязняющее вещество Pollutant	Черногорск Chernogorsk			Саяногорск Sayanogorsk		
	Год Year					
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Взвешенные вещества Suspended substances	1.48	1.41	1.52	0.96	0.99	1.16
Диоксид серы Sulfur dioxide	0.08	0.12	0.13	0.06	0.08	0.11
Диоксид азота Nitrogen dioxide	0.53	0.38	0.63	0.38	0.30	0.53
Оксид углерода Carbon monoxide	0.36	0.35	0.42	0.27	0.28	0.33
Водород фтористый Hydrogen fluoride	—	—	—	0.36	0.40	0.48
Формальдегид Formaldehyde	1.73	2.33	2.53	1.50	2.27	2.40
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	8.6	2.89	4.77	1.6	1.29	0.73
Фенол Phenol	0.27	0.25	0.33	—	—	—
Водород сернистый Hydrogen sulfide	0.15	0.30	0.75	—	—	—

Таблица 5 / Table 5

Индексы опасности с учётом влияния на критические органы и системы организма при остром ингаляционном воздействии загрязняющих веществ

Hazard indices with taking in account the impact on critical body organs and systems in acute inhalation exposure to pollutants

Органы и системы Organs and systems	Черногорск Chernogorsk			Саяногорск Sayanogorsk		
	Год Year					
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Органы дыхания Respiratory organs	0.27	0.14	0.2	0.24	0.18	0.14
Сердечно-сосудистая система Cardiovascular system	0.09	0.08	0.1	0.07	0.04	0.06
Центральная нервная система Central nervous system	0.1	0.08	0.12	—	—	—
Глаза Eyes	0.36	0.31	0.56	0.26	0.34	0.42

Коэффициенты опасности при хроническом ингаляционном воздействии взвешенных веществ соответствуют настояраживающему уровню риска в Черногорске в 2022–2024 гг. (HQ 1,41–1,52) и в Саяногорске в 2024 г. (HQ 1,16). В изученный период риск при хроническом воздействии формальдегида оценивался как неприемлемый и в Черногорска (HQ 1,73–2,53), и в Саяногорске (HQ 1,5–2,4). Бенз(а)пирен определял формирование настояраживающего уровня риска при длительном ингаляционном воздействии для здоровья жителей Саяногорска в 2022–2023 гг. (HQ 1,29–1,6) и Черногорска в 2023 г. (HQ 2,89). На территории Черногорска среднегодовые концентрации в 2022 и 2024 гг. формируют высокий уровень неканцерогенного риска от воздействия бенз(а)пирена, HQ – 8,6 и 4,77 соответственно.

В табл. 5 представлены значения индексов опасности (HI) для веществ с однонаправленным действием при кратковременном ингаляционном воздействии загрязняющих веществ.

В Черногорске риск острого ингаляционного воздействия на органы дыхания определяется максимальными концентрациями диоксида серы и диоксида азота, на сердечно-сосудистую систему – воздействием оксида углерода, на глаза – формальдегида, на центральную нервную систему – сероводорода. Для жителей Саяногорска риск острого ингаляционного воздействия на органы дыхания определяется воздействием диоксида серы, диоксида азота и фтористого водорода, на сердечно-сосудистую систему –

оксида углерода, на глаза – формальдегида и фтористого водорода. Все значения рисков в обоих городах соответствуют минимальному уровню (HI < 1).

В табл. 6 представлены значения индексов опасности (HI) для веществ с однонаправленным действием при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ.

В Черногорске величина риска при хроническом воздействии на органы дыхания определялась вкладом формальдегида и соответствовала настояраживающему уровню (HI 3,97–5,56); основной компонент, определяющий суммарное влияние на развитие в детском возрасте, – бенз(а)пирен. Индексы опасности по влиянию на развитие в 2022 г. соответствовали высокому уровню риска (HI 8,96) и настояраживающему (HI 3,24–5,19) в 2023–2024 гг. В Саяногорске индекс опасности по влиянию на органы дыхания при хроническом воздействии также определялся вкладом формальдегида и соответствовал настояраживающему уровню (HI 3,26–4,68). Индексы опасности для остальных критических органов и систем на территории обоих городов соответствовали минимальному или допустимому (приемлемому) уровням.

В табл. 7 представлены значения индивидуального канцерогенного риска (CR) для здоровья населения.

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения Черногорска и Саяногорска соответствует допустимому уровню, при этом основной вклад (от 87,7 до 99%) обусловлен воздействием формальдегида.

Таблица 6 / Table 6

Индексы опасности с учётом влияния на критические органы и системы организма при хроническом ингаляционном воздействии загрязняющих веществ

Hazard indices with taking in account the impact on critical body organs and systems under chronic inhalation exposure to pollutants

Органы и системы Organs and systems	Черногорск Chernogorsk			Саяногорск Sayanogorsk		
	Год Year					
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Органы дыхания Respiratory organs	3.97	4.54	5.56	3.26	4.04	4.68
Кровь Blood	0.89	0.73	1.05	0.65	0.58	0.86
Сердечно-сосудистая система Cardiovascular system	0.63	0.60	0.75	0.27	0.28	0.33
Развитие в детском возрасте Development over childhood	8.96	3.24	5.19	1.87	1.57	1.06
Центральная нервная система Central nervous system	0.78	0.90	1.50	0.27	0.28	0.33
Костная система Skeletal system	—	—	—	0.36	0.40	0.48
Зубы Teeth	—	—	—	0.36	0.40	0.48
Печень Liver	0.27	0.25	0.33	—	—	—
Почки Kidneys	0.27	0.25	0.33	—	—	—

Таблица 7 / Table 7

Индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения Individual carcinogenic risk to health in the population

Загрязняющее вещество Pollutant	Черногорск Chernogorsk			Саяногорск Sayanogorsk		
	Год Year					
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Формальдегид Formaldehyde	6.56 · 10 ⁻⁵	8.83 · 10 ⁻⁵	9.59 · 10 ⁻⁵	5.68 · 10 ⁻⁵	8.58 · 10 ⁻⁵	9.08 · 10 ⁻⁵
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	9.20 · 10 ⁻⁶	3.09 · 10 ⁻⁶	5.10 · 10 ⁻⁶	1.71 · 10 ⁻⁶	1.38 · 10 ⁻⁶	7.81 · 10 ⁻⁷
Суммарно Total	7.48 · 10 ⁻⁵	9.14 · 10 ⁻⁵	1.01 · 10 ⁻⁴	5.85 · 10 ⁻⁵	8.72 · 10 ⁻⁵	9.16 · 10 ⁻⁵

Обсуждение

Сохранение природных ценностей относится к приоритетам развития РХ, поэтому проблемам состояния окружающей среды в регионе уделяется особое внимание [16–18]. Разработанной «Стратегией социально-экономического развития Республики Хакасия до 2030 года»⁷ предусмотрены мероприятия по рациональному природопользованию и обеспечению экологической безопасности.

Черногорск вошёл в список городов, в которых с 2023 г. реализуется федеральный проект «Чистый воздух», направленный на снижение загрязнения атмосферы, и наблюдается уменьшение общего объёма атмосферных выбросов за изученный период с 8,935 до 3,4 тыс. т/год. Тем не менее в 2022–2024 гг. выявлено превышение ПДК_{м.р.} взвешенных веществ, оксида углерода и фенола, а также превышение ПДК_{с.г.} взвешенных веществ, формальдегида и бенз(а)пирена.

Анализ динамики выбросов загрязняющих веществ в Саяногорске показал отсутствие явной положительной динамики. Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ, контролируемых Росгидрометом, не превышали соответствующих ПДК_{м.р.}, среднегодовые концентрации взвешенных веществ, формальдегида и бенз(а)пирена были в отдельные годы выше ПДК_{с.г.}.

При остром ингаляционном воздействии всех загрязняющих веществ НQ в обоих городах соответствовали минимальному или допустимому (приемлемому) уровням риска. Для веществ с односторонним действием НI также находились на минимальном уровне (НI < 1).

В 2022–2024 гг. хроническое ингаляционное воздействие взвешенных веществ (в Черногорске НQ 1,41–1,52, в Саяногорске – 1,16), формальдегида (в Черногорске НQ 1,73–2,53, в Саяногорске – 1,5–2,4) и бенз(а)пирена (в Саяногорске НQ 1,29–1,6, в Черногорске – 2,89) формировало нарастающий уровень риска для здоровья населения Черногорска и Саяногорска. В 2022 и 2024 гг. для Черногорска характерен высокий уровень неканцерогенного риска при хроническом воздействии бенз(а)пирена, НQ – 8,6 и 4,77 соответственно.

В Черногорске хронический ингаляционный риск развития болезней органов дыхания, обусловленный воздействием формальдегида, соответствовал нарастающему уровню (НI 3,97–5,56), а риск нарушения развития в детском возрасте, определяемый бенз(а)пиреном, достигал высокого (НI 8,96 в 2022 г.) и нарастающего (НI 3,24–5,19 в 2023–2024 гг.) уровней. Снижение такого риска определяется меньшими среднегодовыми концентрациями бенз(а)пирена в 2023–2024 гг. В Саяногорске неканцерогенный риск развития болезней органов дыхания, обусловленный хроническим воздействием формальдегида, соответствовал нарастающему уровню (НI 3,26–4,68), при этом

остальные показатели риска находились в пределах минимального и допустимого (приемлемого) уровней.

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения Черногорска и Саяногорска соответствует допустимому (приемлемому) уровню. Основным удельный вес в формировании суммарного индивидуального канцерогенного риска имеет формальдегид (97–99% в Саяногорске, 87,7–96,6% – в Черногорске).

Согласно сводным расчётам Всероссийского научно-исследовательского института «Экология», выбросы автономных источников теплоснабжения от частного жилищного сектора в несколько раз превышают выбросы предприятий городской промышленности. В настоящее время в Черногорске насчитывается 12,5 тыс. частных домовладений, для отопления большинства из них используют сжигание угля и дров в каменных печах. Проектом «Чистый воздух» предполагается монтаж свыше 5 тыс. твёрдотопливных котлов в частном секторе Черногорска [19].

Результаты настоящего исследования, характеризующие состояние атмосферного воздуха Черногорска и Саяногорска, а также риски для здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ, согласуются с данными, полученными в других промышленных городах [20–22].

Заключение

В обоих моногородах наблюдалось превышение среднегодовых концентраций взвешенных веществ, формальдегида и бенз(а)пирена, формирующих в отдельные годы нарастающие уровни рисков при хроническом воздействии. Кроме того, в 2022 и 2024 гг. был выявлен высокий уровень риска для здоровья населения Черногорска от воздействия бенз(а)пирена. Также в этом городе бенз(а)пирен определял высокий хронический ингаляционный риск для развития в детском возрасте (НI 8,96) в 2022 г. и нарастающий (3,24–5,19) – в 2023–2024 гг. Хронический ингаляционный риск по органам дыхания для жителей обоих моногородов определялся воздействием формальдегида и соответствовал нарастающему уровню.

Полученные результаты показывают, что для Черногорска характерны более высокие уровни как максимальных, так и годовых концентраций контролируемых соединений на стационарных постах Росгидромета и связанные с ними канцерогенные и неканцерогенные риски. Снижение валовых выбросов в атмосферу города пока не привело к улучшению состояния воздушной среды и здоровья населения. Согласно данным официальной статистики, сохраняются повышенные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере.

Полученные в настоящем исследовании результаты оценки риска для здоровья населения моногородов Хакасии от воздействия атмосферных загрязнителей могут быть применены для оптимизации административно-управленческих решений по улучшению экологической ситуации. Также результаты могут использоваться для контроля результативности воздухоохраных мероприятий, реализуемых в Черногорске в рамках федерального проекта «Чистый воздух».

⁷ Закон Республики Хакасия «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Республики Хакасия до 2030 года». Принят Верховным Советом Республики Хакасия 29 января 2020 г. URL: <https://r-19.ru/management/5697/86042.html>

Литература

- Иванова М.В., Матюнин В.М. Промышленный туризм — новый тренд развития Сибирских моногородов. *Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки*. 2022; 7(4): 501–10. <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2022-7-4-501-510> <https://elibrary.ru/gvxouc>
- Коханин Д.А. Основные направления экономического развития Республики Хакасия. *Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова*. 2024; (1): 76–80. <https://elibrary.ru/yvenou>
- Канзычакова Н.Г. Социальное настроение жителей моногородов Республики Хакасия в оценках ее жителей. *Восточный вектор: история, общество, государство*. 2023; (3): 15–9. <https://doi.org/10.18101/2949-1657-2023-3-15-19> <https://elibrary.ru/bxbnkb>
- Лопаткина С.В., Фисунова Я.С. Тема экологии в печатных изданиях «Хакасия», «Абакан», «Шанс»: сопоставительный аспект. *Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова*. 2019; (3): 68–73. <https://elibrary.ru/jxunmp>
- Кара-Сал И.Д., Хойлаарак З.К. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха городов Восточной Сибири бенз(а)пиреном. *Вестник Тувинского государственного университета. Естественные и сельскохозяйственные науки*. 2022; (4): 25–33. <https://elibrary.ru/sqhkzc>
- Субракова Л.К., Курильчик С.А. Оценка производства и рисков углеводородов в Республике Хакасия. *Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова*. 2024; (3): 114–8. <https://elibrary.ru/mjerqh>
- Лушников О.Л. Влияние градообразующих предприятий на здоровье населения моногородов Хакасии. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. 2021; 11(1): 187–98. <https://elibrary.ru/oducco>
- Ладыгина А.Н. Территориальная структура природопользования муниципального образования город Саяногорск. *Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова*. 2022; (1): 24–30. <https://elibrary.ru/pzxtst>
- 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/sjqpzc>
- 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 неблагополучного района крупного промышленного центра. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНСО*. 2022; 30(3): 44–52. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52> <https://elibrary.ru/vfnfsm>
- Кузьмин С.В., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Пининин 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>
- Рахманин Ю.А., Додина Н.С., Алексеева А.В. Современные методические подходы к оценке риска здоровью населения от воздействия химических веществ. *Анализ риска здоровью*. 2023; (4): 33–41. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.4.03> <https://elibrary.ru/pkekfb>
- Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А., Голиков Р.А. Опыт применения статистико-математических технологий для оценки влияния атмосферных загрязнений на здоровье населения в крупном промышленном центре. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(7): 663–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667> <https://elibrary.ru/tycscs>
- Кислицына В.В., Ликонцева Ю.С., Суржиков Д.В., Голиков Р.А. Сравнительная оценка риска нарушения здоровья населения двух промышленных центров Кузбасса от воздействия атмосферных загрязнений. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(7): 468–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-468-473> <https://elibrary.ru/kxbtoy>
- Шашина Т.А., Новиков С.М., Козлов А.В. и др. Оценка риска здоровью населения, обусловленного воздействием выбросов алюминиевого производства. *Гигиена и санитария*. 2006; (5): 61–4. <https://elibrary.ru/kuzlej>
- Вольф К.В. Экологический аудит в республике Хакасия. *Учет, анализ и аудит: проблемы теории и практики*. 2023; (31): 21–3. <https://elibrary.ru/xddbog>
- Тиникова Е.Е. Урбанизация в Хакасии в постсоветский период: основные векторы развития. *Городские исследования и практики*. 2020; 5(4): 87–102. <https://doi.org/10.17323/usp54202087-102> <https://elibrary.ru/oraavd>
- Коняхина Т.Б., Кузнецова М.А., Назаров А.А., Папина О.В. Современное состояние и перспективы развития экономики Республики Хакасия. *Экономика и предпринимательство*. 2021; (11): 559–63. <https://doi.org/10.34925/EIP.2021.11.136.111> <https://elibrary.ru/kzneqi>
- Халимов О.З., Халимов И.О. Анализ вариантов снижения загрязнения в Абакано-Черногорском промышленном узле. *Финансовый бизнес*. 2025; (1): 92–6. <https://elibrary.ru/laajlw>
- Кузьмин С.В., Авалиани С.Л., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицин В.А., Синицына О.О. Практика применения оценки риска здоровью населения как информационная основа организации мониторинга и формирования комплексных планов воздухоохраных мероприятий федерального проекта «Чистый воздух». *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 здоровью 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

- Ivanova M.V., Matyunin V.M. Industrial tourism as a new trend in the development of Siberian single-industry towns. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskie, sotsiologicheskie i ekonomicheskie nauki*. 2022; 7(4): 501–10. <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2022-7-4-501-510> <https://elibrary.ru/gvxouc> (in Russian)
- Kokhanin D.A. Main directions of economic development of the republic of Khakassia. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova*. 2024; (1): 76–80. <https://elibrary.ru/yvenou> (in Russian)
- Kanzhychakova N.G. Social mood of monotowns residents in the Republic of Khakassia as assessed by its inhabitants. *Vostochnyi vektor: istoriya, obshchestvo, gosudarstvo*. 2023; (3): 15–9. <https://doi.org/10.18101/2949-1657-2023-3-15-19> <https://elibrary.ru/bxbnkb> (in Russian)
- Lopatkina S.V., Fisinova Ya.S. Topic of ecology in the printed editions “Khakassia”, “Abakan”, “Chance” in the comparative aspect. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova*. 2019; (3): 68–73. <https://elibrary.ru/jxunmp> (in Russian)
- Kara-Sa I.D., Khoylaarak Z.K. Assessment of the level of atmospheric air pollution in the cities of Eastern Siberia by benz(a)pyrene. *Vestnik Tuvinского gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye i sel'skokhozyaistvennye nauki*. 2022; (4): 25–33. <https://elibrary.ru/sqhkzc> (in Russian)
- Subrakova L.K., Kurilchik S.A. Assessment of production and risks of coal mining in the Republic of Khakassia. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova*. 2024; (3): 114–8. <https://elibrary.ru/mjerqh> (in Russian)
- Lushnikov O.L. Impact of city-forming enterprise on the health of single-industry town's population of Khakassia. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment*. 2021; 11(1): 187–98. <https://elibrary.ru/oducco> (in Russian)
- Ladygina A.N. Territorial structure of nature management of the municipal district of Sayanogorsk. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova*. 2022; (1): 24–30. <https://elibrary.ru/pzxtst> (in Russian)
- Skovronskaya S.V., Meshkov N.A., Valtseva E.A., Ivanova S.V. Priority risk factors for population health in large industrial cities. *Gigiena i Sanitariya (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/sjqpzc> (in Russian)
- Myakisheva Yu.V., Fedoseikina I.V., Mikhayluk 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)
- Kuzmin 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 Sanitariya (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/eplgkr> (in Russian)
- Rakhmanin Yu.A., Dodina N.S., Alekseeva A.V. Modern methodological approaches to assessing public health risks due to chemicals exposure. *Health Risk Analysis*. 2023; (4): 33–41. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.4.03> <https://elibrary.ru/hjdjot>
- Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Shtaiger V.A., Golikov R.A. Experience in using statistical and mathematical technologies to assess the impact of atmospheric pollution on public health in a large industrial center. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(7): 663–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667> <https://elibrary.ru/tycscs> (in Russian)
- Kislitsyna V.V., Likontseva Yu.S., Surzhikov D.V., Golikov R.A. Comparative assessment of the risk of health disorders of the population at two industrial centers of Kuzbass from exposure to atmospheric pollution. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(7): 468–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-468-473> <https://elibrary.ru/kxbtoy> (in Russian)
- Shashina T.A., Novikov S.M., Kozlov A.V., et al. Assessment of the public health risk caused by the exposure to aluminum production emissions. *Gigiena i Sanitariya*. 2006(5): 61–4. <https://elibrary.ru/kuzlej>
- Wolf K.V. Environmental audit in the Republic of Khakassia. *Uchet, analiz i audit: problemy teorii i praktiki*. 2023; (31): 21–3. <https://elibrary.ru/xddbog> (in Russian)
- Tinikova E.E. The main directions of urbanization in Khakassia in the post-Soviet period. *Gorodskie issledovaniya i praktiki*. 2020; 5(4): 87–102. <https://doi.org/10.17323/usp54202087-102> <https://elibrary.ru/oraavd> (in Russian)

18. Konyahin T.B., Kuznetsova M.A., Nazarov A.A., Papina O.V. The current state and prospects for the development of the economy of the Republic of Khakassia. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2021; (11): 559–63. <https://doi.org/10.34925/EIP.2021.11.136.111> <https://elibrary.ru/kzneqi> (in Russian)
19. Khalimov O.Z., Khalimov I.O. Analysis of pollution reduction options in the Abakan-Chernogorsk industrial hub. *Finansovyi biznes*. 2025; (1): 92–6. <https://elibrary.ru/laajlw> (in Russian)
20. Kuzmin S.V., Avaliani S.L., Dodina N.S., Shashina T.A., Kisitsyn 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/sybxwe> (in Russian)
21. May I.V., Kleyn 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 organization 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)
22. Zaitseva N.V., May I.V. Ambient air quality and health risks as objective indicators to estimate effectiveness of air protection in cities included into the «Clean Air» Federal project. *Analiz riska zdorov'yu*. 2023; (1): 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01> <https://elibrary.ru/omvwle> (in Russian)

Сведения об авторах

Кислицына Вера Викторовна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПППЗ», 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 КПППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: berlin-rim2013@yandex.ru

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

Голиков Роман Анатольевич, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: biodez42@mail.ru

About the authors

Vera V. Kisitsyna, PhD (Medicine), leading researcher, Human ecology and environmental health laboratory, 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, DSc (Biology), associate professor, head, Human ecology and environmental health laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7469-4178> E-mail: berlin-rim2013@yandex.ru

Yuliya S. Likontseva, researcher, Human ecology and environmental health laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8468-2533> E-mail: yuliya.likonцева@yandex.ru

Roman A. Golikov, PhD (Medicine), senior researcher, Human ecology and environmental health laboratory, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3112-2919> E-mail: biodez42@mail.ru