

EDN: <https://elibrary.ru/fgcbbv>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-9-603-609>

УДК 614.7:574.3

© Коллектив авторов, 2024

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

Оценка риска для здоровья населения, проживающего в зоне влияния атмосферных выбросов предприятия машиностроительной отрасли

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», ул. Кутузова, 23, Новокузнецк, 654041

Введение. При функционировании предприятий машиностроения выделяются загрязняющие вещества, которые могут негативно воздействовать на здоровье населения.**Цель исследования** — определить влияние выбросов машиностроительного завода, а также фонового загрязнения атмосферы на риск для здоровья населения города Новокузнецка.**Материалы и методы.** В работе использовались данные из тома предельно допустимых выбросов машиностроительного завода. Расчёты максимальных и средних концентраций загрязняющих веществ проводились с помощью программы «ЭКОцентр – Стандарт» в 36 точках воздействия, выбранных на карте города. Предельно допустимые концентрации атмосферных загрязнителей определялись по СанПиН 1.2.3685-21. Расчёты рисков для здоровья населения производились 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. Также проводилась оценка риска с учётом фонового загрязнения атмосферы.**Результаты.** Оценка рисков осуществлялась от воздействия диоксида азота, оксида углерода, диоксида серы, углерода (сажи), неорганической пыли, шестивалентного хрома. Максимальные и средние концентрации загрязняющих веществ, а также максимальные концентрации, рассчитанные с учётом фонового загрязнения, не превышали предельно допустимый уровень. Средние концентрации диоксида азота и шестивалентного хрома с учётом фона превышали гигиенический норматив. Значения индексов опасности при острых и хронических воздействиях без учёта фона, а также при острых воздействиях с учётом фона соответствовали минимальному (целевому) уровню риска. Значения индексов опасности при хронических ингаляционных воздействиях с учётом фона соответствовали настораживающему уровню риска в пяти точках, составляя 3,084–3,800. При хроническом воздействии с учётом фона выявлен настораживающий уровень риска по влиянию на органы дыхания (в четырёх точках индекс опасности составил 3,117 до 3,616) и кровь (в трёх точках индекс опасности был в пределах от 3,090 до 3,433). Суммарный индивидуальный канцерогенный риск без учёта фона не превышал допустимый уровень, находясь в пределах от $1,08 \times 10^{-8}$ до $2,43 \times 10^{-7}$ в разных точках, с учётом фона составил $1,79 \times 10^{-4}$ – $2,26 \times 10^{-4}$, что соответствует настораживающему уровню. Основной вклад в формирование канцерогенного риска вносит шестивалентный хром.**Ограничения исследования.** Для оценки рисков использовались концентрации загрязняющих веществ, полученных расчётным путём.**Заключение.** Риски от воздействия атмосферных выбросов машиностроительного завода соответствуют минимальному (целевому) уровню. Фоновые концентрации токсичных веществ при хронических ингаляционных воздействиях определяют настораживающий уровень неканцерогенного риска в пяти точках, а также настораживающий уровень канцерогенного риска во всех точках воздействия.**Этика.** Данное исследование не требовало заключения этического комитета.**Ключевые слова:** Новокузнецк; атмосферный воздух; машиностроение; загрязняющие вещества; оценка риска для здоровья; фоновое загрязнение**Для цитирования:** Кислицына В.В., Суржиков Д.В., Голиков Р.А., Ликонцева Ю.С., Мотуз И.Ю. Оценка риска для здоровья населения, проживающего в зоне влияния атмосферных выбросов предприятия машиностроительной отрасли. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(9): 603–609. <https://elibrary.ru/fgcbbv> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-9-603-609>**Для корреспонденции:** Кислицына Вера Викторовна, e-mail: ecologia_nie@mail.ru**Участие авторов:**

Кислицына В.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование;

Суржиков Д.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование;

Голиков Р.А. — сбор и обработка данных;

Ликонцева Ю.С. — сбор и обработка данных, написание текста;

Мотуз И.Ю. — сбор и обработка данных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 21.05.2024 / Дата принятия к печати: 04.07.2024 / Дата публикации: 10.10.2024

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

Assessment of the risk to the health of the population living in the zone influenced by atmospheric emissions from the engineering industry

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, 23, Kutuzova St, Novokuznetsk, 654041

Introduction. During operation, machine-building enterprises emit pollutants that can negatively affect the health of the population.**The study aims** to determine the impact of emissions from a machine-building plant, as well as background atmospheric pollution, on the health risk of the population of Novokuznetsk.**Materials and methods.** The work used data from the volume of maximum permissible emissions of a machine-building plant. The researchers calculated the maximum and average concentrations of pollutants using the "ECOcenter – Standard" program at 36 exposure points selected on the city map. Experts determined the maximum permissible concentrations of pollutants in the atmosphere in accordance with SanPiN 1.2.3685-21. The authors calculated the risks to public health in accordance

with the Guidelines R 2.1.10.1920-04. The classification of risk levels was carried out on the basis of MP 2.1.10.0156-19. 2.1.10. Scientists also made a risk assessment considering background atmospheric pollution.

Results. Specialists carried out a risk assessment from exposure to nitrogen dioxide, carbon monoxide, sulfur dioxide, carbon (soot), inorganic dust, hexavalent chromium. The maximum and average concentrations of pollutants, as well as the maximum concentrations calculated taking into account background pollution, did not exceed the maximum permissible level. The average concentrations of nitrogen dioxide and hexavalent chromium, taking into account the background, exceeded the hygienic standard. The values of the hazard indices for acute and chronic exposures without taking into account the background, as well as for acute exposures taking into account the background, corresponded to the minimum (target) risk level. The values of the hazard indices for chronic inhalation effects, considering the background, corresponded to the alarming risk level at five points, amounting to 3.084–3.800. With chronic exposure, taking into account the background, an alarming level of risk was revealed for the effect on the respiratory organs (at four points the hazard index was 3.117 to 3.616) and blood (at three points the hazard index was in the range from 3.090 to 3.433). The total individual carcinogenic risk, excluding background, did not exceed the permissible level, ranging from 1.08×10^{-8} to 2.43×10^{-7} at different points, taking into account the background, amounted to 1.79×10^{-4} – 2.26×10^{-4} , which corresponds to an alarming level. Hexavalent chromium makes the main contribution to the formation of carcinogenic risk.

Limitations. Calculated concentrations of pollutants were used to assess the risks.

Conclusion. The risks from exposure to atmospheric emissions from the machine-building plant correspond to the minimum (target) level. Background concentrations of toxic substances in chronic inhalation exposures determine an alarming level of non-carcinogenic risk at five points, as well as an alarming level of carcinogenic risk at all points of exposure.

Ethics. This study did not require the conclusion of the Ethics Committee.

Keywords: Novokuznetsk; atmospheric air; mechanical engineering; pollutants; health risk assessment; background pollution

For citation: Kislitsyna V.V., Surzhikov D.V., Golikov R.A., Likontseva Yu.S., Motuz I.Yu. Assessment of the risk to the health of the population living in the zone influenced by atmospheric emissions from the engineering industry. *Med. truda i prom. ekol.* 2024; 64(9): 603–609. <https://elibrary.ru/fgcbbv> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-9-603-609> (in Russian)

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

Contribution:

Kislitsyna V.V. — the concept and design of the study, writing the text, editing;

Surzhikov D.V. — the concept and design of the study, editing;

Golikov R.A. — data collection and processing;

Likontseva Y.S. — data collection and processing, writing the text;

Motuz I.Y. — data collection and processing;

Funding. The study had no funding.

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

Received: 21.05.2024 / Accepted: 04.07.2024 / Published: 10.10.2024

Введение. Машиностроение является одной из ведущих отраслей промышленности, определяющие до 20% производства [1]. Машиностроение Сибирского федерального округа (СФО) относится к структурообразующим производствам экономики макрорегиона. В СФО расположены предприятия практически всех крупных машиностроительных подотраслей, занимающие девятую позицию из 35 в рейтинге доминирующих отраслей сибирской экономики [2–3] и вносящие вклад в загрязнение природной среды.

Показано, что в промышленных городах, где проживает основная часть населения и сконцентрировано большое количество промышленных предприятий на относительно небольших территориях, вклад факторов окружающей среды в ухудшение здоровья населения достигает 40–60% [4–6]. Основной причиной развития экологозависимых патологий является загрязнение атмосферного воздуха [7]. Загрязнённая атмосфера является основной экологической проблемой Новокузнецка Кемеровской области [8–9]. В городе функционируют крупнейшие промышленные предприятия черной и цветной металлургии, угодобычи, энергетики, машиностроения, строительства, что приводит к загрязнению воздушной среды.

Для определения неблагоприятного влияния атмосферных выбросов на здоровье населения, проживающего вблизи промышленных объектов, применяется методология оценки риска, дающая возможность получить количественную оценку возможного вреда здоровью [10–12].

Цель исследования — определить влияние выбросов машиностроительного завода, а также фоновое загрязнение атмосферы, на риск для здоровья населения города Новокузнецка.

Материалы и методы. В работе использовались данные из тома предельно допустимых выбросов (том ПДВ) машиностроительного завода (ОАО «Гидромаш»), расположенного в Заводском районе г. Новокузнецка. Том ПДВ содержит необходимые для расчётов данные: перечень загрязняющих веществ, объёмы выбросов, высоты и диаметры источников выбросов, скорости выхода газовой смеси из устьев источников, температуры отходящих газозагрязнённых смесей. Расчёты максимальных и средних концентраций загрязняющих веществ проводились с помощью программного комплекса УПРЗА «ЭКОцентр – Стандарт» с учётом приказа Минприроды России от 06.06.2017 № 273 «Об утверждении методов расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе»¹ в 36 точках воздействия концентраций (ТВК), выбранных на основании карты города в жилых зонах с учётом розы ветров. Преобладающими направлениями ветров являются южное и юго-западное. Предельно допустимые концентрации (ПДК) атмосферных загрязнителей определялись по СанПиН 1.2.3685-21². Расчёты рисков для здоровья населения производились в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04³. Определены индивидуальный кан-

¹ Методы расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273.

² Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685-21. Введён 01.03.2021.

³ 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 РФ; 2004.

церогенный риск и риск развития неканцерогенных эффектов на основе расчётов коэффициентов и индексов опасности при острых и хронических ингаляционных воздействиях. При расчётах рисков 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. 2.1.10⁴. Также в работе были определены значения уровней рисков с учётом фоновых концентраций загрязняющих веществ. Фоновая концентрация вещества (фон) — характеристика загрязнения атмосферы, которая создаётся всеми источниками выбросов на территории, исключая источник, для которого рассчитан фон. За фоновую концентрацию принимается статистически достоверная максимальная разовая концентрация примесей, значение которой превышает в 5% случаев. Контроль за загрязнением атмосферного воздуха в рассматриваемых селитебных зонах проводит Новокузнецкая гидрометеорологическая обсерватория, которая и определяет уровень фонового загрязнения воздушного бассейна. Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе также представлены в том же ПДВ.

Результаты. ОАО «Гидромаш» осуществляет конструкторскую разработку, а также производство и ремонт горно-шахтного оборудования, изготовление металлоконструкций, выполнение работ по механической обработке деталей, изготовление литых заготовок из алюминия, бронзы, чугуна, стали. Источниками выбросов являются сварочные и токарные посты, процессы резки металла и разливы стали, печи для выплавки бронзы, нагревательные печи, металлообрабатывающие заточные станки. Высоты источников составляют 1–20 м, диаметры — 0,3–1 м, скорости выхода газовой смеси — 1,5–13 м/с, температуры отходящей газовой смеси — 25–100°C. В атмосферный воздух от источников ОАО «Гидромаш» поступает 11,67 т/год (3,64 г/с) загрязняющих веществ.

Для оценки неканцерогенного риска были выбраны следующие загрязняющие вещества: диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, углерод (сажа), пыль неорганическая ($\text{SiO}_2 < 20\%$), пыль неорганическая ($\text{SiO}_2 20\text{--}70\%$), пыль неорганическая ($\text{SiO}_2 > 70\%$), хром (VI). Основной вклад в загрязнение вносят следующие вещества: хром (VI) (удельный вес составляет 57,11%), пыль неорганическая $\text{SiO}_2 > 70\%$ (удельный вес — 27,09%), диоксид серы (удельный вес — 7,27%), диоксид азота (удельный вес — 7,25%). Оценка канцерогенного риска для здоровья проводилась от воздействия углерода (сажи) и хрома (VI).

Рассчитанные максимальные концентрации загрязняющих веществ находятся в диапазоне от $8,06 \times 10^{-7}$ мг/м³ у пыли неорганической ($\text{SiO}_2 20\text{--}70\%$) до 0,004 мг/м³ у оксида углерода. Превышений ПДК_{м.р.} веществ по всем ТВК не выявлено. Наибольшие концентрации токсичных веществ наблюдаются в точках, расположенных в Заводском районе. Средние концентрации загрязняющих ве-

ществ находятся в диапазоне от $1,03 \times 10^{-9}$ мг/м³ у хрома (VI) до $2,00 \times 10^{-5}$ мг/м³ у оксида углерода. Превышений среднесуточных и среднегодовых ПДК также не выявлено.

Максимальные и средние концентрации загрязняющих веществ по точкам воздействия с учётом фонового воздействия рассчитаны для диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода, сажи. Для пыли неорганической ($\text{SiO}_2 < 20\%$), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 20\text{--}70\%$), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 > 70\%$) фон не определяется, т. к. Росгидромет не ведёт наблюдения за данными веществами. Максимальные концентрации с учётом фона находятся в диапазоне от 0,003 мг/м³ у диоксида серы до 3,29 мг/м³ у оксида углерода. Наибольшие концентрации с учётом фона наблюдаются у оксида углерода в Кузнецком районе города, что обусловлено местными источниками воздействия. Превышения ПДК_{м.р.} с учётом фонового загрязнения атмосферы не выявлены во всех ТВК. Средние концентрации токсичных веществ с учётом фонового загрязнения варьируются от $1,12 \times 10^{-5}$ мг/м³ у хрома (VI) до 0,72 мг/м³ у оксида углерода. Выявлено превышение среднесуточной ПДК с учётом фона у диоксида азота (в 1,1–1,3 раза). Превышение среднегодовых ПДК с учётом фона определено у диоксида азота (в 1,10–3,18 раза) и хрома (VI) (в 1,40–1,85 раза).

Коэффициенты опасности при острых и хронических ингаляционных воздействиях диоксидов азота и серы, оксида углерода, углерода (сажи), хрома (VI), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 < 20\%$), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 20\text{--}70\%$), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 > 70\%$) составляют менее 0,1, соответствуя минимальному (целевому) уровню риска.

Коэффициенты опасности при острых ингаляционных воздействиях, рассчитанные с учётом фонового влияния токсичных веществ, соответствуют минимальному (целевому) уровню для диоксида серы, пыли неорганической ($\text{SiO}_2 < 20\%$), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 20\text{--}70\%$), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 > 70\%$) и допустимому уровню для диоксида азота (коэффициенты опасности находятся в пределах от 0,128 до 0,213), оксида углерода (коэффициенты опасности составляет 0,114–0,143), углерода (сажи) (коэффициенты опасности варьируется от 0,100 до 0,127). При хронических ингаляционных воздействиях с учётом фона уровень риска от диоксида азота в ТВК № 29 оценивается как допустимый (коэффициент опасности — 1,0), в ТВК №№ 1–18, 21–28, 30–36 — как настораживающий (коэффициенты опасности находятся в пределах от 1,100 до 3,185), в ТВК 19–20 — как высокий (коэффициенты опасности варьируется от 3,150 до 3,250). Уровень риска от диоксида серы в ТВК №№ 3–5, 7 характеризуется как минимальный (целевой) (коэффициенты опасности — 0,060–0,080), в ТВК №№ 1–2, 6, 8–36 — как допустимый (коэффициенты опасности в пределах от 0,1 до 0,2). Уровни рисков от оксида углерода (коэффициенты опасности составляет 0,177–0,240), углерода (сажи) (коэффициенты опасности 0,140–0,260), хрома (VI) (коэффициенты опасности 0,112–0,148) характеризуется как допустимый. Уровень риска от пыли неорганической ($\text{SiO}_2 < 20\%$), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 20\text{--}70\%$), пыли неорганической ($\text{SiO}_2 > 70\%$) характеризуется как минимальный (целевой), т. к. значения коэффициентов опасности по данным веществам составляют менее 0,1.

В **таблице 1** приведены значения индексов опасности при острых и хронических ингаляционных воздействиях токсичных веществ как без учёта фонового воздействия, так и с учётом фона.

⁴ 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 № МР 2.1.10.0156-19. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_415503/

Таблица 1 / Table 1

Индексы опасности при острых и хронических ингаляционных воздействиях токсичных веществ по точкам воздействия
Hazard indices for acute and chronic inhalation exposure to toxic substances by points of exposure

№ ТВК	Индексы опасности			
	При острых воздействиях		При хронических воздействиях	
	Без учёта фона	С учётом фона	Без учёта фона	С учётом фона
1	0,016	0,434	0,00267	2,213
2	0,014	0,430	0,00224	2,138
3	0,006	0,388	0,000825	1,799
4	0,006	0,381	0,000808	1,749
5	0,006	0,389	0,000678	1,799
6	0,010	0,419	0,00150	2,110
7	0,008	0,409	0,00113	2,009
8	0,010	0,422	0,00144	2,134
9	0,007	0,426	0,000914	2,290
10	0,011	0,429	0,00155	2,267
11	0,010	0,421	0,00137	2,247
12	0,007	0,418	0,000862	2,271
13	0,004	0,425	0,000406	2,421
14	0,003	0,425	0,000344	2,546
15	0,002	0,415	0,000232	2,467
16	0,002	0,444	0,000215	3,084
17	0,003	0,443	0,000260	3,311
18	0,003	0,452	0,000280	3,456
19	0,003	0,446	0,000249	3,683
20	0,003	0,455	0,000254	3,800
21	0,002	0,425	0,000172	2,715
22	0,002	0,431	0,000178	2,786
23	0,002	0,425	0,000158	2,558
24	0,002	0,425	0,000136	2,528
25	0,004	0,464	0,000384	2,469
26	0,004	0,462	0,000468	2,369
27	0,004	0,475	0,000421	2,328
28	0,004	0,451	0,000490	2,227
29	0,004	0,446	0,000465	1,745
30	0,004	0,442	0,000425	1,831
31	0,004	0,441	0,000424	1,932
32	0,005	0,442	0,000535	1,855
33	0,005	0,441	0,000515	1,963
34	0,004	0,436	0,000443	2,037
35	0,004	0,435	0,000456	2,139
36	0,004	0,435	0,000451	2,193

Значения индексов опасности не превышают единицу при острых и хронических воздействиях, рассчитанных без учёта фона, что соответствует минимальному (целе-

Таблица 2 / Table 2

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск по точкам воздействия
Total individual carcinogenic risk by points of exposure

№ ТВК	Суммарный индивидуальный канцерогенный риск	
	Без учёта фона	С учётом фона
1	$2,43 \times 10^{-7}$	$1,98 \times 10^{-4}$
2	$2,06 \times 10^{-7}$	$1,96 \times 10^{-4}$
3	$7,27 \times 10^{-8}$	$1,79 \times 10^{-4}$
4	$7,08 \times 10^{-8}$	$1,79 \times 10^{-4}$
5	$5,91 \times 10^{-8}$	$1,79 \times 10^{-4}$
6	$1,36 \times 10^{-7}$	$1,87 \times 10^{-4}$
7	$1,01 \times 10^{-7}$	$1,83 \times 10^{-4}$
8	$1,31 \times 10^{-7}$	$1,93 \times 10^{-4}$
9	$7,97 \times 10^{-8}$	$1,92 \times 10^{-4}$
10	$1,38 \times 10^{-7}$	$1,93 \times 10^{-4}$
11	$1,21 \times 10^{-7}$	$1,89 \times 10^{-4}$
12	$7,47 \times 10^{-8}$	$1,89 \times 10^{-4}$
13	$3,47 \times 10^{-8}$	$1,83 \times 10^{-4}$
14	$2,92 \times 10^{-8}$	$1,85 \times 10^{-4}$
15	$1,93 \times 10^{-8}$	$1,85 \times 10^{-4}$
16	$1,78 \times 10^{-8}$	$1,83 \times 10^{-4}$
17	$2,17 \times 10^{-8}$	$1,83 \times 10^{-4}$
18	$2,35 \times 10^{-8}$	$1,82 \times 10^{-4}$
19	$2,08 \times 10^{-8}$	$1,78 \times 10^{-4}$
20	$2,12 \times 10^{-8}$	$1,82 \times 10^{-4}$
21	$1,40 \times 10^{-8}$	$1,89 \times 10^{-4}$
22	$1,45 \times 10^{-8}$	$1,89 \times 10^{-4}$
23	$1,27 \times 10^{-8}$	$1,91 \times 10^{-4}$
24	$1,08 \times 10^{-8}$	$1,90 \times 10^{-4}$
25	$3,29 \times 10^{-8}$	$2,08 \times 10^{-4}$
26	$4,05 \times 10^{-8}$	$2,14 \times 10^{-4}$
27	$3,63 \times 10^{-8}$	$2,17 \times 10^{-4}$
28	$4,24 \times 10^{-8}$	$2,21 \times 10^{-4}$
29	$4,07 \times 10^{-8}$	$2,26 \times 10^{-4}$
30	$3,70 \times 10^{-8}$	$2,25 \times 10^{-4}$
31	$3,69 \times 10^{-8}$	$2,23 \times 10^{-4}$
32	$4,69 \times 10^{-8}$	$2,24 \times 10^{-4}$
33	$4,53 \times 10^{-8}$	$2,20 \times 10^{-4}$
34	$3,87 \times 10^{-8}$	$2,19 \times 10^{-4}$
35	$3,99 \times 10^{-8}$	$2,17 \times 10^{-4}$
36	$3,94 \times 10^{-8}$	$2,16 \times 10^{-4}$

вому) уровню риска. Индексы опасности для острых ингаляционных воздействий, определённые с учётом фоновое загрязнения атмосферного воздуха, также не превышают единицу и находятся в пределах от 0,381 до 0,475 в зависимости от зоны воздействия, соответствуя минимальному (целевому) уровню риска. Значения индексов опасности при хронических ингаляционных воздействиях

с учётом фона соответствуют настораживающему уровню риска в ТВК №№ 16–20, составляя 3,084–3,800. В остальных точках индексы опасности находятся на допустимом уровне.

Индексы опасности по критическим органам и системам, на которые оказывается наибольшее неблагоприятное влияние токсичных веществ, не превышают единицу как при острых, так и при хронических ингаляционных воздействиях. Такой уровень риска оценивается как минимальный (целевой). При остром воздействии на органы и системы с учётом фона значения индексов опасности также составляют менее единицы, что является минимальным (целевым) уровнем риска. При хроническом воздействии с учётом фона выявлено особое воздействие на органы дыхания и кровь. Влияние на дыхательную систему в ТВК 1–16, 21–36 характеризуется как допустимое (индекс опасности находится в пределах от 1,573 до 2,887), в ТВК 17–20 — как настораживающее (индекс опасности — в пределах от 3,117 до 3,616). Влияние на кровь в ТВК 1–17, 21–36 характеризуется как допустимое (индекс опасности находится в пределах от 1,177 до 2,943), в ТВК 18–20 — как настораживающее (индекс опасности — в пределах от 3,090 до 3,433).

В **таблице 2** представлены значения суммарного индивидуального канцерогенного риска, обусловленного воздействием углерода (сажи) и хрома (VI), по точкам воздействия как без учёта фонового воздействия загрязняющих веществ, так и с учётом фона.

Согласно полученным результатам, суммарный индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения Новокузнецка, обусловленный выбросами ОАО «Гидромаш», не превышает допустимый уровень (1×10^{-4}), находясь в пределах от $1,08 \times 10^{-8}$ до $2,43 \times 10^{-7}$ в зависимости от расположения ТВК. Удельный вес хрома (VI) в формировании уровня риска является преобладающим (около 99%). Суммарный индивидуальный канцерогенный риск, рассчитанный с учётом фонового воздействия токсичных веществ, превышает верхнюю границу допустимого риска во всех точках воздействия, составляя $1,79 \times 10^{-4}$ – $2,26 \times 10^{-4}$, что соответствует настораживающему уровню риска. Удельный вес хрома (VI) в формировании уровня суммарного канцерогенного риска с учётом фона составляет 75–85% в разных ТВК.

Обсуждение. Интенсивное развитие многих отраслей промышленности привело к формированию в Новокузнецке напряженной экологической ситуации [13–14].

Проведённое исследование показало, что значения канцерогенного и неканцерогенных рисков от влияния атмосферных загрязнителей машиностроительного завода (диоксида азота, оксида углерода, диоксида серы, углерода (сажи), неорганической пыли, шестивалентного хрома) соответствуют минимальному (целевому) уровню. При этом выявлено, что значения индексов опасности при хронических ингаляционных воздействиях с учётом фонового загрязнения атмосферы соответствуют настораживающему уровню риска в пяти точках, составляя 3,084–3,800. При хроническом воздействии с учётом фона существует настораживающий уровень риска по влиянию на органы дыхания (в четырёх точках индекс опасности составил 3,117 до 3,616) и кровь (в трёх точках индекс опасности был в пределах от 3,090 до 3,433). Суммарный индивидуальный канцерогенный риск с учётом фона составляет $1,79 \times 10^{-4}$ – $2,26 \times 10^{-4}$, соответствуя настораживающему уровню.

С 2019 г. в России в рамках национального проекта «Экология» реализуется федеральный проект «Чистый воздух», направленный на улучшение состояния воздушной среды. 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 является Новокузнецк. Комплексный природоохранный план города содержит 19 мероприятий и реализуется за счёт снижения выбросов на промышленных предприятиях [15].

Использованная в работе методология оценки риска позволила определить основные загрязняющие вещества, вносящие наибольший вклад в формирование риска для здоровья населения, установить особенности формирования загрязнения атмосферы Новокузнецка, а также выявить наиболее неблагоприятные для проживания районы города по уровням рисков, что подтверждается другими исследованиями [16–20].

Заключение. Проведённое исследование показало, что риски от воздействия атмосферных выбросов машиностроительного завода соответствуют минимальному (целевому) уровню. Фоновые концентрации токсичных веществ при хронических ингаляционных воздействиях определяют настораживающий уровень неканцерогенного риска в пяти точках, а также настораживающий уровень канцерогенного риска во всех точках воздействия, что является следствием общей неблагоприятной экологической ситуации в Новокузнецке.

Список литературы

1. Ярошевич Н.Ю. Машиностроение России: тренды современного развития. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2022; 8: 222–7. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-8-222-227> <https://elibrary.ru/kmdnua>
2. Веселая А.С., Бажанов В.А. Машиностроение Сибири: возможности развития в условиях современных вызовов. *Мир экономики и управления*. 2018; 18(4): 27–41. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2018-18-4-27-41> <https://elibrary.ru/zipito>
3. Соколов А.В., Бажанов В.А. Машиностроение Азиатской части России: состояние, перспективы. *Экономика. Профессия. Бизнес*. 2022; 2: 86–97. <https://doi.org/10.14258/epb202226> <https://elibrary.ru/hmxxzf>
4. 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/sjqpcz>
5. Лебедева-Несевря Н.А., Барг А.О., Корнилицина 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>
6. 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/tyccct>
7. Рябов В.А., Мамасев П.С., Егорова Н.Т. Антропогенная нагрузка на природную среду как фактор, формирующий ка-

- чество жизни населения индустриального Кузбасса. *Экология урбанизированных территорий*. 2018; 2: 84–90. <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2018-12084> <https://elibrary.ru/xxrpmnd>
8. Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Корсакова Т.Г., Мотуз И.Ю., Штайгер В.А. О реализации эколого-гигиенических исследований в промышленном регионе. *Медицина в Кузбассе*. 2021; 20(3): 32–8. <https://doi.org/10.24412/2687-0053-2021-3-32-38> <https://elibrary.ru/ybwdgv>
 9. 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. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(7): 468–73. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-468-473> <https://elibrary.ru/kxbtoy>
 10. Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Май И.В., Шур П.З. Развитие методологии анализа риска нарушения здоровья государственного управления санитарно-эпидемиологическим благополучием населения. *Анализ риска здоровью*. 2022; 3: 4–20. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.3.01> <https://elibrary.ru/imrune>
 11. Кузьмин С.В., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицын 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>
 12. Ракитский В.Н., Кузьмин С.В., Авалиани С.А., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицын В.А. Современные вызовы и пути совершенствования оценки и управления рисками здоровью населения. *Анализ риска здоровью*. 2020; 3: 23–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.03> <https://elibrary.ru/wsouds>
 13. Цивилев 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>
 14. 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/hxemnx>
 15. Савина И.Н., Водолеев 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/fuyqv>
 16. Май И.В., Зайцева Н.В. Показатели риска и вреда здоровью населения в системе новых механизмов мониторинга и управления качеством воздуха. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНИСО*. 2022; 30(10): 7–15. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-7-15> <https://elibrary.ru/seitzk>
 17. Кузьмин С.В., Авалиани С.А., Додина Н.С., Шашина Т.А., Кислицын В.А., Сеницына 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>
 18. 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>
 19. 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/omvkle>
 20. 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 — ЗНИСО*. 2022; 30(3): 44–52. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-3-44-52> <https://elibrary.ru/vfnfsm>

References

1. Yaroshevich N.Yu. Machine building in Russia: trends in modern development. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*. 2023; 8: 222–7. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2023-8-222-227> <https://elibrary.ru/> (in Russian).
2. Veselaya L.S., Bazhanov V.A. Mechanical engineering of Siberia: development possibilities in the face of contemporary challenges. *Mir ekonomiki i upravleniya*. 2018; 18(4): 27–41. <https://doi.org/10.25205/2542-0429-2018-18-4-27-41> <https://elibrary.ru/zipito> (in Russian).
3. Sokolov A.V., Bazhanov V.A. Mechanical engineering of the Asian part of Russia: state, prospects. *Ekonomika. Professiya. Biznes*. 2022; 2: 86–97. <https://doi.org/10.14258/epb202226> <https://elibrary.ru/hmxzaf> (in Russian).
4. 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*. 2022; 101(4): 459–67. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-459-467> <https://elibrary.ru/sjqpzc> (in Russian).
5. Lebedeva-Nesevrya N.A., Barg A.O., Kornilitsyna M.D. Assessment of estimating people's satisfaction with ambient air quality in a city participating in the "Clean air" Federal project. *Gigiena i sanitariya*. 2023; 102(5): 426–32. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-426-432> <https://elibrary.ru/dnckdv> (in Russian).
6. Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Shtaiher 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*. 2021; 100(7): 663–7. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667> <https://elibrary.ru/tycctc> (in Russian).
7. Ryabov V.A., Mamasyov 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 territoriy*. 2018; 2: 84–90. <https://doi.org/10.24411/1816-1863-2018-12084> <https://elibrary.ru/xxrpmnd> (in Russian).
8. Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Korsakova T.G., Motuz I.Yu., Shtaiher V.A. On the implementation of ecological and hygienic research in the industrial region. *Meditsina v Kuzbasse*. 2021; 20(3): 32–8. <https://doi.org/10.24412/2687-0053-2021-3-32-38> <https://elibrary.ru/ybwdgv> (in Russian).
9. 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).
10. Zaitseva N.V., Onishchenko G.G., May I.V., Shur P.Z. Developing the methodology for health risk assessment within public management of sanitary-epidemiological welfare of the population. *Analiz riska zdorov'ju*. 2022; 3: 4–20. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.3.01> <https://elibrary.ru/imrune>

- org/10.21668/health.risk/2022.3.01.eng <https://elibrary.ru/nacyf>
11. 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*. 2022; 101(10): 1145–50. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1145-1150> <https://elibrary.ru/eplgkr> (in Russian).
 12. Rakitskii V.N., Kuz'min S.V., Avaliani S.L., Shashina T.A., Dodina N.S., Kislitsin V.A. Contemporary challenges and ways to improve health risk assessment and management. *Analiz riska zdorov'ju*. 2020; 3: 22–8. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.03.eng> <https://elibrary.ru/nfkzxx>
 13. Tsvilev 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).
 14. 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/hxemnxx> (in Russian).
 15. 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. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Chernaya metallurgiya*. 2020; 63(7): 512–20. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2020-7-512-520> <https://elibrary.ru/fyyqvi> (in Russian).
 16. May I.V., Zaitseva N.V. Population health risk and harm indicators in the system of new mechanisms for air quality monitoring and management. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya* — ZNISO. 2022; 30(10): 7–15. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-7-15> <https://elibrary.ru/seitzk> (in Russian).
 17. Kuzmin 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 sanitariya*. 2021; 100(9): 890–6. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-890-896> <https://elibrary.ru/sybxwe> (in Russian).
 18. 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 management of monitoring and the formation of complex plans for air protection measures of the federal project "Clean Air". *Gigiena i sanitariya*. 2021; 100(10): 1043–51. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1043-1051> <https://elibrary.ru/ohsroc> (in Russian).
 19. 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. *Health Risk Analysis*. 2023; 1: 4–12. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.1.01.eng> <https://elibrary.ru/daavxq>
 20. 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'ye 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).

Сведения об авторах:

Кислицына Вера Викторовна

ведущий научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды, канд. мед. наук.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0002-2495-6731>

Суржигов Дмитрий Вячеславович

заведующий лабораторией экологии человека и гигиены окружающей среды, д-р биол. наук, доцент.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0002-7469-4178>

Голиков Роман Анатольевич

старший научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды, канд. мед. наук.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0003-3112-2919>

Ликонцева Юлия Сергеевна

научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0002-8468-2533>

Мотуз Ирэна Юрьевна

старший научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0003-2398-1828>**About the authors:**

Vera V. Kislitsyna

Leading Researcher, Laboratory of Human Ecology and Environmental Health, Cand. Of Sci. (Med.).

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0002-2495-6731>

Dmitry V. Surzhikov

Head of Laboratory of Human Ecology and Environmental Health, Dr. of Sci. (Med.), Associate Professor.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0002-7469-4178>

Roman A. Golikov

Senior Researcher, Laboratory of Human Ecology and Environmental Health, Cand. Of Sci. (Med.).

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0003-3112-2919>

Yuliya S. Likontseva

Researcher, Laboratory of Human Ecology and Environmental Health.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0002-8468-2533>

Irena Yu. Motuz

Senior Researcher, Laboratory of Human Ecology and Environmental Health.

E-mail: ecologia_nie@mail.ru<https://orcid.org/0000-0003-2398-1828>