

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

Читать онлайн  
Read online

**Суржиков Д.В.<sup>1</sup>, Кислицына В.В.<sup>1</sup>, Голиков Р.А.<sup>1</sup>, Ликонцева Ю.С.<sup>1</sup>, Торопчин М.А.<sup>2</sup>**

## Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, содержащихся в воде централизованной системы водоснабжения промышленного города

<sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк, Россия;

<sup>2</sup>Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе» в городе Новокузнецке и Новокузнецком районе, 654032, Новокузнецк, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Качество воды, подаваемой потребителям с помощью централизованной системы водоснабжения, является одним из основных факторов среди обитания, определяющих здоровье населения. Обеспечение жителей полноценной питьевой водой остаётся актуальной задачей во многих регионах России.

**Цель исследования –** оценить риск для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих питьевую воду промышленного города.

**Материалы и методы.** Местом проведения исследования стал Новокузнецк Кемеровской области – город, в котором функционируют предприятия многих отраслей промышленности. Изучены среднегодовые концентрации 18 химических примесей в водопроводной воде за 2021–2023 гг. Рассчитаны значения неканцерогенного и канцерогенного рисков для здоровья населения, а также риска хронической интоксикации.

**Результаты.** Средние концентрации загрязняющих веществ в воде централизованной системы водоснабжения Новокузнецка не превышают гигиенических нормативов. Неканцерогенный риск минимален, все рассчитанные коэффициенты опасности при хроническом пероральном поступлении токсикантов не превышают 0,1. Максимальный вклад (39,1%) в формирование неканцерогенного риска вносит хлороформ ( $HQ = 0,086$ ). Для потребителей воды основными критическими органами и системами являются кровь ( $HI = 0,16$ ), центральная нервная система ( $HI = 0,1$ ), почки ( $HI = 0,097$ ). Приоритетные примеси, оказывающие воздействие на кровь, – марганец, нитраты и хлороформ; на центральную нервную систему – марганец и хлороформ; на почки – хлороформ и кадмий. Суммарный индивидуальный канцерогенный риск ( $CR$ ) составил  $1,44 \cdot 10^{-5}$ , что превышает приемлемый уровень ( $1,0 \cdot 10^{-5}$ ). Основной вклад в формирование этого риска вносят бромдихлорметан (44,2%), хлороформ (36,3%), дигромдихлорметан (10%), кадмий (7,5%). Суммарный риск хронической интоксикации равен 0,017 (приемлемый уровень – 0,05). Наибольший удельный вес имеют хлороформ (51,18%), бромдихлорметан (12,35%), бенз(а)пирен (10%), кадмий (10%).

**Ограничения исследования** связаны с оценкой риска для здоровья при воздействии химических примесей водопроводной воды, по которым определяли концентрации.

**Заключение.** Содержание галогенорганических соединений в водопроводной воде определяет формирование канцерогенного риска для здоровья потребителей даже при концентрациях, не превышающих гигиенических нормативов.

**Ключевые слова:** риски для здоровья; питьевая вода; химические примеси; централизованная система водоснабжения; промышленный город

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

**Для цитирования:** Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Голиков Р.А., Ликонцева Ю.С., Торопчин М.А. Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, содержащихся в воде централизованной системы водоснабжения промышленного города. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(4): 524–530. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-4-524-530> <https://elibRARY.ru/jluiipy>

**Для корреспонденции:** Кислицына Вера Викторовна, e-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Участие авторов:** Суржиков Д.В. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Кислицына В.В. – обзор литературы, написание текста, редактирование; Голиков Р.А. – сбор и обработка данных; Ликонцева Ю.С. – сбор и обработка данных, написание текста; Торопчин М.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: 04.12.2024 / Принята к печати: 26.03.2025 / Опубликована: 30.04.2025

**Dmitry V. Surzhikov<sup>1</sup>, Vera V. Kislytsyna<sup>1</sup>, Roman A. Golikov<sup>1</sup>, Yuliya S. Likontseva<sup>1</sup>,  
Mikhail A. Toropchin<sup>2</sup>**

## Assessment of the risk to public health from exposure to chemicals contained in the water of the centralized water supply system of an industrial city

<sup>1</sup>Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation;

<sup>2</sup>Branch of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Kemerovo Region – Kuzbass in the city of Novokuznetsk and Novokuznetsk District, Novokuznetsk, 654032, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The quality of water supplied to consumers through centralized water supply networks is one of the main environmental factors that determines the health of the population. Provision of residents with full-value drinking water remains an urgent task in many regions of Russia.

**The study aim** was to determine the impact of chemical contamination of drinking water on the health of the population of an industrial city on the base of a risk assessment.

**Materials and methods.** This study was conducted in the city of Novokuznetsk in the Kemerovo region, where large enterprises of many industries operate. An analysis of average annual concentrations of eighteen chemical impurities in tap water for 2021–2023 was conducted. The values of non-carcinogenic and carcinogenic risks to public health, as well as the risk of chronic intoxication, were calculated.

**Results.** Average concentrations of pollutants in the water of the centralized water supply system of Novokuznetsk do not exceed the relevant hygienic standards. The non-carcinogenic risk is at a minimal level; all calculated hazard coefficients for chronic oral intake of toxicants do not exceed 0.1. The maximum contribution (39.1%) to the formation of non-carcinogenic risk is made by chloroform ( $HQ$  was 0.086). The main critical organs and systems of consumers are blood ( $HI$  is 0.16), central nervous system ( $HI=0.10$ ), kidneys ( $HI=0.097$ ). The priority impurities affecting the blood are manganese, nitrates, and chloroform; manganese and chloroform influence on the central nervous system, and chloroform and cadmium – on the kidneys. The total individual carcinogenic risk ( $CR$ ) was  $1.44 \times 10^{-5}$ , which exceeds the acceptable level ( $1 \times 10^{-5}$ ). The main contribution to the formation of this type of risk is made by bromodichloromethane (44.2%), chloroform (36.3%), dibromochloromethane (10.0%), cadmium (7.5%). The total risk of chronic intoxication is 0.017 with an acceptable level of 0.05. Chloroform (51.18%), bromodichloromethane (12.35%), benz(a)pyrene (10.0%), and cadmium (10.0%) have the highest specific gravity.

**Limitations** were consisted of assessing the health risks from the influence of chemical impurities in tap water, which were used to determine concentrations.

**Conclusion.** The content of chlorine compounds in tap water determines the formation of a carcinogenic risk to the health of consumers even at the concentrations of chemical impurities below established hygienic standards.

**Keywords:** health risks; drinking water; chemical impurities; centralized water supply system; industrial city

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

**For citation:** Surzhikov D.V., Kislytsyna V.V., Golikov R.A., Likontseva Yu.S., Toropchin M.A. Assessment of the risk to public health from the exposure to chemicals contained in the water of the centralized water supply system of an industrial city. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(4): 524–530. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-4-524-530> <https://elibrary.ru/jluipy> (In Russ.)

**For correspondence:** Vera V. Kislytsyna, e-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Contribution:** Surzhikov D.V. – concept and design of the study, writing the text, editing; Kislytsyna V.V. – literature review, writing the text, editing; Golikov R.A. – collection and processing of material; Likontseva Yu.S. – collection and processing of material, writing the text; Toropchin M.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 4, 2025 / Accepted: March 26, 2025 / Published: April 30, 2025

## Введение

Качество воды, подаваемой потребителям с помощью централизованных систем водоснабжения, является одним из основных факторов среды обитания, определяющих здоровье населения. Обеспечение жителей полноценной питьевой водой остаётся актуальной задачей во многих регионах России [1]. Безопасность и качество водопроводной воды зависят от состояния поверхностных и подземных источников водоснабжения, надёжности работы водозаборов, технических характеристик распределительных сетей и резервуаров для хранения воды. Кроме того, большое значение для обеспечения населения качественной питьевой водой имеют своевременный контроль её состояния и эффективное управление всеми объектами централизованного водоснабжения [2].

Состояние питьевой воды часто не соответствует необходимым гигиеническим требованиям, так как источники централизованного водоснабжения подвергаются интенсивному техногенному загрязнению, гидротехнические сооружения не имеют достаточной надёжности, нередко используются устаревшие технологии водоподготовки. Все перечисленные факторы определяют необходимость улучшения очистки сбрасываемых в водоёмы промышленных и бытовых сточных вод, внедрения современных технологий подготовки питьевой воды, усиления надзорных мер и совершенствования водного законодательства [3].

Кроме того, технология обработки питьевой воды предполагает добавление химических веществ. Основным методом обеспечения безопасности водопроводной воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения остаётся её химическое обеззараживание с применением хлорсодержащих соединений. Загрязнение питьевой воды химическими веществами способно оказывать как немедленное воздействие на здоровье, так и представлять опасность при длительной экспозиции [4, 5]. Показано влияние токсикантов водопроводной воды на формирование хронических болезней желудочно-кишечного тракта, нервной и эндокринной систем, злокачественных новообразований [6]. Оценка риска для здоровья потребителей при воздействии химических загрязнителей питьевой воды является актуальной гигиенической задачей.

**Цель исследования** – установление с помощью оценки риска влияния химического загрязнения питьевой воды на здоровье населения промышленного города.

## Материалы и методы

Местом проведения исследования стал Новокузнецк Кемеровской области – город, в котором функционируют предприятия многих отраслей промышленности (чёрная и цветная металлургия, угледобыча, теплоэнергетика, строительство), определяющие техногенное загрязнение источников водоснабжения. Река Томь является поверхностным источником водоснабжения Новокузнецка, доля поверхностной воды в системе водоснабжения составляет 60%. Вода характеризуется как загрязнённая, класс качества ЗА. Основными химическими соединениями, формирующими загрязнение, являются железо общее, марганец и фенолы летучие [7]. Забор речной воды осуществляется Драгунским и Левобережным ковшевыми водозаборами. Для очистки речной воды её смешивают с реагентами, отстаивают в осветителях, фильтруют, обеззараживают с использованием хлора и гипохлорита натрия.

Удельный вес воды, поступающей из подземных водоисточников, в системе водоснабжения города составляет 40%. Скважины глубиной 15–20 м расположены на двух площадках. Вода подземных источников соответствует гигиеническим нормативам по качеству, характеризуется низкой жёсткостью и сбалансированным химическим составом, поэтому проводится только её обеззараживание без дополнительной очистки.

При подаче потребителям происходит смешивание подземной воды и воды поверхностного источника. В жилой сектор и на промышленные предприятия питьевая вода подаётся по сложной системе, состоящей из 900 км водопроводных сетей, 100 насосных станций, 36 резервуаров чистой воды общим объёмом 60 тыс. м<sup>3</sup>. Среднее потребление питьевой воды населением Новокузнецка составляет 210–270 тыс. м<sup>3</sup>/сут [8]. Всего в 2021 г. на хозяйствственно-питьевые нужды в городе было израсходовано 39 275,73 тыс. м<sup>3</sup> воды, в 2022 г. – 32 690,69 тыс. м<sup>3</sup>, в 2023 г. – 32 584,83 тыс. м<sup>3</sup>. Питьевой водой, соответствующей гигиеническим требованиям, обеспечено 97,3% населения города, условно доброкачественной водой – 2,6% [7].

Контроль качества питьевой воды в Новокузнецке выполняет филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбасс» в городе Новокузнецке и Новокузнецком районе. В 2021–2023 гг. проводился контроль химических загрязнителей питьевой воды. В оценку риска для здоровья населения при потреблении водопроводной воды были включены 18 веществ. За три года число

проб водопроводной воды, в которых определяли содержание загрязняющих веществ, составило от 86 (сульфаты) до 1559 (железо). Доля проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в 2021 г. составила 0,3%, в 2022 г. – 3,3%, в 2023 г. – 1,1%. Такие показатели качества питьевой воды централизованного водоснабжения, как запах, привкус, цветность, окраска, мутность, соответствовали нормативам. Значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ определяли в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21<sup>1</sup>.

Рассчитывали неканцерогенный и канцерогенный риски<sup>2</sup>, а также риск хронической интоксикации при воздействии химических примесей<sup>3</sup>, содержащихся в водопроводной воде. Для оценки риска использовали средние концентрации загрязняющих веществ в питьевой воде Новокузнецка, рассчитанные за период 2021–2023 гг. Риск развития неканцерогенных эффектов при воздействии отдельных веществ устанавливали по расчёту коэффициента опасности (HQ), который зависит от средней концентрации химического вещества в питьевой воде, величины референтной дозы, суточного объёма потребляемой воды (2 л) и среднего веса взрослого человека (70 кг). Риск неканцерогенных эффектов при одновременном поступлении нескольких веществ пероральным путём с воздействием на критические органы (системы) оценивали по индексу опасности (HI). Индивидуальный канцерогенный риск (CR) зависит от средней концентрации канцерогена в питьевой воде, характерного для него фактора канцерогенного потенциала при пероральном пути поступления, суточного объёма потребления воды (2 л) и среднего веса взрослого человека (70 кг)<sup>4</sup>.

Риск хронической интоксикации (беспороговый неканцерогенный риск) зависит от средней концентрации химического соединения в питьевой воде, предельно допустимой концентрации и коэффициента запаса. Коэффициент запаса принимается равным 100 у веществ с выраженной вероятностью отдалённых последствий и 10 у остальных веществ. Данный тип риска показывает вероятностное получение индивидуумом хронической патологии, индуцируемой воздействием химических веществ, определяемых в питьевой воде распределительной сети. Приемлемый уровень риска хронической интоксикации (беспорогового неканцерогенного риска) составляет 0,05<sup>5</sup>.

## Результаты

В табл. 1 приведены средние концентрации химических веществ в питьевой воде распределительной сети Новокузнецка за период 2021–2023 гг.

Средние концентрации загрязняющих веществ в воде централизованной системы водоснабжения Новокузнецка не превышают соответствующих ПДК, при этом содержание хлороформа составило 0,5 ПДК, железа – 0,15 ПДК, бромдихлорметана – 0,12 ПДК. Наибольшая средняя концентрация выявлена у сульфатов – 20,17 мг/л.

Рассчитанные коэффициенты опасности (HQ) влияния хронического перорального поступления загрязняющих веществ с питьевой водой представлены в табл. 2.

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023.

<sup>3</sup> Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности: МР 2.1.4.0032–11. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2011.

<sup>4</sup> 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 защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023.

<sup>5</sup> Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности: МР 2.1.4.0032–11. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2011.

Таблица 1 / Table 1

Средние концентрации химических веществ в питьевой воде распределительной сети г. Новокузнецка за период 2021–2023 гг.  
Average concentrations of chemicals in tap water in Novokuznetsk over the period of 2021–2023

Вещество Substance	Средняя концентрация, мг/л Average concentration, mg/L	ПДК, мг/л MAC, mg/L	Доля ПДК MAC fraction
Нитриты / Nitrites	0.003	3.0	0.001
Железо / Iron	0.045	0.3	0.15
Медь / Copper	0.002	1.0	0.002
Нитраты / Nitrates	2.63	45.0	0.06
Цинк / Zinc	0.008	5.0	0.0017
Марганец / Manganese	0.003	0.1	0.03
Алюминий / Aluminum	0.004	0.2	0.02
Бор / Boron	0.0045	0.5	0.009
Никель / Nickel	0.00012	0.02	0.006
Свинец / Lead	0.00006	0.01	0.006
Фториды / Fluorides	0.09	1.5	0.06
Хлороформ / Chloroform	0.03	0.06	0.5
Бромдихлорметан	0.0036	0.03	0.12
Дибромдихлорметан	0.0006	0.03	0.02
Сульфаты / Sulfates	20.17	500.0	0.04
Хлориды / Chlorides	8.30	350.0	0.02
Бенз(а)пирен	0.000001	0.00001	0.1
Benzo(a)pyrene			
Кадмий / Cadmium	0.0001	0.001	0.1

Таблица 2 / Table 2

Коэффициенты опасности при поступлении химических веществ с питьевой водой распределительной сети Новокузнецка  
Hazard quotients due to the entering chemicals with drinking water of the distribution network of Novokuznetsk

Вещество Substance	Коэффициент опасности Hazard quotient	Вклад в суммарный показатель, % Contribution to the total indicator, %
Нитриты / Nitrites	0.0009	0.4
Железо / Iron	0.004	1.8
Медь / Copper	0.003	1.4
Нитраты / Nitrates	0.047	21.4
Цинк / Zinc	0.0008	0.4
Марганец / Manganese	0.017	7.7
Алюминий / Aluminum	0.0001	0.05
Бор / Boron	0.0014	0.64
Никель / Nickel	0.0002	0.09
Свинец / Lead	0.0005	0.23
Фториды / Fluorides	0.043	19.5
Хлороформ / Chloroform	0.086	39.1
Бромдихлорметан	0.005	2.3
Бромдихлорметан	0.0009	0.4
Бенз(а)пирен	0.0001	0.05
Benzo(a)pyrene		
Кадмий / Cadmium	0.006	2.7
Суммарно	0.22	100.0
Total		

Таблица 3 / Table 3

**Индексы опасности для отдельных критических органов и систем организма населения при потреблении питьевой воды распределительной сети Новокузнецка**

Hazard indices for specific critical body organs and systems in population under consuming drinking water of the distribution network of Novokuznetsk

Органы, системы организма Organs, systems of the body	Индекс опасности Hazard index	Химические вещества, определяющие индекс опасности Chemicals determining the hazard index
Кровь / Blood	0.16	Марганец, нитраты, хлороформ, нитриты, железо, цинк, никель, свинец / Manganese, nitrates, chloroform, nitrites, iron, zinc, nickel, lead
Слизистые оболочки / Mucous membranes	0.004	Железо / Iron
Кожа / Skin	0.004	Железо / Iron
Иммунная система / Immune system	0.004	Железо / Iron
Желудочно-кишечный тракт / Gastrointestinal tract	0.005	Медь, бор, никель / Copper, boron, nickel
Печень / Liver	0.095	Хлороформ, бромдихлорметан, медь, никель, дигромхлорметан Chloroform, bromodichloromethane, copper, nickel, dibromochloromethane
Система кровообращения / Cardiovascular system	0.05	Нитраты, никель / Nitrates, nickel
Центральная нервная система Central nervous system	0.10	Марганец, хлороформ, алюминий, свинец Manganese, chloroform, aluminum, lead
Репродуктивная система / Reproductive system	0.0019	Бор, свинец / Boron, lead
Развитие / Development	0.002	Бор, свинец, бенз(а)пирен / Boron, lead, benz(a)pyrene
Зубы / Teeth	0.043	Фториды / Fluorides
Костная система / Skeletal system	0.043	Фториды / Fluorides
Почки / Kidneys	0.097	Хлороформ, бромдихлорметан, кадмий Chloroform, bromodichloromethane, cadmium
Гормональная система / Hormonal system	0.09	Хлороформ, свинец, кадмий / Chloroform, lead, cadmium
Масса тела / Body weight	0.0002	Никель / Nickel

Неканцерогенный риск, связанный с загрязнением водопроводной воды, в Новокузнецке минимален, все рассчитанные коэффициенты опасности при хроническом пероральном поступлении не превышают 0,1. Наибольшие коэффициенты опасности определены для хлороформа ( $HQ = 0,086$ ), нитратов ( $HQ = 0,047$ ), фторидов ( $HQ = 0,043$ ), марганца ( $HQ = 0,017$ ). Вклад хлороформа в суммарный

показатель составил 39,1%, нитратов – 21,4%, фторидов – 19,5%, марганца – 7,7%, кадмия – 2,7%, бромдихлорметана – 2,3%.

Также были определены индексы опасности (HI) для отдельных органов и систем организма, наиболее подверженных воздействию веществ – загрязнителей питьевой воды распределительной сети Новокузнецка (табл. 3).

Основными критическими органами и системами жителей Новокузнецка, потребляющих водопроводную воду, являются кровь ( $HI = 0,16$ ), центральная нервная система ( $HI = 0,1$ ), почки ( $HI = 0,097$ ), печень ( $HI = 0,095$ ), гормональная система ( $HI = 0,09$ ), система кровообращения ( $HI = 0,05$ ). Такие значения индексов опасности соответствуют минимальному уровню. К приоритетным веществам, оказывающим воздействие на кровь, относятся марганец, нитраты и хлороформ; на центральную нервную систему – марганец и хлороформ; на почки и гормональную систему – хлороформ и кадмий; на печень – хлороформ и бромдихлорметан; на систему кровообращения – нитраты.

Полученные значения индивидуального канцерогенного риска (CR) для здоровья представлены в табл. 4.

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск, формируемый загрязнением водопроводной воды, составил  $1,44 \cdot 10^{-5}$ , что выше приемлемого риска ( $1 \cdot 10^{-5}$ ). Основной вклад в формирование суммарного индивидуального канцерогенного риска вносят бромдихлорметан (44,2%), хлороформ (36,3%), дигромхлорметан (10%), кадмий (7,5%).

В табл. 5 приведены рассчитанные значения риска хронической интоксикации (беспорогового неканцерогенного риска), определяемого химическим загрязнением питьевой воды распределительной сети Новокузнецка.

Суммарный риск хронической интоксикации, характеризующий вероятность негативного результата (формирования хронической неканцерогенной патологии) при долговременном воздействии на потребителя химических веществ, загрязняющих питьевую воду, равен 0,017, что не превышает приемлемого уровня (0,05). Наибольший удельный вес в суммарном риске хронической интоксикации определён для хлороформа (51,18%), бромдихлорметана (12,35%), бенз(а)пирена (10%), кадмия (10%).

Таблица 4 / Table 4  
**Индивидуальный канцерогенный риск для здоровья населения при потреблении питьевой воды распределительной сети Новокузнецка**

Individual carcinogenic risk to public health in consuming drinking water of the distribution network of Novokuznetsk

Вещество Substance	Индивидуальный канцерогенный риск Individual carcinogenic risk	Вклад в суммарный риск, % Contribution to total risk, %
Свинец Lead	$8.06 \cdot 10^{-8}$	0.6
Хлороформ Chloroform	$5.23 \cdot 10^{-6}$	36.3
Бромдихлорметан Bromodichloromethane	$6.38 \cdot 10^{-6}$	44.2
Дигромхлорметан Dibromochloromethane	$1.44 \cdot 10^{-6}$	10.0
Бенз(а)пирен Benz(a)pyrene	$2.09 \cdot 10^{-7}$	1.4
Кадмий Cadmium	$1.09 \cdot 10^{-6}$	7.5
Суммарный индивидуальный канцерогенный риск Total individual carcinogenic risk	$1.44 \cdot 10^{-5}$	100.0

Таблица 5 / Table 5

**Риск хронической интоксикации, определяемый химическим загрязнением питьевой воды распределительной сети Новокузнецка**  
**Risk of chronic intoxication determined by chemical pollution of drinking water of the distribution network of Novokuznetsk**

Вещество Substance	Риск хронической интоксикации Risk of chronic intoxication	Вклад в суммарный риск хронической интоксикации, % Contribution to total risk, %
Нитриты Nitrites	0.0000174	0.10
Медь Copper	0.0000349	0.21
Нитраты Nitrates	0.001	5.88
Цинк Zinc	0.0000279	0.16
Бор Boron	0.0002	1.18
Никель Nickel	0.0001	0.59
Свинец Lead	0.0003	1.76
Фториды Fluorides	0.0010	5.88
Хлороформ Chloroform	0.0087	51.18
Бромдихлорметан Bromodichloromethane	0.0021	12.35
Дибромхлорметан Dibromochloromethane	0.0003	1.76
Бенз(а)пирен Benzo(a)pyrene	0.0017	10.00
Кадмий Cadmium	0.0017	10.00
Суммарный риск хронической интоксикации Total risk of chronic intoxication	0.017	100

## Обсуждение

Важным условием сохранения здоровья населения является обеспечение потребителей качественной питьевой водой. Это названо основной целью реализации федерального проекта «Чистая вода»<sup>6</sup>, входящего в национальный проект «Жильё и городская среда». Поставленная цель должна достигаться путём модернизации систем водоснабжения с применением перспективных технологий водоподготовки [9–12]. Паспорт регионального проекта «Чистая вода» по Кемеровской области – Кузбассу утверждён распоряжением Коллегии Администрации Кемеровской области от 11.12.2018 г. № 635-р [13].

Проведённое в Новокузнецке исследование показало высокое качество водопроводной воды: средние концентрации всех 18 химических веществ не превышали соответствующих ПДК. Неканцерогенный риск при воздействии питьевой воды находится на минимальном уровне, все коэффициенты опасности (HQ) при хроническом пероральном поступлении веществ не превышают 0,1. Максимальный вклад

(39,1%) в формирование неканцерогенного риска вносит хлороформ (HQ = 0,086). Органами и системами, наиболее подверженными влиянию питьевой воды, являются кровь (HI = 0,16), центральная нервная система (HI = 0,1), почки (HI = 0,097), печень (HI = 0,095). Такие значения индексов опасности соответствуют минимальному уровню. Марганец, нитраты и хлороформ являются приоритетными веществами, оказывающими воздействие на кровь; марганец и хлороформ – на центральную нервную систему; хлороформ и кадмий – на почки.

Суммарный индивидуальный канцерогенный риск, формируемый загрязнением водопроводной воды, составил  $1,44 \cdot 10^{-5}$ , что превышает приемлемый риск ( $1 \cdot 10^{-5}$ ). Приоритетными загрязнителями, определяющими развитие канцерогенных эффектов, являются хлорсодержащие вещества: бромдихлорметан (44,2%), хлороформ (36,3%) и дибромхлорметан (10%).

Оценка риска хронической интоксикации показала, что вероятность развития у потребителей хронической патологии равна 0,017 при приемлемом уровне 0,05. Наибольший вклад в формирование суммарного риска хронической интоксикации вносят хлороформ (51,18%), бромдихлорметан (12,35%), бенз(а)пирен (10%), кадмий (10%).

Результаты настоящей работы позволили установить количественные значения рисков для здоровья населения, связанных с качеством питьевой воды. Полученные значения уровней рисков согласуются с аналогичными исследованиями, проведёнными в Самарской и Омской областях, Республике Башкортостан, Арктической зоне и других регионах России [6, 14–16]. Обеззараживание воды с помощью хлорирования является причиной образования галогенорганических соединений, тем не менее хлорирование воды широко распространено благодаря высокому бактерицидному эффекту [17]. Для уменьшения канцерогенного риска, обусловленного наличием в воде хлорсодержащих веществ, в настоящее время внедряются современные технологии водоподготовки с применением обеззараживания ультрафиолетовым облучением или использования комбинированного метода, сочетающего преаммонизацию с последующим хлорированием, а также ряд других способов [4, 18, 19]. Методология оценки риска позволяет определить приоритетные вещества, содержащиеся в питьевой воде централизованных сетей водоснабжения, установить степень негативного влияния на здоровье населения, оценить угрозу одновременного воздействия нескольких химических веществ, что является необходимым этапом контроля безопасности среды обитания [5, 20–22].

**Ограничения исследования** заключались в оценке риска для здоровья при воздействии ограниченного числа химических веществ в питьевой воде распределительной сети Новокузнецка. Оценка риска проведена исключительно при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой.

## Заключение

Проведённое исследование водопроводной воды Новокузнецка показало, что средние концентрации изученных химических веществ за период 2021–2023 гг. не превышают установленных ПДК. Рассчитанные значения суммарного риска хронической интоксикации и неканцерогенного риска соответствуют минимальному уровню. При этом хроническое пероральное поступление загрязняющих веществ определяет формирование суммарного индивидуального канцерогенного риска на уровне выше приемлемого. Таким образом, содержание в питьевой воде соединений хлора в концентрациях ниже ПДК способно приводить к развитию канцерогенных эффектов. Для снижения канцерогенного риска, обусловленного содержанием в воде хлорсодержащих веществ, рекомендуется внедрение современных технологий водоподготовки в практику ООО «Водоканал» Новокузнецка.

<sup>6</sup> Минстрой России. Паспорт федерального проекта «Чистая вода». Доступно по: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/140228/>

## Литература

1. Слесарев В.И. Вода – вещество с уникальными свойствами. *Гигиена и санитария*. 2021; 101(1): 19–24. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-1-19-24> <https://elibrary.ru/fuyeyi> (in Russian)
2. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка питьевого водоснабжения населения Российской Федерации: проблемы и пути рационального их решения. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1158–66. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166> <https://elibrary.ru/hkiarc> (in Russian)
3. Рахманин Ю.А., Розенталь О.М. О повышении достоверности гигиенической оценки качества воды природных источников питьевого водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(11): 1198–202. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1198-1202> <https://elibrary.ru/pnctru> (in Russian)
4. Марченко Б.И., Журавлев П.В., Плуготаренко Н.К., Юхно А.И. Оценка канцерогенного риска от воздействия хлорорганических соединений в воде систем централизованного водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(2): 99–110. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-2-99-110> <https://elibrary.ru/hwwwlw> (in Russian)
5. Хасanova А.А., Четверкина К.В., Маркович Н.И. Определение приоритетных химических веществ для контроля безопасности воды централизованных сетей водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(5): 428–35. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435> <https://elibrary.ru/qntdam> (in Russian)
6. Сазонова О.В., Сергеев А.К., Чупахина Л.В., Рязанова Т.К., Судакова Т.В. Анализ риска здоровью населения, обусловленного загрязнением питьевой воды (опыт Самарской области). *Анализ риска здоровью*. 2021; (2): 41–51. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.2.04> <https://elibrary.ru/efwcd> (in Russian)
7. Министерство природных ресурсов и экологии Кузбасса. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2023 году. 2024. Доступно: [https://ecokem.ru/wp-content/uploads/2024/07/doklad\\_2023.pdf](https://ecokem.ru/wp-content/uploads/2024/07/doklad_2023.pdf)
8. Новокузнецкий водоканал. Производственный цикл водоснабжения и водоотведения. Доступно: [https://vdk.ru/about/proizvodstvennyy\\_tsikl\\_viv/](https://vdk.ru/about/proizvodstvennyy_tsikl_viv/)
9. Кряжев Д.А., Красиков С.И., Карманова Д.С., Боеva Т.В., Boeh V.M. Гигиеническая оценка риска развития эндокринных нарушений, ассоциированных с загрязнением питьевой воды хлорорганическими соединениями. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(3): 255–61. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-255-261> <https://elibrary.ru/yzlzf> (in Russian)
10. Новикова Ю.А., Мясников И.О., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Bashketova N.S. Методические подходы к организации программ мониторинга качества питьевой воды. *Здоровье населения и среда обитания – ZNiSO*. 2020; (10): 4–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-4-8> <https://elibrary.ru/bgoquin> (in Russian)
11. Новикова Ю.А., Friedman K.B., Fedorov B.N., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Mysnikov I.O. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(6): 563–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568> <https://elibrary.ru/ilfwus> (in Russian)
12. Горбанев С.А., Мясников И.О., Новикова Ю.А., Тихонова Н.А. Совершенствование системы управления качеством питьевой воды при реализации федерального проекта «Чистая вода». *Гигиена и санитария*. 2022;
13. Слесарев В.И. Вода – вещество с уникальными свойствами. *Гигиена и санитария (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 101(1): 19–24. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-1-19-24> <https://elibrary.ru/fuyeyi> (in Russian)
14. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О., Овчинникова Е.Л., Колчин А.С., Черкашина М.Н. и др. Интегральная оценка качества питьевой воды Омской области. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(8): 861–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865> <https://elibrary.ru/bsivky> (in Russian)
15. Рахматуллина Л.Р., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Бактыбаева З.Б., Рахматуллина Н.Р. Оценка риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды (на примере нефтяных районов Республики Башкортостан). *Анализ риска здоровью*. 2021; (2): 33–40. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.2.03> <https://elibrary.ru/rhccnx> (in Russian)
16. Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Fedorov B.N., Tikhonova N.A. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах Арктической зоны Российской Федерации. *Вестник Уральской медико-академической науки*. 2019; 16(2): 215–22. <https://elibrary.ru/qblrbz> (in Russian)
17. Жолдакова З.И., Синицына О.О., Мамонов Р.А., Лебедь-Шарлевич Я.И., Печникова И.А. Совершенствование требований к контролю за применением хлорсодержащих веществ. обеззараживания воды. *Здоровье населения и среда обитания – ZNiSO*. 2019; (12): 30–5. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-321-12-30-35> <https://elibrary.ru/ovbygj> (in Russian)
18. Кирпиченкова Е.В., Джикия И.З., Колодина Д.В., Онищенко Г.Г. Гигиеническая эффективность ультрафиолетового обеззараживания воды в централизованных системах питьевого и хозяйствственно-бытового водоснабжения (систематический обзор). *Гигиена и санитария*. 2024; 103(2): 104–12. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-2-104-112> <https://elibrary.ru/lflhjm> (in Russian)
19. Алексеева А.В., Савостикова О.Н. Вопросы использования современных органических реагентов в практике питьевого водоснабжения (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2023; 102(10): 1029–34. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1029-1034> <https://elibrary.ru/ciycok> (in Russian)
20. Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г., Май И.В., Шур П.З. Развитие методологии анализа риска здоровью в задачах 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> (in Russian)
21. Клейн С.В., Векшинина С.А. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения. *Анализ риска здоровью*. 2020; (3): 49–60. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.06> <https://elibrary.ru/tkvfdn> (in Russian)
22. Фридман К.Б., Новикова Ю.А., Белкин А.С. Оценка риска для здоровья в целях гигиенической характеристики систем водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(7): 686–9. <https://elibrary.ru/zfbvz> (in Russian)

## References

1. Slesarev V.I. Water: a substance with unique properties. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 101(1): 19–24. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-1-19-24> <https://elibrary.ru/fuyeyi> (in Russian)
2. Rakhamanin Yu.A., Onishchenko G.G. Hygienic assessment of drinking water supply of the population of the Russian Federation: problems and the way their rational decision. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1158–66. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166> <https://elibrary.ru/hkiarc> (in Russian)
3. Rakhamanin Yu.A., Rosental O.M. On elevating the reliability of the hygienic assessment of water quality of natural sources of drinking water supply. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(11): 1198–202. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1198-1202> <https://elibrary.ru/pncru> (in Russian)
4. Marchenko B.I., Zhuravlev P.V., Plugotarenko N.K., Yuhno A.I. Assessment of carcinogenic risk from exposure to chlororganic compounds of water of systems of centralized water supply. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(2): 99–110. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-2-99-110> <https://elibrary.ru/hwwlf> (in Russian)
5. Khasanova A.A., Chetverkina K.V., Markovich N.I. Determination of priority chemicals of water from centralized supply systems for monitoring water safety. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(5): 428–35. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435> <https://elibrary.ru/qntdam> (in Russian)
6. Sazonova O.V., Sergeev A.K., Chupakhina L.V., Ryazanova T.K., Sudakova T.V. Analyzing health risks caused by contaminated drinking water (experience gained in Samara region). *Health Risk Analysis*. 2021; (2): 42–52. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.2.04> <https://elibrary.ru/hkfzwc> (in Russian)
7. Ministry of Natural Resources and Ecology of Kuzbass. Report on the state and protection of the environment of the Kemerovo region – Kuzbass in 2023; 2024. Available at: [https://ecokem.ru/wp-content/uploads/2024/07/doklad\\_2023.pdf](https://ecokem.ru/wp-content/uploads/2024/07/doklad_2023.pdf) (in Russian)
8. Novokuznetsk Vodokanal. Production cycle of water supply and sanitation. Available at: [https://vdk.ru/about/proizvodstvennyy\\_tsikl\\_viv/](https://vdk.ru/about/proizvodstvennyy_tsikl_viv/) (in Russian)
9. Kryazhev D.A., Krasikov S.I., Karmanova D.S., Boeva T.V., Boeh V.M. Hygienic assessment of the risk of development of metabolic disorders associated with pollution of drinking water with organic chlorinous compounds. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(3): 255–61. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-255-261> <https://elibrary.ru/yzlzf> (in Russian)
10. Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Bashketova N.S. Methodological approaches to organization of drinking water quality monitoring programs. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (10): 4–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-4-8> <https://elibrary.ru/bgoquin> (in Russian)
11. Novikova Yu.A., Friedman K.B., Fedorov V.N., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Myasnikov I.O. About the question of the assessment of the drinking water quality in centralized water systems in the current conditions. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(6): 563–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568> <https://elibrary.ru/ilfwus> (in Russian)
12. Gorbanev S.A., Myasnikov I.O., Novikova Yu.A., Tikhonova N.A. On improving the system of the management of the drinking water quality under implementation of federal project “Clean water”. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1167–73. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1167-1173> <https://elibrary.ru/hvlwhp> (in Russian)
13. State report «On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Kemerovo region – Kuzbass in 2023»; 2024. Available at: <https://42.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/c6c/c6c9b8324091655d1ac7f710c27b9f19.pdf> (in Russian)
14. Novikova Yu.A., Tikhonova N.A., Myasnikov I.O., Ovchinnikova E.L., Kolchin A.S., Cherkashina M.N., et al. Integral assessment of the drinking water quality in the Omsk region. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(8): 861–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865> <https://elibrary.ru/bsivky> (in Russian)
15. Rakhmatullina L.R., Suleymanov R.A., Valeev T.K., Baktybaeva Z.B., Rakhmatullina N.R. Assessing health risks associated with drinking water quality

- (on the example of regions in Bashkortostan where oil fields are located). *Health risk analysis*. 2021; (2): 34–41. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.2.03.eng> <https://elibrary.ru/edfter>
16. Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A. Diseases risk assessment associated with the quality of drinking water in the urban districts of Russian Arctic. *Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*. 2019; 16(2): 215–22. <https://elibrary.ru/qlblrbz> (in Russian)
  17. Zhodakova Z.I., Sinityna O.O., Mamonov R.A., Lebed-Sharlevich Ya.I., Pechnikova I.A. Improvement of monitoring requirements over the application of chlorine-containing agents for water decontamination. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZnISO*. 2019; (12): 30–5. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-321-12-30-35> <https://elibrary.ru/ovbygj> (in Russian)
  18. Kirpichenkova E.V., Dzhikiya I.Z., Kolodina D.V., Onishchenko G.G. Hygienic efficiency of ultraviolet disinfection of water in centralized drinking and household water supply systems (systematic review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(2): 104–12. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-2-104-112> <https://elibrary.ru/lfhjim> (in Russian)
  19. Alekseeva A.V., Savostikova O.N. Issues of using modern organic reagents in the practice of drinking water supply (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(10): 1029–34. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-10-1029-1034> <https://elibrary.ru/ciycock> (in Russian)
  20. 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. *Health Risk Analysis*. 2022; (3): 4–20. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.3.01.eng> <https://elibrary.ru/nacyf>
  21. Kleyn S.V., Vekovshinina S.A. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health. *Health Risk Analysis*. 2020; (3): 48–59. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.06.eng> <https://elibrary.ru/sqzgl>
  22. Fridman K.B., Novikova Yu.A., Belkin A.S. On the issue of the use of health risk assessment techniques for hygienic characteristics of water supply systems. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(7): 686–9. <https://elibrary.ru/zfbzyj> (in Russian)

## Сведения об авторах

**Суржиков Дмитрий Вячеславович**, доктор биол. наук, доцент, зав. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. Е-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Кислицына Вера Викторовна**, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. Е-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Голиков Роман Анатольевич**, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. Е-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Ликонцева Юлия Сергеевна**, науч. сотр. лаб. экологии человека и гигиены окружающей среды ФГБНУ «НИИ КПГПЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. Е-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Торопчин Михаил Анатольевич**, зав. отд. санитарно-гигиенического мониторинга, Филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области – Кузбассе» в городе Новокузнецке и Новокузнецком районе, 654032, Новокузнецк, Россия. Е-mail: [flguz-novko@yandex.ru](mailto:flguz-novko@yandex.ru)

## Information about the authors

**Dmitry V. Surzhikov**, DSc (Biology), Associate Professor, Head of the Laboratory 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](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Vera V. Kislytsyna**, PhD (Medicine), leading researcher of the Laboratory 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](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Roman A. Golikov**, PhD (Medicine), senior researcher of the Laboratory of Human Ecology and Environmental Hygiene, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3112-2919> E-mail: [ecologia\\_nie@mail.ru](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Yuliya S. Likontseva**, researcher of the Laboratory 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](mailto:ecologia_nie@mail.ru)

**Mikhail A. Toropchin**, head of the sanitary and hygienic monitoring department, Branch of the Center for Hygiene and Epidemiology in the Kemerovo Region – Kuzbass in the city of Novokuznetsk and Novokuznetsk District; Novokuznetsk, 654032, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0004-0305-4108> E-mail: [flguz-novko@yandex.ru](mailto:flguz-novko@yandex.ru)