

EDN: <https://elibrary.ru/htfdzc>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-474-480>

УДК 614.7:574.3

© Коллектив авторов, 2023

Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А., Голиков Р.А., Корсакова Т.Г., Мотуз И.Ю.

Влияние химических веществ, содержащихся в питьевой воде, на формирование риска нарушения здоровья населения промышленного города

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

Введение. Состояние питьевой воды, поступающей потребителям с помощью централизованных систем водоснабжения, является важным фактором, влияющим на здоровье.

Цель исследования — дать оценку риска для здоровья населения промышленного города, связанного с содержанием химических веществ в водопроводной воде.

Материалы и методы. Исследование проведено в г. Новокузнецке Кемеровской области, который является крупным индустриальным центром Сибири. Проанализированы среднегодовые значения химических, микробиологических и паразитологических показателей поверхностных вод в створах водозаборов, а также результаты исследований проб питьевой воды. Осуществлена оценка неканцерогенного и канцерогенного рисков для здоровья населения, связанного с загрязнением водопроводной воды.

Результаты. Поверхностная вода, поступающая потребителям г. Новокузнецка, забирается из р. Томи Драгунским и Левобережным водозаборами. Основными загрязнителями воды в створах водозаборов являются взвешенные вещества, железо, общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии и колифаги. Наиболее опасными примесями, содержащимися в питьевой воде, являются кремний, хлороформ, бромдихлорметан, бор и формальдегид. Риск немедленного действия, связанный с загрязнением питьевой воды, для населения города составил 0,903, что значительно превышает приемлемый уровень (0,05). Риск хронической интоксикации, связанный с загрязнением водопроводной воды, определен на уровне 0,0176, что не выше приемлемого уровня (0,02). Риск онкологической заболеваемости, связанный с содержанием в питьевой воде канцерогенных веществ, составил $1,41 \times 10^{-5}$, что в 1,41 раза превышает приемлемый риск (1×10^{-5}).

Ограничения исследования. Ограничения исследования заключались в проведении только оценки риска для здоровья от влияния химических веществ.

Заключение. Вероятность возникновения экологически обусловленных заболеваний сохраняется при концентрациях загрязняющих веществ в питьевой воде на уровне ниже принятых гигиенических нормативов.

Этика. Данное исследование не требовало заключения этического комитета.

Ключевые слова: промышленный город; поверхностный источник; водозаборы; загрязнение водопроводной воды; риски для здоровья

Для цитирования: Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А., Голиков Р.А., Корсакова Т.Г., Мотуз И.Ю. Влияние химических веществ, содержащихся в питьевой воде, на формирование риска нарушения здоровья населения промышленного города. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(7): 474–480. <https://elibrary.ru/htfdzc> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-474-480>

Для корреспонденции: Кислицына Вера Викторовна, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии человека и гигиены окружающей среды, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», кандидат медицинских наук. E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Участие авторов:

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

Кислицына В.В. — написание текста;

Штайгер В.А. — написание текста;

Голиков Р.А. — сбор и обработка данных;

Корсакова Т.Г. — сбор и обработка данных;

Мотуз И.Ю. — сбор и обработка данных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 28.04.2023 / Дата принятия к печати: 27.06.2023 / Дата публикации: 05.08.2023

Dmitry V. Surzhikov, Vera V. Kislitsyna, Varvara A. Shtaiger, Roman A. Golikov, Tatyana G. Korsakova, Irena Yu. Motuz Influence of chemicals contained in drinking water on the formation of the risk of health disorders in the population of an industrial city

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

Introduction. The state of drinking water supplied to consumers through centralized water supply systems is an important factor affecting health.

The study aims to assess the risk to the health of the population of an industrial city associated with the content of chemicals in tap water.

Materials and methods. Scientists conducted a study in Novokuznetsk, Kemerovo region, which is a major industrial center of Siberia. They analyzed the average annual values of chemical, microbiological and parasitological indicators of surface waters at the intake gates, as well as the results of studies of drinking water samples. The authors also assessed non-carcinogenic and carcinogenic risks to public health associated with contamination of tap water.

Results. The surface water supplied to the consumers of Novokuznetsk is taken from the Tom River by the Dragoon and Left-Bank water intakes. The main pollutants of water in the intake gates are suspended solids, iron, common coliform bacteria, thermotolerant coliform bacteria and coliphages. The most dangerous impurities contained in drinking water are silicon,

chloroform, bromodichloromethane, boron and formaldehyde. The risk of immediate action associated with contamination of drinking water for the city's population was 0.903, which significantly exceeds the acceptable level (0.05). We identified the risk of chronic intoxication associated with water pollution at the level of 0.0176, which does not exceed the permissible level (0.02). The risk of oncological morbidity associated with the content of carcinogenic substances in drinking water was 1.41×10^{-5} , which is 1.41 times higher than the permissible risk (1×10^{-5}).

Limitations. The limitations of the study were to conduct only an assessment of the health risk from the effects of chemicals.

Conclusion. The probability of occurrence of environmentally caused diseases persists at concentrations of pollutants in drinking water at a level below the accepted hygienic standards.

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

Keywords: industrial city; surface source; water intakes; pollution of tap water; health risks

For citation: Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Steiger V.A., Golikov R.A., Korsakova T.G., Motuz I.Yu. The influence of chemicals contained in drinking water on the formation of the risk of health disorders of the population of an industrial city. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(7): 474–480. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-474-480> <https://elibrary.ru/htfdzc> (in Russian)

For correspondence: Vera V. Kislitsyna, a leading researcher at the Laboratory of Human Ecology and Environmental Hygiene, Research Institute of Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: ecologia_nie@mail.ru

Information about the authors: Surzhikov D.V. <https://orcid.org/0000-0002-7469-4178>
Kislitsyna V.V. <https://orcid.org/0000-0002-2495-6731>
Shtaiger V.A. <https://orcid.org/0000-0003-4628-3133>
Golikov R.A. <https://orcid.org/0000-0003-3112-2919>
Korsakova T.G. <https://orcid.org/0000-0003-2512-2541>
Motuz I.Yu. <https://orcid.org/0000-0003-2398-1828>

Contribution:

Surzhikov D.V. — research concept and design, text writing, editing;

Kislitsyna V.V. — writing the text;

Steiger V.A. — writing the text;

Golikov R.A. — data collection and processing;

Korsakova T.G. — data collection and processing;

Motuz I.Yu. — data collection and processing.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 28.04.2023 / Accepted: 27.06.2023 / Published: 05.08.2023

Введение. Для благополучия и обеспечения необходимого качества жизни человек постоянно нуждается в чистой воде [1, 2]. Качество питьевой воды, поступающей потребителям с помощью централизованных систем водоснабжения, является важным фактором, влияющим на состояние здоровья населения. Свойства водопроводной воды определяются санитарно-гигиеническим состоянием источников, работой предприятий по забору и очистке воды, а также техническим состоянием водопроводных сетей и резервуаров для хранения воды. Недостаточная надёжность работы водопроводных систем, аварии, использование устаревших технологий водоочистки приводят к проблемам в области безопасности питьевого водопользования. Кроме того, очистка, хранение и распределение питьевой воды предполагают внесение химических веществ для повышения её безопасности и качества [3, 4].

Основными источниками загрязнения водной среды являются промышленные и коммунально-бытовые канализационные стоки, ливневые стоки с сельских и промышленных территорий, смыв с полей почвы, дренажные воды с полей орошения, стоки животноводческих ферм, попадание в водоёмы загрязнённых осадков. Промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды, которые сбрасываются в водные объекты, зачастую не полностью очищены [5].

Нерастворимые загрязняющие вещества (примеси минерального и органического происхождения) образуют с водой взвеси и коллоидные системы [6]. Все примеси оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье. Так, при высокой жёсткости воды, определяемой содержанием в ней солей кальция и магния, происходит усиление местного кровотока, изменяется процесс фильтрации и реабсорбции в почках, в результате чего развиваются па-

тологические изменения (мочекаменная болезнь, гипертоническая болезнь). Увеличение частоты сердечно-сосудистых заболеваний связывают с избыточным поступлением в организм хлористого натрия. У людей, длительно употреблявших высокоминерализованные питьевые воды с содержанием хлоридов, отмечается склонность к гипертоническим состояниям, повышенной реактивности сосудов и изменениям водно-солевого обмена [7].

Для определения степени влияния факторов окружающей среды на здоровье населения широко используется методология оценки риска, которая также позволяет оценить комбинированное действие нескольких веществ и факторов. Методология даёт возможность выявить приоритетные факторы и источники опасности, наиболее вероятные эффекты воздействия, дать оценку интенсивности воздействия загрязняющих веществ [3, 8–10].

Цель исследования — дать оценку риска для здоровья населения промышленного города, связанного с содержанием химических веществ в водопроводной воде.

Материалы и методы. Исследование проведено в г. Новокузнецке Кемеровской области, который является крупным индустриальным центром Сибири с выраженной специализацией — металлургическое производство, добыча угля, энергетика, промышленное и гражданское строительство. На территории Новокузнецка функционируют промышленные предприятия различных форм собственности, в том числе ведущие и крупнейшие в своих отраслях — АО «ЕВРАЗ Объединённый Западно-Сибирский металлургический комбинат», АО «РУСАЛ Новокузнецкий алюминиевый завод», АО «Кузнецкие ферросплавы».

Анализ среднегодовых значений химических, микробиологических и паразитологических показателей

поверхностных вод осуществлён на основании данных социально-гигиенического мониторинга, проводимого территориальным отделом управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области г. Новокузнецка и Новокузнецкого района в 2007–2020 гг. Для оценки риска для здоровья населения, связанного с загрязнением водопроводной воды, проанализированы результаты исследований проб воды, проведённых аккредитованным испытательным лабораторным центром ФФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области — Кузбассе» в г. Новокузнецке в 2018–2021 гг.

Риск для здоровья рассматривался как вероятность возникновения неблагоприятных последствий, вызванных опасными факторами. Риск является статистическим понятием, определяемым как ожидаемая вероятность развития нежелательных эффектов, возникающих от воздействия данной опасности. В количественном отношении риск выражается в величинах, колеблющихся от нуля (вред не будет иметь место) до единицы (вред имеет место всегда) [11, 12]. При анализе данных были определены средние и средние из максимальных за год концентраций примесей, нормируемых как по органолептическим, так и по санитарно-токсикологическим показателям. Полученные концентрации примесей сравнивались с их предельно допустимыми концентрациями (ПДК) в питьевой воде¹. Оценка риска проводилась как по канцерогенным загрязнителям, так и по веществам, обладающим органолептическими и общетоксическими характеристиками вредности [12–16].

Результаты. Основным источником водоснабжения г. Новокузнецка является р. Томь, гидрологический режим которой характеризуется сравнительно поздним установлением ледостава, на что влияют тёплые сбросы промышленных предприятий, нарушающие температурный режим и влияющие на физические и биохимические процессы в реке. Химический состав воды р. Томи формируется под влиянием загрязняющих веществ, поступающих в реку с поверхностным стоком и сточными водами, отходящими от предприятий и объектов жилищно-коммунального хозяйства. Негативное влияние на качество воды в р. Томи также оказывают её притоки, в которые осуществляют сброс предприятия горнодобывающей, топливно-энергетической, металлургической, деревообрабатывающей промышленности, агропромышленного комплекса и коммунального хозяйства [17]. Также ежегодно в весеннее время происходит дополнительный залповый сброс в реку тающего загрязнённого снежного покрова.

Поверхностная вода, поступающая потребителям г. Новокузнецка, забирается из р. Томи ковшевыми водозаборами в двух местах: в районе села Атаманово (Драгунский водозабор) и в районе Левого берега города (Левобережный водозабор). Анализ среднегодовых значений химических, микробиологических и паразитологических показателей в р. Томи в створе Драгунского водозабора показал, что взвешенные вещества присутствовали в воде весь период. Самое высокое среднегодовое значение было зафиксировано в 2016 году, составив 15,033 мг/дм³ (при отсутствии взвешенных веществ в норме). Общая минерализация воды находилась в пределах от 96,417 до 119,0 мг/дм³ при ПДК, равной 1000 мг/дм³. Содержа-

ние растворенного кислорода колебалось от 0 до 14 мг/дм³ (при норме не менее 4 мг/дм³). Концентрации сульфатов (по SO_4), хлоридов (по Cl), поверхностно активных (анионоактивных) веществ, кремния, магния, нефтепродуктов, аммиака и аммоний-иона (по азоту), нитритов (по NO_2), фтора, цианидов, мышьяка, алюминия, бора, кадмия, меди, ртути, свинца и марганца в воде были ниже гигиенических нормативов. Концентрация железа превышала ПДК, равную 0,3 мг/дм³, в 2008, 2010, 2015–2018, 2020 годах. Самое высокое содержание железа наблюдалось в 2017 году — 0,702 мг/дм³. Концентрация никеля в р. Томи превышала ПДК в 4 раза в 2007 году, составив 0,080 мг/дм³. Возбудители кишечных инфекций были зафиксированы в 2015 и 2017 годах. Превышения концентрации общих колиформных бактерий были обнаружены в различные годы рассматриваемого периода. Максимальный показатель превысил ПДК (1000 КОЕ/100 мл) более чем в 7 раз и составил 7267,5 КОЕ/100 мл. Среднегодовые значения содержания термотолерантных колиформных бактерий в воде в течение всего рассматриваемого периода превышали ПДК. С 2017 по 2020 годы сохранялась тенденция к увеличению значений данного показателя с 881,667 до 5365,833 КОЕ/100 мл при ПДК, равной 100 КОЕ/100 мл. Концентрация колифагов регулярно превышала ПДК (10 БОЕ/100 мл), наибольшая концентрация зафиксирована в 2020 году, составив 31,667 БОЕ/100 мл. Жизнеспособные яйца гельминтов и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших в воде отсутствовали. Таким образом, основными загрязнителями воды в створе Драгунского водозабора являлись взвешенные вещества, железо, общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии и колифаги.

Анализ тех же показателей в р. Томи в створе Левобережного водозабора, находящегося ниже по течению, выявил превышение ПДК взвешенных веществ. Их концентрации находились в пределах от 6,583 до 25,083 мг/дм³ при отсутствии в норме. Концентрация растворенного кислорода была в пределах от 9,458 до 11,058 мг/дм³ при норме не менее 4 мг/дм³. Среднегодовые значения химического потребления кислорода не превышали ПДК (15 мг/дм³) на протяжении исследуемого периода. Концентрации сульфатов (по SO_4), хлоридов (по Cl), поверхностно активных (анионоактивных) веществ, нефтепродуктов, аммиака и аммоний-иона (по азоту), нитритов (по NO_2) и нитратов (по NO_3), фтора, алюминия, кадмия, марганца, меди не превышали допустимый уровень. Увеличение содержания железа наблюдалось в течение всего рассматриваемого периода, максимальное значение было выявлено в 2015 году и составило 1,683 мг/м³ (выше ПДК в 5,61 раза). Содержание общих колиформных бактерий превышало допустимый уровень (1000 КОЕ/100 мл), максимальное значение (2655,833 КОЕ/100 мл) было зафиксировано в 2020 году. Высокая концентрация термотолерантных колиформных бактерий наблюдалась ежегодно, максимальное значение (выше ПДК в 23,85 раза) зафиксировано в 2020 году. Содержание колифагов в воде было незначительно выше ПДК, равной 10 БОЕ/100 мл. Жизнеспособные яйца гельминтов и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших в воде отсутствовали. Таким образом, основными загрязнителями воды в створе Левобережного водозабора также являлись взвешенные вещества, железо, общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии и колифаги.

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

Доля поверхностной воды в системе водоснабжения города составляет 60%. Речная вода проходит цикл очистки с применением хлора и гипохлорита натрия.

Водоснабжение остальной части города осуществляется за счёт подземной воды, которая поступает через скважины и инфильтрационные галереи. Скважины глубиной 15–20 м располагаются на двух площадках: Безруковском водозаборе и водозаборе «Куст 25 скважин» в Заводском районе города. Вода подземных источников имеет сбалансированный химический состав и соответствует всем нормативам по качеству, поэтому проводится только её обеззараживание без дополнительной очистки.

При подаче потребителям происходит смешивание подземной воды и воды их поверхностного источника. В жилой сектор и на промышленные предприятия вся питьевая вода подается по сложной системе трубопроводов, включающей 900 км водопроводных сетей, 100 насосных станций, 36 резервуаров чистой воды общим объёмом 60 тыс. м³. Среднесуточное потребление воды питьевого качества населением и организациями города составляет 210–270 тыс. м³/сутки [18]. Всего в 2021 г. на хозяйственно-питьевые нужды в городе было использовано 37 105,45 тыс. м³ воды [17].

100% населения города обеспечиваются централизованным хозяйственно-питьевым водоснабжением. Питьевой водой, соответствующей гигиеническим требованиям, обеспечено 97,3% населения города, условно доброкачественной водой — 2,6%. В 2021 году в городе Новокузнецке отобрано 138 проб питьевой воды перед подачей в распределительную сеть на санитарно-химические и микробиологические показатели, из них нестандартные пробы не регистрировались. По санитарно-химическим показателям отмечается тенденция улучшения качества воды по сравнению с 2020 годом. Органолептические показатели качества питьевой воды централизованного водоснабжения (запах, привкус, цветность, окраска, мутность) соответствуют нормативу.

Содержание химических веществ в питьевой воде систем централизованного водоснабжения города и рассчитанный риск немедленного действия представлены в *таблице 1*.

Концентрации примесей в воде коммунального водопровода г. Новокузнецка составили по средним показателям: железо — 0,292 ПДК, хлор связанный — 0,288 ПДК, марганец — 0,043 ПДК; по средним из максимальных за год: нитраты — 0,264 ПДК, хлориды — 0,217 ПДК, хлор связанный — 0,967 ПДК. Среднее содержание свободного хлора в питьевой воде г. Новокузнецка превышало гигиенический норматив в 2,2 раза; среднее из максимальных уровней — в 6,6 раза. Средние из максимальных концентраций фенола, железа и марганца в воде коммунального водопровода превышали нормативные показатели в 1,167; 9,667 и 2,95 раза соответственно. Рассчитанный риск немедленного действия, связанный с загрязнением питьевой воды, для населения промышленного центра составил 0,903 (в долях единицы) при приемлемом уровне 0,05. Суммарный риск немедленного действия при комбинированном воздействии определяется максимальным риском отдельной примеси среди всех воздействующих ингредиентов [16]. Значение риска показывает долю населения, которая в момент достижения максимальных концентраций примесей в питьевой воде может испытывать неблагоприятные реакции в виде ощущения неприятного привкуса, запаха. Значения риска дополняются долями в процентах от суммарного (максимального) риска по каждой примеси. Наибольший вклад в достижение такого высокого уровня риска вносят железо, свободный хлор и марганец.

Среднее содержание вредных веществ в воде городского водопровода составило: кремний — 0,345 ПДК; бор — 0,09 ПДК; никель — 0,056 ПДК; фториды — 0,066 ПДК; хлороформ — 0,168 ПДК; бромдихлорметан — 0,124 ПДК. Средняя из максимальных (за год) концентрация алюминия в питьевой воде превышала нормативный показатель в 1,053 раза, формальдегида — в 2,12 раза (*табл. 2*).

Риск хронической интоксикации, связанный с загрязнением водопроводной воды, для среднестатистического жителя г. Новокузнецка определён на уровне 0,0176 (в долях единицы), что не превышает приемлемый уровень 0,02. Удельный вес кремния в данном типе риска составил 33,81%, хлороформа — 16,52%, бромдихлорметана — 12,22%, бора — 8,83%, формальдегида — 7,37%, фторидов — 6,44%, никеля — 5,5%.

Таблица 1 / Table 1

Концентрации примесей в питьевой воде и риск немедленного действия Concentrations of impurities in drinking water and the risk of immediate action

Примесь	Средние	Средние из максимальных	Риск немедленного действия	Доля от суммарного риска, %
Нитриты	0,0009	0,149	0	0
Фенол	—	1,167	0,036	3,99
Железо	0,292	9,667	0,903	100,0
Медь	0,0023	0,026	0	0
Нитраты	0,053	0,264	0	0
Сульфаты	0,0303	0,095	0	0
Хлориды	0,0194	0,217	0	0
Цинк	0,00049	0,0029	0	0
Свободный хлор	2,22	6,60	0,758	83,94
Связанный хлор	0,288	0,967	0,023	2,55
Марганец	0,043	2,95	0,345	38,21

Примечания: концентрации примесей выражены в долях ПДК; риск выражен в долях единицы.
Notes: impurity concentrations are expressed in MPC fractions; the risk is expressed in fractions of a unit.

Таблица 2 / Table 2

Концентрации примесей в питьевой воде и риск хронической интоксикации
Concentrations of impurities in drinking water and the risk of chronic intoxication

Примесь	Средние	Средние из максимальных	Риск хронической интоксикации	Удельный вес в риске, %
Алюминий	0,047	1,053	0,00082	4,65
Кремний	0,345	0,707	0,00599	33,81
Бор	0,090	0,202	0,00156	8,83
Никель	0,056	0,133	0,00097	5,50
Свинец	0,007	0,061	0,00039	2,18
Фториды	0,066	0,413	0,00114	6,44
Хлороформ	0,168	0,412	0,00292	16,52
Формальдегид	0,075	2,12	0,00130	7,37
Бромдихлорметан	0,124	0,484	0,00216	12,22
Дибромхлорметан	0,022	0,231	0,00039	2,18
Мышьяк	0,003	0,061	0,00005	0,29
Суммарно	—	—	0,0176	100,0

Примечания: концентрации примесей выражены в долях ПДК; риск выражен в долях единицы.
Notes: impurity concentrations are expressed in MPC fractions; the risk is expressed in fractions of a unit.

Риск онкологической заболеваемости, связанный с содержанием в питьевой воде канцерогенных веществ, составил $1,41 \times 10^{-5}$, что в 1,41 раза превышает приемлемый уровень (приемлемое значение риска равно 1×10^{-5}), **таблица 3**.

Канцерогенный риск обусловлен загрязнением воды коммунального водопровода хлороформом (удельный вес в формировании риска составляет 41,53%), бромдихлорметаном (46,8%) и дибромхлорметаном (11,32%).

Обсуждение. В работе применены минимально необходимые, но достаточные методы исследования количественной оценки влияния загрязнения водопроводной воды на здоровье населения. Использованные модели позволили получить прогноз заболеваемости населения в зависимости от уровней загрязнения воды, используемой для хозяйственно-питьевых нужд. Комплексная оценка риска проведена с использованием нелинейных моделей — экспоненциальной (риск хронической интоксикации), логарифмической (риск немедленного действия), а также линейной модели (канцерогенный риск). Показаны необходимость оценки риска немедленных эффектов и возможность применения беспороговой модели для расчёта риска хронической интоксикации (неканцерогенного риска)

Таблица 3 / Table 3

Канцерогенный риск, связанный с потреблением питьевой воды (доли единицы)
Carcinogenic risk associated with drinking water consumption (fractions of a unit)

Примесь	Индивидуальный канцерогенный риск	Удельный вес в риске, %
Хлороформ	$5,87 \times 10^{-6}$	41,53
Свинец	$4,86 \times 10^{-8}$	0,34
Бромдихлорметан	$6,61 \times 10^{-6}$	46,80
Дибромхлорметан	$1,60 \times 10^{-6}$	11,32
Суммарно	$1,41 \times 10^{-5}$	100,0

применительно к загрязнению водопроводной воды промышленных городов.

Применение методологии оценки риска для здоровья населения целесообразно использовать при анализе вероятности появления неблагоприятных эффектов, связанных с воздействием на человека содержащихся в питьевой воде химических веществ [19–21]. Подобные исследования проводились во многих городах России. В настоящее время накоплены обширные данные о влиянии качества питьевой воды, особенно её химического состава, на здоровье населения, например городов Омской и Ростовской областей, Пермского края, арктической зоны Российской Федерации и других регионов [22–26].

Ограничения исследования. При выполнении работы проведена только оценка рисков для здоровья населения от влияния химических веществ, содержащихся в водопроводной воде.

Заключение. Проведённое исследование позволило определить приоритетные загрязнители, оказывающие особо неблагоприятное воздействие на здоровье населения. Наиболее опасными примесями, содержащимися в питьевой воде, являются кремний, хлороформ, бромдихлорметан, бор и формальдегид. Риск немедленного действия, связанный с загрязнением питьевой воды, для населения промышленного центра составил 0,903, что значительно превышает приемлемый уровень 0,05. Риск хронической интоксикации, связанный с загрязнением водопроводной воды, определён на уровне 0,0176, что не выше приемлемого уровня 0,02. Риск онкологической заболеваемости, связанный с содержанием в питьевой воде канцерогенных веществ, составил $1,41 \times 10^{-5}$, что в 1,41 раза превышает приемлемый риск (1×10^{-5}).

Таким образом, исследование показало, что вероятность возникновения экологически обусловленных заболеваний сохраняется при концентрациях загрязняющих веществ в питьевой воде на уровне ниже принятых гигиенических нормативов. Учитывая полученные результаты, необходимо рекомендовать органам контроля принятие мер по снижению концентраций примесей в питьевой воде.

Список литературы

1. 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>
2. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. *Глобальная экология*. М.: Издательство ПРИОР; 2001.
3. Хасанова 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>
4. Новикова Ю.А., Фридман К.Б., Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. 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>
5. Хоружая Т.А. *Оценка экологической опасности*. М.: Книга сервис; 2002.
6. Розанов Л.Л. *Геоэкология*. М.: Вентана-Граф; 2006.
7. Москвин А.Г. *Экология водоёмов России*. М.: Школа-Пресс; 1999.
8. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(12): 1125–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129>
9. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Синицына О.О., Шашина Т.А. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути её совершенствования. *Анализ риска здоровью*. 2015; 2: 4–11. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2015.2.01>
10. Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Диконская О.В., Малых О.Л., Ярушин С.В. Методология оценки и управления риском для здоровья населения в системе законодательного регулирования санитарно-эпидемиологического благополучия населения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 1: 4–8.
11. Петров В.И., Авалиани С.Л., Латышевская Н.И., Филатов Б.Н., Герусова Г.П., Вишневецкая А.П. и др. *Экологический риск для здоровья населения*. Волгоград: ИПК «Царицын»; 2000.
12. Авалиани С.Л., Андрианова М.М., Печенникова Е.В., Пономарева О.В. *Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт)*. М.: Консультационный центр по оценке риска; 1996.
13. Киселев А.В., Фридман К.Б. *Оценка риска здоровью*. СПб.: Дейта; 1997.
14. Щербов А.П., Киселев А.В. *Оценка риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье*. СПб.: СПбМАПО; 2005.
15. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. *Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду*. М.: НИИ ЭЧ и ГОС; 2002.
16. Щербов А.П., ред. *Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска*. СПб.: СПбМАПО; 2002.
17. *Доклад о состоянии окружающей среды города Новокузнецка за 2021 год*. Новокузнецк; 2022.
18. Новокузнецкий водоканал. Производственный цикл водоснабжения и водоотведения. Available at: <https://www.vdtk.ru/about/proizvodstvennyy-tsikl-viv/>
19. 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>
20. Клейн С.В., Вековщина 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>
21. 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://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689>
22. Коньшина Л.Г., Лежнин В.Л. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(3): 5–10.
23. Унгуряну Т.Н., Новиков С.М. Результаты оценки риска здоровью населения России при воздействии химических веществ питьевой воды (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2014; 93(1): 19–24.
24. 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>
25. Соловьев М.Ю., Конченко А.В., Курашвили О.М., Михеева И.В. Влияние качества питьевой воды на состояние здоровья населения городов Ростовской области. *Здоровье населения и среда обитания* — ЗНИСО. 2009; 3: 44–6.
26. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах Арктической зоны Российской Федерации. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2019; 16(2): 215–22. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222>

References

1. Rakhmanin 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 sanitariya*. 2021; 100(11): 1198–202. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-11-1198-1202> (in Russian).
2. Nikanorov A.M., Khoruzhaya T.A. *Global ecology*. Moscow: PRIOR Publishing House; 2001 (in Russian).
3. 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 sanitariya*. 2021; 100(5): 428–35. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-428-435> (in Russian).
4. 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 sanitariya*. 2020; 99(6): 563–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568> (in Russian).
5. Khoruzhaya T.A. *Environmental hazard assessment*. Moscow: Kniga servis; 2002 (in Russian).
6. Rozanov L.L. *Geoecology*. Moscow: Ventana-Graf; 2006 (in Russian).
7. Moskvina A.G. *Ecology of water bodies of Russia*. Moscow: Shkola-Press; 1999 (in Russian).
8. Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Mishina A.L., Yarushin S.V. Modern issues of the health risk assessment and management. *Gigiena i sanitariya*. 2017; 96(12): 1125–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129> (in Russian).
9. Rakhmanin Y.A., Novikov S.M., Avaliani S.L., Sinitsyna O.O., Shashina T.A. Actual problems of environmental factors risk assessment on human health and ways to improve it. *Health Risk Analysis*. 2015; 2: 4–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2015.2.01>

10. Kuz'min S.V., Gurvitch V.B., Dikonskaya O.V., Malykh O.L., Yarushin S.V. Methodology of assessing and evaluating public health risk in legal regulation of sanitary epidemiologic well-being of population. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; 1: 4–8 (in Russian).
11. Petrov V.I., Avaliani S.L., Latyshevskaya N.I., Filatov B.N., Gerusova G.P., Vishnevetskaya L.P. et al. *Environmental risk to public health*. Volgograd: IPK "Tsaritsyn"; 2000 (in Russian).
12. Avaliani S.L., Andrianova M.M., Pechennikova E.V., Ponomareva O.V. *Environment. Health risk assessment (world experience)*. Moscow: Konsul'tatsionnyy tsentr po otsenke riska; 1996 (in Russian).
13. Kiselev A.V., Friedman K.B. *Health risk assessment*. St. Petersburg: Deita; 1997 (in Russian).
14. Shcherbo A.P., Kiselev A.V. *Assessing the risk of exposure to environmental factors on health*. St. Petersburg: SpbMAPO; 2005 (in Russian).
15. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. *Fundamentals of risk assessment for public health under the influence of chemicals polluting the environment*. Moscow: NII ECH and GOS; 2002 (in Russian).
16. Shcherbo A.P., ed. *Environment and health: approaches to risk assessment*. St. Petersburg: SPbMAPO; 2002 (in Russian).
17. *Report on the state of the environment of the city of Novokuznetsk for 2021*. Novokuznetsk; 2022 (in Russian).
18. Novokuznetsk Vodokanal. Production cycle of water supply and sanitation. Available at: <https://www.vdk.ru/about/proizvodstvennyy-tsikl-viv/> (in Russian).
19. Zaitseva N.V., Onishchenko G.G., May I.V., Shur P.Z. Development of methodology for health risk assessment within the public administration of population sanitary and epidemiological welfare. *Health Risk Analysis*. 2022; 3: 4–20. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.3.01.eng>
20. 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>
21. 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 sanitariya*. 2017; 96(7): 686–9. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-686-689> (in Russian).
22. Konshina L.G., Lezhnin V.L. Assessment of the quality of drinking water in the industrial city and risk for public health. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93(3): 5–10 (in Russian).
23. Unguryanu T.N., Novikov S.M. Results of health risk assessment due to exposure to contaminants in drinking water in Russia population (review of literature). *Gigiena i sanitariya*. 2014; 93(1): 19–24 (in Russian).
24. 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 sanitariya*. 2022; 101(8): 861–5. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865> (in Russian).
25. Soloviev M.Yu., Konchenko A.V., Kurashvili O.M., Mikheeva I.V. Influence of drinking water quality on the health status of the population of the cities of the Rostov region. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya — ZNISO*. 2009; 3: 44–6 (in Russian).
26. 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'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*. 2019; 16(2): 215–22. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222> (in Russian).