

УДК 614.777

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА

Валеев Т.К.¹, Сулейманов Р.А.¹, Егорова Н.Н.¹, Бактыбаева З.Б.¹, Рахматуллин Н.Р.¹, Сырыгина Д.А.²

¹ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

²Управление Роспотребнадзора по Республике Башкортостан, Уфа, Россия

В статье представлены материалы эколого-гигиенических исследований по оценке возможного неблагоприятного воздействия и уровней риска здоровью населения г. Уфы, связанных с употреблением питьевых вод. Полученные результаты свидетельствуют о существующей опасности канцерогенного риска для здоровья населения. Основной вклад в суммарные величины канцерогенного риска вносят шестивалентный хром, мышьяк, пентахлорфенол, дихлоруксусная кислота, хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан. Использование хлора и хлорсодержащих дезинфицирующих средств на этапе водоподготовки (обеззараживания) питьевой воды способствует увеличению количественного содержания канцерогенных веществ.

Ключевые слова: питьевое водоснабжение, риск здоровью населения

THE HYGIENIC CHARACTERISTIC OF RISK OF INFLUENCE OF QUALITY OF WATER ON HEALTH OF THE POPULATION OF LARGE INDUSTRIAL CENTRE

Valeev T.K.¹, Sulejmanov R.A.¹, Egorova N.N.¹, Baktybaeva Z.B.¹, Rakhmatullin N.R.¹, Syrygina D.A.²

¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

²Bashkortstan Federal Agency for Surveillance of Consumer Rights and Human Wellbeing, Ufa, Russia

The paper presents the materials of ecological-hygienic studies on possible hazards and health risk factors of the population of Ufa associated with drinking water. The data obtained show the existing danger of cancerogenic health risks of the population. The basic contribution to cancerogenic risks is related to six-valent chrome, arsenic, pentachlorophenol, dichloroacetic acid, chloroform, bromdichloromethane, dibromochloromethane. Use of chlorine and chlorine-containing disinfectants at a stage of water-preparation (disinfecting) of drinking water causes an increase in the quantitative concentration of cancerogenic substances.

Key words: drinking water supply population health risks

Водные ресурсы, используемые для питьевых и хозяйственно-бытовых целей, являются значимым фактором риска, оказывающим существенное влияние на уровень здоровья людей. В условиях ухудшения экологической обстановки, интенсивного загрязнения как поверхностных, так и подземных централизованных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения техногенными продуктами хозяйственной деятельности человека, резкого увеличения химического разнообразия загрязняющих соединений наблюдается снижение качества питьевой воды, что создает серьезную опасность для здоровья населения [2, 8, 10].

Одним из источников загрязнения питьевой воды органическими соединениями является процесс хлорирования, который выполняет роль барьера в отношении поступления патогенных микроорганизмов в водопроводные сети городских агломераций [2, 5, 13]. Основным недостатком дезинфекции питьевой воды хлором является образование токсичных галогенорганических продуктов, что приводит к снижению качества питьевой воды. Наиболее распространенными из них являются тригалогенметаны (бромформ, хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан) и галогенуксусные кислоты (монохлоруксусная, дихлоруксусная, трихлоруксусная и др.) [2–7, 13–14].

Несмотря на то, что большинство хлорорганических веществ обнаруживается в воде в «следовых» количествах, они могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека. Так, гигиеническими исследованиями выявлена взаимосвязь между количеством онкологических заболеваний и употреблением населением хлорированной воды [6–7, 15]. Имеются сведения о различных неблагоприятных биологических эффектах галогенорганических соединений, образующихся при обеззараживании питьевой воды хлором. В частности, показано, что многие из них отличаются полиморфизмом токсического действия, вызывают гепато-, ренотоксические реакции, некоторые нарушают функции сердечно-сосудистой и нервной систем [7]. Многочисленные работы посвящены потенциальной возможности развития онкологических заболеваний у людей, употребляющих для питья хлорированную воду, – чаще всего рака мочевого пузыря и рака прямой кишки [6, 18, 20]. Кроме того, имеются данные, свидетельствующие о том, что с действием тригалогенметанов могут быть связаны нарушения течения беременности у женщин: задержка внутриутробного развития плода, снижение массы тела новорожденных, преждевременные роды, врожденные дефекты развития плода [19, 21].

Учитывая вышеизложенное, нами были проведены эколого-гигиенические исследования по оценке возможного неблагоприятного воздействия и уровней риска здоровью населения отдельных территорий г. Уфы, связанных с употреблением питьевых вод централизованного водоснабжения основных водозаборов города. Актуальность проблемы обусловлена значительной техногенной нагрузкой на р. Уфа, являющейся основным источником централизованного водоснабжения населения миллионного города.

Объекты и методы исследования.

Оценку экспозиции и установление среднесуточных доз поступления в организм человека вредных химических факторов проводили на основании анализа средних многолетних концентраций веществ (1995–2013 гг.), присутствующих в воде, из сети системы централизованного питьевого водоснабжения Уфы (открытый речной водозабор (ПВ)) и 2 водозаборов инфильтрационного типа (ИВ1 и ИВ2) как воды водоисточника в местах водозабора, так и питьевой воды перед поступлением в водопроводную сеть. В соответствии с целью работы рассматривался сценарий экспозиции, предполагающий поступление вредных веществ пероральным путем с водой. Расчеты и анализ риска для здоровья населения, проживающего в Уфе, проводились в соответствии с Руководством «По оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р 2.1.10.1920-04 [11]. При оценке канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью населения, связанных с использованием питьевых вод, были использованы материалы исследований лабораторий Центра аналитического контроля качества воды МУП

«Уфаводоканал», Центра гигиены и эпидемиологии по РБ, а также результаты, полученные отдельными исследователями [1–2, 6–10, 12–17]. Для полноты исследования, а также в целях прогноза различных сценариев риска, в виду отсутствия реальных концентраций отдельных веществ, нами были использованы величины, составляющие $\frac{1}{2}$ предела количественного определения химического соединения. Например, содержание шестивалентного хрома по данным результатов исследований качества питьевой воды составляет менее $0,01 \text{ мг/дм}^3$, используемая нами величина для расчетов в данном случае – $0,005 \text{ мг/дм}^3$. Такой прием допускается согласно Р 2.1.10.1920-04 и позволяет избежать значительной асимметрии кривой распределения концентраций, возникающей в случае принятия нулевой концентрации [11].

Результаты и обсуждение.

Существующее водоснабжение г. Уфы представляет собой единую систему хозяйственно-питьевого водоснабжения. Территория города зонирована и практически полностью обеспечена централизованными коммуникациями водопровода и канализации. Основным источником питьевого водоснабжения г. Уфы является р. Уфа, на которой базируется 5 крупных водозаборов: 1 поверхностный водозабор ковшового типа и 4 водозабора инфильтрационного типа. Водозабор ковшового типа осуществляет забор воды непосредственно из реки. Очистные сооружения состоят из установки ультрафиолетового обеззараживания, микрофильтров для удаления грубых взвесей, горизонтальных отстойников и скорых фильтров. Очистка воды на инфильтрационных водозаборах состоит из естественной фильтрации грунтовой воды через подземные пласты и стадии обеззараживания хлорсодержащими реагентами.

Вода Уфимского водопровода ежедневно контролируется Центром аналитического контроля качества воды МУП «Уфаводоканал» по 105 обязательным показателям. Кроме того, в режиме мониторинга контролируется еще до 300 органических веществ, благодаря чему есть информация о приоритетных загрязнителях региона и имеется возможность отслеживать качественный состав воды водоисточника.

Как показал анализ многолетних исследований, достоверных и длительных превышений гигиенических нормативов в питьевых водах основных водозаборов г. Уфы ни по одному определяемому веществу не зарегистрировано. Среднегодовая концентрация по ним составляла $0,1\text{--}0,6$ ПДК, за исключением жесткости и содержания железа. В питьевой воде централизованного водоснабжения города присутствует около 30 канцерогеноопасных соединений. Многие из этих веществ находятся в следовых количествах и не превышают гигиенические нормы, соответственно, не должны оказывать негативного влияния на здоровье человека.

Значения средних многолетних концентраций соединений: хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан, дихлоруксусная кислота – в питьевой воде значительно выше концентраций таковых в воде водоисточника в местах водозабора. Это дает основание полагать, что концентрации этих соединений в воде увеличиваются в результате процесса обеззараживания воды хлорсодержащими дезинфицирующими средствами, что в свою очередь может способствовать и повышению риска здоровью населения.

Оценка канцерогенного риска проведена по 17 химическим соединениям, обладающими канцерогенными свойствами, являющимися наиболее приоритетными загрязнителями питьевых вод. Результаты оценки канцерогенной опасности для здоровья населения показали, что индивидуальные уровни рисков по всем веществам относятся к первому и второму диапазонам, что соответствует допустимому и предельно-допустимому риску (табл.). Суммарные канцерогенные риски здоровью населения, проживающего на изучаемых территориях города, при употреблении питьевых вод находятся на уровне от $1,9E-04$ до $2,3E-04$, что в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 [11] относится к третьему диапазону – неприемлемый уровень риска. Наибольший вклад в суммарные величины канцерогенного риска вносят шестивалентный хром ($8,8E-05$), мышьяк ($6,4E-05$), а также ряд хлор- и броморганических соединений, образующихся в процессе обеззараживания (хлорирования) природной воды: пентахлорфенол ($2,0E-05$), дихлоруксусная кислота ($6,0E-06$ - $2,5E-05$), хлороформ ($1,8E-06$ - $6,0E-06$), бромдихлорметан ($5,0E-06$ - $8,1E-06$), дибромхлорметан ($1,7E-06$ - $3,4E-06$).

Таблица

Уровень канцерогенного риска для населения г. Уфы, связанного с содержанием в питьевых водах канцерогеноопасных веществ

Показатели	Наименование водозабора		
	ПВ	ИБ1	ИБ2
Хлороформ	$6,0E-06$	$1,8E-06$	$1,2E-06$
Бромдихлорметан	$8,1E-06$	$8,1E-06$	$5,0E-06$
Дибромхлорметан	$1,7E-06$	$3,4E-06$	$2,2E-06$
Дихлоруксусная кислота	$2,5E-05$	$3,8E-06$	$6,0E-06$
Бенз(а)пирен	$1,3E-07$	$1,0E-07$	$1,3E-07$
Свинец	$2,0E-07$	$2,0E-07$	$2,0E-07$
Хром (6^+)	$8,8E-05$	$8,8E-05$	$8,8E-05$
Кадмий	$8,0E-07$	$8,0E-07$	$8,0E-07$
Бериллий	$9,0E-06$	$9,0E-06$	$9,0E-06$
Мышьяк	$6,4E-05$	$6,4E-05$	$6,4E-05$
1,2-Дихлорэтан	$1,9E-06$	$1,9E-06$	$1,9E-06$
Трихлорэтилен	$1,2E-07$	$1,2E-07$	$1,2E-07$
Бензол	$1,1E-06$	$1,1E-06$	$1,1E-06$
ДДТ	$3,7E-06$	$3,7E-06$	$3,7E-06$
2,4-Д	$2,1E-07$	$2,1E-07$	$2,1E-07$
Пентахлорфенол	$2,0E-05$	$2,0E-05$	$2,0E-05$
Бромформ	$1,7E-07$	$1,7E-07$	$1,7E-07$
Суммарный индивидуальный канцерогенный риск	$2,3E-04$	$2,0E-04$	$1,9E-04$
Популяционный канцерогенный риск (число доп. случаев)	56,5*	10,0**	95,0***

Примечание: * численность населения – 245500 чел.; ** численность населения – 48247 чел.; *** численность населения – 499600 чел.

Результаты расчетов суммарных канцерогенных рисков для всех трех оцениваемых водозаборов Уфы свидетельствуют об одинаковом уровне канцерогенной опасности для населения. Это объясняется одним источником питьевого водоснабжения – р. Уфа, где базируются основные водозаборы города, а также аналогичным процессом водоподготовки (обеззараживания воды) и, как следствие, образованием дополнительных канцерогенных веществ из ряда хлор- и броморганических соединений.

Уровни популяционных канцерогенных рисков для населения отдельных территорий Уфы составили: для жителей, потребляющих питьевую воду из ПВ – 56 дополнительных случаев, ИВ1 – 10 случаев, ИВ2 – 95 случаев.

Для оценки неканцерогенного риска здоровью населения города Уфы при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой были использованы те же химические вещества. Полученные показатели расчетов риска неканцерогенных эффектов являются допустимыми и свидетельствуют о незначительной опасности. Наиболее значимыми показателями среди них являются индексы опасности поражения центральной нервной системы (0,24–0,43), органов желудочно-кишечного тракта (0,21–0,22), печени (0,19–0,40), почек (0,14–0,23).

Заключение.

Питьевая вода, подаваемая населению Уфы, в целом соответствует гигиеническим требованиям государственных стандартов: достоверных и длительных превышений гигиенических нормативов в питьевых водах не зарегистрировано, в том числе и по канцерогеноопасным соединениям. Результаты расчетов оценки канцерогенной опасности для здоровья населения показали, что индивидуальные уровни рисков по всем исследуемым веществам (17 канцерогенов) соответствуют допустимому и предельно допустимому риску.

В то же время рассчитанные величины суммарных канцерогенных рисков свидетельствуют о неприемлемых уровнях риска. Следует отметить, что существенный вклад в суммарные величины канцерогенного риска вносят ряд хлор- и броморганических соединений, образующихся в процессе обеззараживания (хлорирования) природной воды: пентахлорфенол ($2,0E-05$), дихлоруксусная кислота ($6,0E-06-2,5E-05$), хлороформ ($1,8E-06-6,0E-06$), бромдихлорметан ($5,0E-06-8,1E-06$), дибромхлорметан ($1,7E-06-3,4E-06$).

Уровни популяционных канцерогенных рисков для населения отдельных территорий Уфы составили: для жителей, потребляющих питьевую воду из поверхностного водозабора (245500 чел.) – 56 дополнительных случаев; инфильтрационных водозаборов: ИВ1 (48247 чел.) – 10 и ИВ2 (499600 чел.) – 95 случаев. Данные величины популяционных канцерогенных рисков отражают дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении всей жизни (70 лет) вследствие воздействия содержащихся в питьевой воде канцерогеноопасных соединений.

Результаты оценки канцерогенного риска для здоровья населения, обусловленного питьевой водой согласуются с исследованиями других авторов [1, 8, 15–17], а также подтверждаются данными об уровнях и тенденциях показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями по данным Минздрава Республики Башкортостан.

Полученные показатели расчетов риска неканцерогенных эффектов являются допустимыми и свидетельствуют о незначительной опасности. Необходимо учитывать, что данная оценка неканцерогенных рисков была проведена только с учетом отдельных загрязнителей (19 химических веществ) и поэтому она может не в полной мере отражать реальную ситуацию.

Следует отметить, что на надежность итоговых оценок оказывает влияние недостаточная степень полноты и репрезентативности химико-аналитических данных, а также отсутствие исследований по оценке риска питьевой воды в распределительной сети, непосредственно поступающей к потребителям. Поскольку оценка риска проводилась в отношении максимально экспонированного индивида и полученные величины относятся к уровню неприемлемого риска, целесообразно проведение расширенных исследований на основе данных о реальных экспозиционных нагрузках, которым подвергаются жители этих районов. Кроме того, требуется выявление относительного вклада каждого источника водоснабжения в риск развития онкологических и неонкологических заболеваний в целях создания наиболее благоприятных условий для последующего процесса управления риском. Методология управления риском предполагает разработку и выбор эффективной стратегии по регулированию неблагоприятного воздействия загрязненных питьевых вод на состояние здоровья населения г. Уфы.

Список литературы:

1. Байкина И.М., Давлетнуров Н.Х., Нафикова Г.Р., Степанов Е.Г., Сулейманов Р.А., Халфина Р.Р. Канцерогенные риски для здоровья населения в некоторых городах Республики Башкортостан //Матер. симпозиума /Инновационные технологии для модернизации водохозяйственного комплекса. – Уфа: ЦИТО, 2012. – С. 34–39.
2. Вагнер Е.В. Влияние технологических параметров и качества природной воды на образование галогенуксусных кислот в составе продуктов дезинфекции воды хлором (на примере питьевой воды г. Уфы): Автореф. дисс.... канд. хим. наук. – М., 2012. – 17 с.
3. Васильева А.И., Киреева Е.Н., Вождяева М.Ю., Гагарина Л.Н., Цыпышева Л.Г., Кантор Л.И. Источники образования броморганических соединений в питьевой воде. //V Международный конгресс «Вода: экология и технология». Экватор 2000. – М., 2000. – С. 311–312.
4. Вождяева М.Ю. Методология организации экологического мониторинга ограниченно-летучих органических соединений в воде (на примере промышленно развитого региона): Дисс. ... докт. хим. наук. – М., 2015. – 335 с.
5. Гончарук В.В., Клименко Н.А., Савчина Л.А. и др. Современные проблемы технологии подготовки питьевой воды //Химия и технология воды. – 2006. – Т. 28. – № 1.
6. Егорова Н.А., Букшук А.А., Красовский Г.Н. Гигиеническая оценка продуктов хлорирования питьевой воды с учетом множественности путей поступления в организм //Гигиена и санитария. – 2013. – № 2. – С. 18–24.
7. Красовский Г.Н., Егорова Н.А. Критерии опасности галогенсодержащих веществ, образующихся при хлорировании воды. //Токсикологический вестник. – 2002. – № 3. – С. 12–17.

8. Кузьмина Е.А., Кузнецов Е.О., Кузнецов В.Н., Брусницина Л.А. Оценка канцерогенного риска здоровью, связанного с качеством питьевой воды, на примере крупного промышленного центра //Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2015. – № 2. – С. 62–64.
9. Рахман А К М Джамиль. Мониторинг бенз(а)пирена в водных объектах (на примере р. Уфа): Дисс. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2014. – 158 с.
10. Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., Кирьянова Л.Ф., Севостьянова Е.М., Рыжова И.Н., Савронский А.Ю. Актуальные проблемы обеспечения населения доброкачественной питьевой водой и пути их решения //Вестник РАМН. – 2006. – № 4. – С. 9–17.
11. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
12. Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Егорова Н.Н., Егорова О.В., Сырыгина Д.А. Гигиеническая оценка риска водного фактора для здоровья населения г. Уфы //Евразийский научный журнал. – 2015. – № 12. – С. 556–558.
13. Труханова Е.В., Вожаева М.Ю., Кантор Л.И., Кантор Е.А., Мельницкий И.А. Исследование влияния галогенуксусных кислот на результаты определения тригалометанов в воде //Экология и промышленность России. – 2011. – С. 41–45.
14. Труханова Е.В., Вожаева М.Ю., Кантор Л.И., Мельницкий И.А., Кантор Е.А. Газохроматографические методы определения галогенуксусных кислот в воде //Вода: химия и экология. – 2011. – № 8. – С. 72–74.
15. Унгурияну Т.Н., Новиков С.М. Результаты оценки риска здоровью населения России при воздействии химических веществ питьевой воды (Обзор литературы) //Гигиена и санитария. – 2014. – № 1. – С. 19–24.
16. Якубова И.Ш., Мельцер А.В., Ерастова Н.В., Базилевская Е.М. Гигиеническая оценка обеспечения населения Санкт-Петербурга безопасной, безвредной и физиологически полноценной питьевой водой //Гигиена и санитария. – 2015. – № 4. – С. 21–25.
17. Яркина Т.В. Гигиеническая оценка хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Алтай: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – М., 2010. – 24 с.
18. Baytak D., Sofuoglu A., Inal F., Sofuoglu S.C. Seasonal variation in drinking water concentrations of disinfection by-products in IZMIR and associated human health risks. *Science of The Total Environment*. 2008; 407 (1): 286–96.
19. Nieuwenhuijsen M.J. Grellier J., Smith R., Iszatt N., Bennett J., Best N. et al. The epidemiology and possible mechanisms of disinfection by-products in drinking water. *Philosophical Transaction of The Royal Society A: Physical, Mathematical and Engineering Sciences*. 2009; 367 (1904): 4043–76.
20. Villanueva C.M., Cantor K.P., Cordier S., Jaakkola J.J., King W.D., Lynch C.F. et al. Disinfection byproducts and bladder cancer: a pooled analysis. *Epidemiology*. 2004; 15 (3): 357–67.
21. Wright J.M., Schwartz J., Dockery D.W. The effect of disinfection by-products and mutagenic activity on birth weight and gestation duration. *Environmental Health Perspectives*. 2004; 112 (8): 920–25.