УДК 614.8:61

Шнар Кристина Константиновна, студент (ЮТИ ТПУ, г. Юрга)
Shnar Kristina Konstantinovna, student (YTI TPU, Yurga)

ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВЫЗЫВАЮЩИЕ РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ – КУЗБАССА

ENVIRONMENTAL CHEMICAL FACTORS POSING A RISK OF CANCER DEVELOPMENT AMONG THE POPULATION OF THE KEMEROVO REGION – KUZBASS

Аннотация: Представлен анализ влияния химических канцерогенов питьевой воды на риск возникновения онкологических заболеваний населения Кузбасса. Выполнены расчёты неканцерогенного и канцерогенного риска. Суммарный канцерогенный риск от питьевой воды достигает настораживающего уровня ($1{,}51\times10^{-4}$), основной вклад вносит мышьяк.

Abstract: An analysis is presented regarding the impact of chemical carcinogens in drinking water on the risk of cancer among the population of Kuzbass. Calculations of both non-carcinogenic and carcinogenic risks have been performed. The cumulative carcinogenic risk from drinking water reaches a concerning level (1.51×10^{-4}), with arsenic being the primary contributor.

Кемеровская область – Кузбасс является одним из наиболее промышленно развитых регионов Российской Федерации. Высокая концентрация предприятий угледобывающей, металлургической, химической и энергетической отраслей формирует напряжённую экологическую обстановку. Хроническое загрязнение поверхностных водоисточников создаёт условия для длительного поступления в организм населения широкого спектра химических веществ, обладающих канцерогенным действием.

Эпидемиологическая обстановка в регионе остаётся сложной. Показатели заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований в Кузбассе стабильно превышают среднероссийские значения. В структуре онкологической заболеваемости у мужчин лидируют рак лёгкого, колоректальный рак и рак предстательной железы; у женщин – рак молочной железы, заболеваемость которым за последние 10 лет выросла на 37,5% [1].

С 1 января 2024 года в Российской Федерации введено в действие Руководство Р 2.1.10.3968-23 [2], которое предписывает оценивать качество среды обитания не только по принципу «превышает ПДК или нет», но и с позиций вероятности развития заболеваний. Данный переход соответствует современным методическим подходам, описанным в работах веду-

щих гигиенистов [3]. Целью настоящей работы является системный анализ влияния химических факторов питьевой воды на онкологическую заболеваемость населения Кузбасса с количественной оценкой риска.

Современная теория канцерогенеза и механизмы действия загрязнителей рассматриваются в литературе как многостадийная модель. Канцерогенез рассматривается как многостадийный процесс[4], включающий три последовательные стадии. Инициация – необратимое повреждение ДНК (мутации в протоонкогенах, генах-супрессорах опухолей), вызываемое генотоксическими канцерогенами. Промоция – стимуляция пролиферации инициированных клеток под действием промоторов (хроническое воспаление, цитотоксичность). Прогрессия – формирование злокачественной опухоли, способной к инвазии и метастазированию.

Механизмы действия приоритетных загрязнителей питьевой воды. Мышьяк не образует прямых аддуктов с ДНК. Его канцерогенное действие реализуется через окислительный стресс, ингибирование репарации ДНК, эпигенетические изменения и анеуплоидию. Мышьяк классифицирован как канцероген группы 1 (безусловный канцероген для человека) согласно СанПин 1.2.3685-21[5]; хроническое поступление с питьевой водой связано с риском рака кожи, мочевого пузыря, лёгкого и почек. Хлороформ и бромдихлорметан являются негенотоксическими канцерогенами. Хлороформ метаболизируется до фосгена, вызывающего некроз гепатоцитов; компенсаторная регенерация создаёт условия для накопления мутаций. Классифицируются как возможные канцерогены (группа 2B). Тетрахлорметан обладает выраженной гепатотоксичностью, поражает печень, центральную нервную систему и почки. Отнесён к группе 2B (возможный канцероген) [5].

Река Томь является основным источником централизованного водоснабжения для большинства городов Кузбасса. По данным мониторинга, в воде фиксируются вещества 2-го класса опасности.

Оценка неканцерогенного риска. С позиций безопасности жизнедеятельности оценка качества воды не должна ограничиваться формальным сравнением с ПДК. Важно оценить вероятность развития токсических эффектов при хроническом поступлении веществ, что согласуется с современными научными данными о необходимости обоснования отступлений качества питьевой воды [6]. Для этого рассчитывается коэффициент опасности (HQ) как отношение среднесуточной дозы (ADD) к референтной дозе (RfD) [3]:

$$\mathrm{HQ} = \frac{\mathrm{ADD}}{\mathrm{RfD}} \qquad (1)$$

Расчёт среднесуточной дозы проводился для взрослого человека массой 70 кг при потреблении 2 литров воды в сутки [3]:

$$\mathrm{ADD} = \frac{(\mathrm{C} \times \mathrm{V})}{\mathrm{BW}} \quad (2)$$

где C – концентрация вещества, мг/л; V – объём потребления воды (2 л/сут); BW – масса тела (70 кг).

Таблица 1 – Расчет неканцерогенного риска (HQ) для приоритетных веществ в воде г. Юрги (река Томь)

Вещество	ADD, мг/кг/сут	RfD, мг/кг/сут	Коэффициент опасности (HQ)	Критические органы
Мышьяк	0,0000857	0,0003	0,29	Кожа, сердечно-сосудистая система, нервная система
Хлороформ	0,0020000	0,01	0,20	Печень, почки
Фтор	0,00257	0,06	0,043	Зубы, костная система
Свинец	0,0000286	0,0035	0,008	ЦНС, кровь, почки
Бромдихролметан	0,0001429	0,02	0,007	Печень, почки, МПС
Нитриты	0,000286	0,1	0,0028	Кровь (метгемоглобин)
Бор	0,0000857	0,2	0,0004	Репродуктивная система
Никель	0,00000857	0,02	0,0004	Иммунная система, кожа
Дибромхлорметан	0,000014	0,02	0,0005	Печень, почки
Тетрахлорметан	0,0000011	0,004	0,00028	Печень

Для всех исследованных веществ значения HQ значительно ниже 1,0. Это означает, что вероятность развития неканцерогенных эффектов при ежедневном поступлении данных веществ с питьевой водой в течение жизни мала. Наибольшее значение HQ зафиксировано для мышьяка (0,29), что составляет менее трети от допустимого уровня.

Однако с позиций безопасности жизнедеятельности следует учитывать, что даже при HQ < 1,0 длительное воздействие мышьяка и хлороформа связано с риском функциональных нарушений. Мышьяк поражает кожу (гиперкератоз, пигментация), периферическую нервную систему (нейропатии) и сердечно-сосудистую систему [5]. Концентрация свинца в воде (0,001 мг/л) не создает неконцерогенный риск (HQ=0,008), однако требует контроля, так как свинец поражает центральную нервную систему и кровь. Хлороформ оказывает гепатотоксическое и нефротоксическое действие. Таким образом, качество воды в реке Томь не создаёт острого токсического риска, но требует контроля в рамках хронического воздействия.

Оценка канцерогенного риска. Наибольшую угрозу безопасности жизнедеятельности представляет канцерогенный риск. Индивидуальный канцерогенный риск (CR) рассчитывался по формуле [3]:

$$CR = ADD \times SFo \quad (3)$$

где SFo – фактор канцерогенного потенциала при пероральном поступлении.

Таблица 2 – Расчет индивидуального канцерогенного риска (CR) для приоритетных веществ в воде г. Юрги (река Томь)

Вещество	ADD, мг/кг/сут	SFo, $(мг/кг/сут)^{-1}$	Индивидуальный канцерогенный риск (CR)	Уровень риска
Мышьяк	0,0000857	1,5	$1,29 \times 10^{-4}$	Настораживающий
Хлороформ	0,0020000	0,0061	$1,22 \times 10^{-5}$	Допустимый
Бромдихролметан	0,0001429	0,062	$8,86 \times 10^{-6}$	Допустимый
Тетрахлорметан	0,0000011	0,13	$1,43 \times 10^{-7}$	Минимальный

Суммарный канцерогенный риск (TCR) от смеси веществ рассчитывается по принципу аддитивности:

$TCR = 1,29\times10^{-4} + 1,22\times10^{-5} + 8,86\times10^{-6} + 1,43\times10^{-7} = 1,51\times10^{-4}$.

Суммарный риск находится на верхней границе допустимого уровня и граничит с настораживающим. Основной вклад вносит мышьяк – вещество 1-й группы канцерогенности по классификации [5].

Влияние на здоровье и безопасность. С точки зрения безопасности жизнедеятельности, наиболее значимым является канцерогенный риск, обусловленный мышьяком. Хроническое поступление мышьяка с питьевой водой связано с повышенным риском рака кожи, мочевого пузыря, лёгкого, печени и почек [5]. Индивидуальный канцерогенный риск от мышьяка составляет $1,29\times10^{-4}$, что соответствует настораживающему уровню.

Превышение ПДК по хлороформу (0,07 против 0,06 мг/л) является дополнительным фактором, требующим внимания при оценке безопасности питьевого водоснабжения. Хлороформ и бромдихлорметан относятся к группе 2B (возможные канцерогены для человека) [5] и оказывают токсическое действие на печень и почки.

С точки зрения экологии и безопасности жизнедеятельности, качество воды в реке Томь характеризуется следующими показателями:

1. Неканцерогенный риск (HQ) для всех приоритетных веществ находится в пределах нормы ($HQ < 1,0$), что свидетельствует об отсутствии острого токсического воздействия.

2. Зафиксировано превышение ПДК по хлороформу. Что указывает на необходимость усиления контроля над сбросами промышленных предприятий.

3. Канцерогенный риск (TCR = 1,51×10⁻⁴) находится на верхней границе допустимого уровня, что требует разработки плановых мероприятий по снижению риска.

4. Для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения необходима модернизация систем водоподготовки с внедрением технологий удаления мышьяка (обратный осмос) и снижения уровня хлороформа (замена хлорирования на озонирование).

Проведённый анализ показал, что население Кузбасса подвергается комбинированному воздействию химических канцерогенов, поступающих с питьевой водой. Неканцерогенный риск для всех приоритетных веществ находится в допустимых пределах (HQ < 1,0). Однако канцерогенный риск от питьевой воды достигает настораживающего уровня (1,51×10⁻⁴), основной вклад вносит мышьяк (1,29×10⁻⁴). Зафиксировано превышение ПДК по хлороформу, а также локальные превышения по свинцу и кадмию. С учётом напряжённой эпидемиологической обстановки в регионе (превышение среднероссийских показателей по раку лёгкого, рост заболеваемости раком молочной железы) необходима реализация комплексных технологических, организационных и медицинских мероприятий.

Список литературы

1. Борьба с онкологическими заболеваниями // Национальные проекты Кузбасса: официальный сайт. – URL: https://np.ako.ru/upload/iblock/6af/6afaa459f63890bd2f2308e749511571.pdf (дата обращения: 28.10.2026).

2. Р 2.1.10.3968-23. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания / утв. Роспотребнадзором 06.09.2023. – М., 2023. – 301 с. URL: https://docs.cntd.ru/document/1304711431 (дата обращения: 28.10.2026).

3. Рахманин Ю.А. Современные методические подходы к оценке риска здоровью населения от воздействия химических веществ / Ю.А. Рахманин, Н.С. Полина, А.В. Аниканова // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 3. – С. 33–41. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metodicheskie-podhody-k-otsenke-riska-zdorovyu-naseleniya-ot-vozdeystviya-himicheskih-veschestv (дата обращения: 28.10.2026).

4. Белицкий Г. А. Химический канцерогенез //Проблемы клинической медицины. – 2006. – Т. 5. – №. 1. – С. 10.

5. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2. – Москва, 2021. –

URL: https://nagut6.gosuslugi.ru/netcat_files/174/2801/SP123685_21.pdf (дата обращения: 28.10.2026).

6. Обоснование временных отступлений качества питьевой воды с учетом новых научных данных для оценки риска здоровью населения / Д.С. Исаев, Н.А. Мозжухина, А.А. Степанян // Здоровье населения и среда обитания-ЗНиСО. – 2024. – Т. 32, № 5. – С. 23–32. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-vremennyh-otstupleniy-kachestva-pitievoy-vody-s-uchetom-novyh-nauchnyh-dannyh-dlya-otsenki-riska-zdorovyu-naseleniya (дата обращения: 28.10.2026).