

ОЦЕНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОДОЕМОВ ИОНАМИ ЖЕЛЕЗА ОТ ПРОИЗВОДСТВ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА

Поплавская О.Е.,¹ магистрант

Габдрахманова Г.Н.,² к.х.н., старший преподаватель КНИТУ-КАИ

^{1, 2} ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Казань

В статье выполнена оценка неканцерогенного риска при поступлении ионов железа с питьевой водой. Индекс опасности до очистки составляет 9,85, после адсорбции на цеолите снижается до 0,13. Обоснована необходимость применения адсорбционных технологий как меры минимизации экологического ущерба.

Ключевые слова: неканцерогенный риск, ионы железа, адсорбционная очистка, коэффициент опасности.

Предприятия по производству синтетического каучука эмульсионной полимеризации относятся к числу наиболее значимых источников антропогенного воздействия на водные объекты. Сточные воды таких производств содержат широкий спектр загрязнителей, включая момеры (стирол, бутадиен), поверхностно-активные вещества, сульфаты, нитриты, а также ионы тяжелых металлов. Согласно данным производственного мониторинга, концентрация общего железа в неочищенных стоках достигает 12 мг/л, что в 40 раз превышает установленную предельно допустимую концентрацию.

Железо, поступающее в поверхностные водоемы со сточными водами, при использовании воды для хозяйственно-питьевых целей создает дополнительную нагрузку на организм человека. Хроническое поступление повышенных концентраций железа ассоциировано с поражением желудочно-кишечного тракта, нарушением всасывания микроэлементов и окислительным стрессом [1].

Оценка неблагоприятных производственных факторов оценены на 80 рабочих местах, используя материалы специальной оценки условий труда и сведения производственного мониторинга. Здоровье 674 сотрудников обследовано в ходе регулярных медосмотров. Наиболее многочисленные группы обследованных составили аппаратчики (33,2%), слесари по ремонту технологического оборудования (12,8%), операторы насосных и компрессорных установок (10,7%), специалисты по контрольно-измерительным приборам и автоматике (КИПиА) (9,1%). Оценка здоровья осуществлялась в привлечением комплекса клинических, лабораторных и

инструментально-функциональных методов диагностики. Установлено, что рабочие зоны выпуска синтетического каучука характеризуются сочетанием негативных влияний химических реагентов, производственного шума, тяжести труда и локальным воздействием микроклиматических условий [30].

Количественное и (или) качественное исследование угрозы здоровью человека предполагает выявление вероятности возникновения негативных последствий для конкретной группы населения, обусловленных существующим или возможным влиянием факторов внешней среды в определенных условиях экспозиции.

В настоящее время термин «риск» имеет множество определений. Согласно федеральному закону №184-ФЗ «О техническом регулировании», под риском понимается вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

При анализе риска формирования неканцерогенных эффектов принимается допущение о наличии порогового уровня, ниже которого негативные воздействия отсутствуют. Безопасные уровни воздействия – такие дозы или концентрации химических веществ, воздействие которых на популяцию, включая ее чувствительные подгруппы, не вызовет каких бы то ни было уловимых вредных эффектов. В ситуациях сложного поступления вещества несколькими путями (через пищеварительную систему, кожу, вещества несколькими путям (через пищеварительную систему, кожу, дыхательные пути) и комбинированного влияния множества химических соединений предполагается суммирование (аддитивность) отдельных рисков.

Оценка неканцерогенного риска выполнялась в соответствии с методологическими подходами, изложенными в руководстве Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» и методических рекомендациях МР 2.1.4.0032-11 [2].

Моделировалась ситуация хронического перорального поступления загрязняющих веществ с питьевой водой. В качестве реципиента выбрана детская возрастная группа (масса тела 15 кг, суточное водопотребление 2 л, частота воздействия 350 дней/год, продолжительность экспозиции 6 лет, период осреднения 6 лет). Такой выбор обусловлен повышенной чувствительностью детского организма к токсическим воздействиям и более высокой удельной дозой на единицу массы тела по сравнению со взрослыми.

Суточная доза поступления D /мг/кг ·день) рассчитывалась по формуле (1):

$$D = \frac{C_w \cdot V \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365} \quad (1)$$

где C_w – концентрация вещества в воде, мг/л; V – объем водопотребления, л/сут; EF – частота воздействия, дней/год (350); ED – длительность воздействия, лет; BW – масса тела, кг; AT – период осреднения.

Коэффициент опасности (HQ) для отдельного вещества определялся как отношение суточной дозы к референтной дозе (RfD) рассчитывался по формуле (2):

$$HQ = \frac{D}{RfD} \quad (2)$$

При $HQ < 1$ риск считается приемлемым; при $HQ \geq 1$ – неприемлемым, требующим принятия управленческих решений.

При расчете индексов опасности рекомендуется учитывать критические органы/системы, подверженные воздействию изучаемых веществ, поскольку при воздействии компонентов смеси на одни и те же органы или системы организма наиболее вероятным типом их комбинаторного действия является суммация. Такой подход, применяемый при оценке риска неканцерогенных воздействий, несмотря на свой консерватизм и возможное завышение реальной угрозы здоровью, является более обоснованным по сравнению с независимым оцениванием каждого компонента отдельно либо предположением об абсолютной аддитивности элементов смеси.

При одновременном воздействии нескольких веществ, влияющих на одни и те же органы – мишени, рассчитывался индекс опасности (HI) как сумма коэффициентов опасности по формуле (3):

$$HI = \sum HQ_i \quad (3)$$

Перечень анализируемых веществ включал: железо общее, нитрит-ионы, сульфат-ионы, взвешенные вещества и биохимическое потребление кислорода (БПК полный). Референтные дозы (RfD) приняты согласно международным и отечественным справочным данным.

Исходные данные концентрации загрязняющих веществ в сточной воде до очистки: железо – 12 мг/л, нитриты – 0,142 мг/л, сульфаты – 199 мг/л, взвешенные вещества – 50 мг/л, БПК полный – 5,6 мг/л. Объем водопотребления принят 2 л/сут, что соответствует физиологической норме для ребенка, массой 15 кг.

Коэффициенты опасности рассчитывались с использованием референтных доз: для железа $RfD = 0,3 \text{ мг/кг} \cdot \text{день}$; нитритов – 3,0; сульфатов – 500; взвешенных веществ – 1,5; БПК полного – $3,0 \text{ мг/кг} \cdot \text{день}$.

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты опасности и индекс опасности до очистки сточных вод

Загрязняющее вещество	Суточная доза D, мг/кг · день	RfD, мг/кг · день	Коэффициент опасности HQ	Критический орган/система
Железо общее	1,60	0,3	5,33	Печень, ЖКТ
Нитрит-ионы	0,0182	3,0	0,006	Кровь (метгемоглобин), ЖКТ
Сульфат-ионы	25,45	500	0,051	ЖКТ, почки
Взвешенные вещества	6,39	1,5	4,26	Дыхательная система
БПК полный	0,716	3,0	0,239	ЖКТ
Индекс опасности HI	-	-	9,85	

Анализ таблицы показывает, что коэффициент опасности для железа многократно превышает пороговое значение, что характеризует риск как неприемлемо высокий. Вклад железа в суммарный индекс опасности составляет 54,1%. Взвешенные вещества также дают значительный $HQ = 4,26$, что связано с возможным содержанием на их поверхности сорбированных органических и неорганических токсикантов. Нитриты, сульфаты и БПК вносят незначительный вклад (суммарно менее 3%). Общий индекс опасности $HI = 9,85$ почти в 10 раз превышает допустимый уровень, что свидетельствует о высокой вероятности развития неблагоприятных эффектов у населения, особенно у детей.

На основании патентно-реферативного обзора и экспериментальных данных для очистки сточных вод от ионов железа предложен адсорбционный метод с использованием природного цеолита Татарско-Шатрашанского месторождения. Выбор сорбента обусловлен его высокой ионообменной ёмкостью по отношению к катионам Fe^{2+} и Fe^{3+} , механической прочностью, химической стойкостью и доступностью. Оптимальная фракция сорбента — 1–3 мм.

Эффективность удаления железа в лабораторных и расчётных условиях достигла 97,5 %, остаточная концентрация — 0,3 мг/л (соответствует ПДК). После внедрения очистки суточная доза железа снижается до:

$$D_{\text{после}} = \frac{0,3 \cdot 2 \cdot 350 \cdot 6}{15 \cdot 6 \cdot 365} = 0,04 \text{ мг/кг} \cdot \text{день}$$

Коэффициент опасности после очистки:

$$HQ_{\text{после}} = \frac{0,04}{0,3} = 0,13$$

Значение $HQ = 0,13 < 1$ характеризует риск как приемлемый (минимальный). Снижение коэффициента опасности по сравнению с исходным уровнем составляет более 40 раз. Индекс опасности по железу после очистки не превышает 0,13, что соответствует санитарно-гигиеническим нормативам [3].

Сравнительный анализ показывает, что основным фактором, формирующим неприемлемый уровень неканцерогенного риска, является повышенное содержание железа в сточных водах. Даже при соблюдении нормативов по другим показателям (нитриты, сульфаты, БПК) высокие концентрации железа создают реальную угрозу здоровью населения. Особую тревогу вызывает тот факт, что в зоне влияния предприятия находятся населённые пункты, использующие воду из реки Волга для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Литература:

1. Тунакова Ю.А., Валиев В.С., Габдрахманова Г.Н. Использование природного цеолита для очистки вод // Ползуновский вестник. 2024. № 1. С. 179–185.
2. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
3. МР 2.1.4.0032-11. Оценка риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих питьевую воду. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 28 с.