

А. С. Вашетко, А. С. Мороз

ОЦЕНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С ПОВЫШЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ЖЕЛЕЗА

Научный руководитель: канд. мед. наук, доц. Г.Д. Кейс

Кафедра радиационной медицины и экологии

Белорусский Государственный Медицинский Университет, г. Минск

A. S. Vashetko, A. S. Moroz

NON-CARCINOGENIC RISK ASSESSMENT OF EXCESS IRON IN DRINKING WATER

Tutor: associate professor G.D. Keis

Department of Radiation Medicine and Ecology

Belarusian State Medical University, Minsk

Резюме. Результаты проведенной оценки неканцерогенного риска позволяют утверждать, что химический состав питьевой воды может оказывать вредное воздействие на здоровье человека.

Ключевые слова: железо, питьевая вода, неканцерогенный риск.

Resume. The findings of the accomplished assessment of non-carcinogenic risk allow to assert, that the drinking water chemical parameters may have hazardous effects on human health.

Keywords: iron, drinking water, non-carcinogenic risk.

Актуальность. Одним из важных факторов, определяющих здоровье и качество жизни населения, является питьевая вода. Согласно современным представлениям основное негативное влияние воды на здоровье обусловлено наличием в ней вредных примесей химической и биологической природы. Актуальным для многих регионов Республики Беларусь является избыток железа.

В подземных водах присутствует в основном растворенное двухвалентное железо в виде ионов Fe^{2+} . Трехвалентное железо появляется после контакта такой воды с кислородом воздуха и в изношенных системах водоснабжения, при контакте воды с поверхностью железосодержащих водопроводных труб [3].

Проблема избытка в воде природного железа остается одной из ведущих для водообеспечения нашей страны. Превышение гигиенического норматива железа характерно для 70% артезианских скважин. В среднем по республике в 10% случаев концентрация железа в воде артезианских скважин достигает 5 и более ПДК [2]. Избыток железа в питьевой воде может негативно отразиться на состоянии здоровья. В связи с этим так важна количественная оценка ежесуточного и хронического многолетнего уровня перорального поступления железа, а также оценка связанного с ним риска для здоровья.

Цель: изучение и гигиеническая оценка состояния водоснабжения населенного пункта и влияния загрязнения питьевой воды на здоровье населения с использованием методологии оценки неканцерогенного риска.

Задачи:

1. Выполнить расчет среднегодовой концентрации железа в питьевой воде.
2. Провести расчет и дать оценку риска развития неканцерогенных эффектов у населения,

потребляющего питьевую воду с избыточным содержанием железа (коэффициент опасности, потенциальный риск неспецифических токсических эффектов).

3. Подготовить заключение по выполненной оценке неканцерогенного риска и рекомендации для устранения обнаруженных рисков.

Материал и методы. Объектом исследования была выбрана система водоснабжения военного городка в населенном пункте Пятевщина (Минский район Минской области). Настоящим исследованием охвачен период с января по декабрь 2018 года. Отбор и полный лабораторный анализ проб воды выполнялся ежеквартально аккредитованной лабораторией государственного учреждения «23 санитарно-эпидемиологический центр Вооруженных Сил Республики Беларусь».

Ретроспективная оценка неканцерогенного риска здоровью в связи с пероральным поступлением железа с питьевой водой проводилась в соответствии с требованиями, изложенными в Инструкции 2.1.4.10 – 11-2-2005 «Оценка риска здоровью населения от воздействия химических веществ, загрязняющих питьевую воду» [1] и в СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Значения факторов экспозиции, рекомендуемые как стандартные, принимались в соответствии с выше названной Инструкцией: потребление питьевой воды взрослым человеком возрастом более 18 лет, сценарий жилой зоны, – 2,00 л/сутки; потребление питьевой воды детьми возрастом до 6 лет, сценарий жилой зоны, – 1, 00 л/сутки. Масса тела, взрослый, 18 и более лет, – 70 кг; масса тела, дети менее 6 лет – 15 кг. Продолжительность экспозиции при хроническом воздействии для взрослых 30 лет, для детей – 6 лет.

Для расчета величины среднесуточной дозы поступления химического вещества использовалась формула [1]:

$$LADD = \frac{C \cdot IR \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT \cdot 365}$$

где: $LADD$ – среднесуточная доза в течение жизни (величина поступления), мг/кг x сут.; C – концентрация вещества в воде, мг/л; IR – скорость поступления воздействующей среды (среднесуточный объем водопотребления, л/сут.); ED – продолжительность воздействия, лет; EF – частота воздействия, дней/год; BW – масса тела человека, кг; AT – период осреднения экспозиции, лет; 365 – число дней в году.

Для расчета коэффициента опасности использовалась формула [1]:

$$HQ = LADD / RfD$$

где: HQ – коэффициент опасности; $LADD$ – среднесуточная доза в течение жизни, мг/кг x сут.; RfD – референтная доза, мг/кг;

Для расчета потенциального риска хронического действия использовалась формула [1]:

$$Risk = 1 - \exp((\ln(0,84) / (ПДК \times K_3)) \times C)$$

где: $Risk$ – вероятность развития неспецифических токсических эффектов при хронической интоксикации в заданных условиях; C – концентрация вещества, оказывающая воздействие за заданный период времени; $ПДК$ – предельно допустимая

концентрация, мг/л; K_3 – коэффициент запаса, обычно принимаемый равным 10.

В качестве концентраций химических веществ в питьевой воде взят верхний доверительный уровень средних концентраций с 95% вероятностью, полученных по результатам лабораторных исследований, проведенных в государственном учреждении «23 санитарно-эпидемиологический центр Вооруженных Сил Республики Беларусь» (таблица 1).

Табл.1. Концентрация железа в питьевой воде по результатам лабораторных исследований за 2018 г. (военный городок населенного пункта д. Пятевщина)

Даты исследования питьевой воды	Март 2018	Июнь 2018	Сентябрь 2018	Декабрь 2018
Концентрация железа в питьевой воде, мг/л	1,38	1,65	1,72	1,7

Результаты и их обсуждение. Концентрация железа в питьевой воде составила $(1,613 \pm 0,079)$ мг/л при нормативе предельно допустимой концентрации (ПДК) для железа 0,3 мг/л, класс опасности 3, лимитирующий признак вредности, по которому установлен норматив – органолептический [1, 4], что говорит об изменении вкуса, запаха, цветности воды при высоких концентрациях железа. Однако мы сконцентрировали внимание на оценке риска непосредственного вреда для здоровья населения при употреблении воды с избыточным содержанием железа.

В качестве верхнего допустимого уровня среднесуточной дозы перорального поступления железа нами принималось значение референтной дозы RfD. Для железа она составляет 0,01 мг на килограмм массы тела в сутки [1]. Таргетными органами и системами при пероральном поступлении в организм избытка железа являются, как известно, слизистые оболочки, кожа, кровь, иммунная система.

Методология оценки неканцерогенного риска предусматривает проведение двух этапов: расчет коэффициента опасности и расчет потенциального риска длительного (хронического) воздействия. Коэффициент опасности HQ определяют путем сопоставления величин потенциальной суточной дозы вещества, поступающего перорально, и уровня безопасного воздействия при этом же пути поступления, т.е. референтной дозы. Для взрослых и детей до 6 лет среднесуточная доза поступающего с питьевой водой железа составила $(0,119 \pm 0,079)$ мг/кг. Рассчитанный при этом HQ равен $11,912 \pm 0,079$, что указывает на существующую вероятность развития вредных эффектов на критические системы.

Способность железа легко окисляться и восстанавливаться определяет многогранность его функций. В сложных биохимических процессах связывания, транспорта и передачи кислорода клеткам и тканям для обеспечения клеточного дыхания, участия в метаболизме белков, жиров и углеводов, эндогенных метаболитов и ксенобиотиков железо является незаменимым другими металлами. Ионы железа участвуют в процессах митоза, синтеза ДНК и коллагена, а также в неспецифических реакциях иммунной системы. Поэтому нарушение метаболизма железа в организме определяет патогенез большого количества заболеваний.

Механизмы токсичности железа связаны с окислением в крови двухвалентного железа в трехвалентное. Ионы трехвалентного железа образуют комплексы с белками плазмы (гамма-глобулин, трансферрин). Металлы переменной валентности также усиливают образование высокорекреационных гидроксильного и алкоксильного радикалов, инициирующих процесс перекисного окисления липидов. Увеличение скорости перекисного окисления липидов приводит к повреждению органелл. Острая интоксикация железа может подавлять функции Т-киллеров, а хроническая передозировка оказывает влияние на иммунорегуляцию, при избыточном поступлении железа снижается фагоцитарная активность макрофагов, Т-хелперов, НК-клеток. В случае оптимального содержания железа оно оказывает позитивное действие на иммунные процессы. Кроме того, стимулируется синтез коллагена липоцитами печени – клетками, ответственными за синтез соединительной ткани.

Избыточная концентрация железа приводит к хронической перегрузке организма железом. Это может вызывать изменения во внутренних органах по типу гемохроматоза - нарушение обмена железа с накоплением его в тканях и органах, при котором повреждаются печень, сердце и поджелудочная железа. В поджелудочной железе выявляются фиброз и дегенерация паренхимы с отложением железа в ацинарных клетках, макрофагах, островках Лангерганса и в фиброзной ткани. Клинические проявления данной патологии - гипотиреоз, тошнота, рвота, гипергликемия, пигментация кожи, потеря веса, общая слабость и повышенная утомляемость.

Вода с высокой концентрацией железа также может негативно влиять на кожу, вызывая атрофию эпидермиса и значительное истончение кожи, а также может вызывать акне и экзему. Помимо этого, характерно повышение содержания меланина в базальном слое эпидермиса и гиперпигментация кожи.

Потенциальный риск неспецифических токсических эффектов, обусловленный хроническим потреблением питьевой воды при установленном уровне содержания железа, составил 0,103. Данный результат, оцениваемый по эффектам неспецифического действия, рассматривается как вызывающий опасение [1].

Выводы:

1 Уровень содержания железа двухвалентного (Fe^{2+}) в питьевой воде системы водоснабжения военного городка в населенном пункте д. Пятевщина (Минский район, Минская область) за период январь – декабрь 2018 года составлял $(1,613 \pm 0,079)$ мг/л, что пятикратно превышало ПДК 0,3 мг/л.

2 Коэффициент опасности HQ для целевых систем (система крови, иммунная система, кожа и слизистые оболочки) для взрослых и детей до 6 лет составил $11,912 \pm 0,079$, что указывает на высокий риск развития вредных эффектов по типу тех, которые наблюдаются при гемохроматозе, и связанных с угнетением клеточного и гуморального иммунитета, тяжёлыми нарушениями состояния кожи.

3 Потенциальный риск неспецифических токсических эффектов при установленном уровне содержания железа, составивший 0.103, вызывает опасение. Данный медико-статистический показатель означает, что при постоянном (хроническом) воздействии питьевой воды с содержанием железа $(1,613 \pm 0,079)$ мг/л у 103 человек из 1000 постоянно проживающих на исследуемой территории на протяжении своей

жизни могут появиться симптомы хронической интоксикации.

4 Проведенная оценка опасности для критических органов и систем и потенциального риска неспецифических токсических эффектов от установленного уровня содержания железа в питьевой воде требуют принятия скорейших адекватных мер по водоподготовке и регулированию качества питьевой воды в системе водоснабжения военного городка в населенном пункте Пятевщина, а именно: применение фильтров и фильтросистем для доочистки питьевой воды. Подбор фильтров, оптимальных по своим свойствам и параметрам, является важнейшим фактором, обеспечивающим эффективность работы установок по обезжелезиванию воды.

Литература

1. Инструкция 2.1.4.10–11–2–2005 «Оценка риска здоровью населения от воздействия химических веществ, загрязняющих питьевую воду», утв. пост. Глав. гос. сан. врача РБ от 22.02.2005 г. № 19. – Минск, 2005. – 123 с.

2. Позин, С.Г. О некоторых направлениях обеспечения безопасности воды для здоровья населения Республики Беларусь / С.Г. Позин, Т.В. Амвросьева, В.И. Ключенович // Военная медицина. – 2006. – №1. – С.90-93.

3. Поляков, В.Ю. Оценка перорального поступления железа с питьевой водой города Биробиджана для различных возрастных групп населения / В.Ю. Поляков, И.Л. Ревуцкая, С.И. Крохалёва // Экология человека. – 2018. – № 1. – С. 20-25.

4. Санитарные правила и нормы 2.1.4. «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10-124 РБ 99»: утв. пост. Глав. гос. сан. врача РБ от 19.10.1999 г. № 46, с изм., утв. пост. Глав. гос. сан. врача РБ от 26.03.2002 г. № 16. – Минск, 2002. – 47 с.