

*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.