

¹А.А. Донецкова, ²Е.Н. Сквалецкий, ²А.А. Пелагеин

¹A.A. Donetskova, ²E.N. Skvaletsky, ²A.A. Pelagein

¹Оренбургский государственный университет, ²Отдел геоэкологии Оренбургский научный центр УрО РАН

¹Orenburg state university, Orenburg Research Center, ²Russian Academy of Sciences

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МАКРОКОЭЛЕМЕНТОВ В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ A CONTENT ANALYSIS OF MAKROKOELEMENTOV IN DRINKING WATER

Аннотация. Охарактеризовано качество подземных питьевых вод по общим показателям по санитарным нормам и правилам на водозаборах Оренбургской области. Показаны возможные проблемы состояния здоровья населения, связанные с потреблением некачественной питьевой воды.

Abstract. Quality of underground potable water on the generalized indicators on sanitary rules and norms on water intakes of the Orenburg region is characterized. Possible problems of a state of health the population connected with consumption of poor-quality potable water are shown.

В соответствии с Санитарными Нормами (СанПиН 2.1.4.1074-01) далее рассматриваются макроэлементы, наиболее характерные для подземных питьевых вод Оренбуржья.

Макроэлементы. Кальций входит во многие биологические структуры организма, в т.ч. в костную ткань, его содержание составляет в среднем 2,5 % от веса человека; обмен кальция в организме связан с обменом магния и стронция. Содержание кальция в питьевой воде нормируется по органолептическому показателю через общую жесткость (100-140 мг/дм³ в зависимости от содержания магния). Основные техногенные источники поступления кальция в окружающую среду – производство цементов, сточные воды предприятий, бытовые стоки. Повышенное содержание кальция связано с поступлением в подземные и поверхностные воды сульфатов, хлоридов, гипса из гипсоносных пород, ангидридов; гидрокарбонаты и карбонаты кальция имеют незначительную растворимость. Токсическое действие кальция наблюдается при очень высоких концентрациях, которые в природных водах практически не встречаются. Длительное употребление воды с высоким содержанием (340 мг/дм³) кальция, приводит к нарушению йодного обмена. В больших дозах кальций вызывает усиление кальцификации, мочекаменную болезнь и ослабление процессов регенерации. В подземных водах Оренбуржья содержание кальция в воде изменчиво и колеблется, как правило, в пределах от 20-40 до 120-160 мг/дм³; при превышении его количества 120 мг/дм³ в водах магниевых-кальциевых и кальциевых-магниевых катионного состава общая жесткость воды достигает 12-18 мг-экв/дм³, вода становится очень жесткой, не пригодной и вредной для питья.

Магний активизирует ферменты углеводного обмена, участвует в образовании белков, снижает возбуждение в нервных клетках, расслабляет сердечную мышцу. Основные пути выделения из организма – почки и кишечник. Содержание магния вместе с кальцием в питьевой воде нормируется по общей жесткости. Дефицит магния в организме характерен для людей, подвергающихся хроническим стрессам, сахарном диабете. Недостаток магния является одним из предрасполагающих факторов развития заболеваний сердечно-сосудистой

системы, гипертонической болезни, судорог. Токсичны только очень высокие дозы магния, безвредным считается уровень 5 мг на 1 кг веса. Воздействие более высокой дозы в питьевой воде в течение 10 месяцев вызывало сосудистые нарушения во внутренних органах [1]. В подземных водах содержание Mg^{2+} изменчиво, при этом заметно возрастает в районе развития магнийсодержащих пород. Благодаря меньшему молекулярному весу, магний может превалировать над кальцием, что и отмечается в Центральном и Западном Оренбуржье в 1/3 проб подземных вод.

Калий – основной внутриклеточный катион, макрокомпонент организма, играет важную роль в поддержании осмотического давления, углеводном обмене, синтезе белков. В организме взрослого содержится 160-250 г калия. Главным природным источником калия являются изверженные горные породы и продукты их химического выветривания, в т.ч. калиевых полевых шпатов (микроклины, ортоклазы и калиевые соли – сильвин). В подземных и поверхностных водах Оренбуржья содержание калия находится на уровне 2,0-3,0 мг/дм³, т.е. в 10-40 раз меньше, чем натрия. Содержание калия в подземных и поверхностных водах, используемых в питьевых целях, не покрывает потребность человека в этом элементе, равную 2-3 г/сут.

Основными техногенными источниками поступления калия в окружающую среду являются предприятия черной металлургии и автотранспорт. В воде рек ниже расположения калийных предприятий на Западном Предуралье содержание калия составляет 100-1500 мг/дм³, при фоне в речной воде 2-3 мг/дм³.

Натрий повсеместно встречается в воде, благодаря высокой растворимости его соединений. Содержание натрия нормируется СанПиН по санитарно-токсикологическому признаку, ПДК составляет 200 мг/дм³, что соответствует рекомендациям ВОЗ [2], класс опасности II (опасные). В основной части систем водоснабжения Оренбуржья содержание натрия в воде 20-80 мг/дм³. Иногда его концентрация достигают 150-300 мг/дм³ и более, особенно в районах развития соляно-купольной тектоники – в Предуральском прогибе и Прикаспийской синеклизе (Беляевский, Соль-Илецкий, Акбулакский, Первомайский административные районы).

Обычно соли натрия обладают острой токсичностью, и нормально функционирующие почки эффективно выводят лишней натрий из организма. Избыточное поступление NaCl вызывает рвоту, конвульсии, мышечные судороги. Эпидемиологическими исследованиями показано, что живущие в районах с умеренными уровнями содержания натрия в питьевой воде (130-170 мг/дм³), имеют более высокое кровяное давление по сравнению с районами с низким количеством натрия (50-60 мг/дм³) в питьевой воде. В речных водах суммарное содержание ионов натрия и калия составляет 90-150 мг/дм³, редко до 200-230 мг/дм³, а половина проб питьевых вод по типу минерализации относится к натриевым, натриево-магниевым (кальциевым) или магниевым-(кальциевым) натриевым как в восточной, так и в западной частях региона.

Фосфаты. Фосфор – основной внутриклеточный макроэлемент в организме человека, играющий важную роль в окислительном процессе. В организме фосфор сосредоточен главным образом в скелете (фосфат кальция – 1,4 кг), мышцах (100-130 г), нервной ткани и мозгу. Тело человека содержит в среднем около полутора килограммов этого элемента [1]. Почти все важнейшие физиологические процессы в организме человека связаны с превращениями фосфорорганических веществ. Обмен фосфора регулируется паразитовидными железами. При избыточном поступлении фосфора повышается уровень выведения кальция и создается риск разрежения костного вещества. Суточная потребность человека

1500-1600 мг. Полифосфаты образуются в питьевой воде в процессе ее обработки в системах водоснабжения. ПДК полифосфатов в питьевой воде по PO_4 – 3,5 мг/дм³. Элементарный фосфор относится к сильнодействующим ядам санитарно-технологического характера (I класс опасности, ПДК 0,0006 мг/дм³). Кроме того, фосфаты поступают в воду техногенным путем с бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными сточными водами.

Сульфаты. Согласно нормам РФ предельное содержание иона SO_4 в питьевой воде 500 мг/дм^3 , оптимальная концентрация колеблется от 300 до 400 мг/дм^3 . Предельно допустимая концентрация сульфатов в воде не является гарантией от неблагоприятного воздействия на человека. Так, население пустынь и полупустынь Средней Азии приспособилось к регулярному использованию минерализованной воды с содержанием сульфатов порядка 500 мг/дм^3 и более, в то время как у приезжих часто наблюдаются желудочные расстройства. Неблагоприятное влияние сульфатов на функцию желудочно-кишечного тракта человека, проявляющееся в снижении кислотности желудочного сока и диареи, наступает при концентрации сульфатов в воде около 1000 мг/дм^3 . По данным И.В. Мудрого [3] у лиц, более 2 лет употреблявших высокоминерализованные питьевые воды сульфатного состава с сухим остатком $2000-3000 \text{ мг/дм}^3$ отмечаются склонности к гипертоническому состоянию, появлению реактивности сосудов, а также изменению в водно-солевом равновесии. Сульфаты ухудшают органолептические свойства питьевой воды, вызывают рост минерализации и жесткости, нарушают деятельность желудочно-кишечного тракта. Сульфаты калия (3 класс опасности) более вредны, чем сульфаты натрия (4 класс).

В Оренбуржье сульфатный тип минерализации развит широко, отмечается при величине сухого остатка $900-1000 \text{ мг/дм}^3$. Превышение допустимого содержания иона SO_4 (500 мг/дм^3) наблюдается во многих административных районах на востоке и западе области. В западных районах сульфат-ион поступает в подземные воды за счет выщелачивания его из сульфатсодержащих пород (гипсы, ангидриды) сокской свиты и казанского яруса верхней перми.

Взаимосвязь общей минерализации подземных вод и содержания сульфатов, наиболее заметно проявляющаяся в Бугульминском бассейне на северо-западе области (Бугурусланский, Абдулинский, Матвеевский, Пономаревский, другие районы), изучена А.В. Мишуриным [4]. На большом фактическом материале установлено, что в диапазоне минерализации от $1,0$ до $3,0 \text{ г/дм}^3$ коэффициент корреляции (r) между минерализацией и SO_4 равен $0,9$, что свидетельствует о тесной функциональной связи между ними.

В центральной части Общего Сырта на территории р/ц Плешаново, по данным 168 определений коэффициент корреляции сухого остатка (от $1,0$ до $2,5 \text{ г/дм}^3$) от иона SO_4 составил $0,72$, т.е. величину общей минерализации определяет сульфат-ион. Это подтверждается анализом динамики содержания сульфат-иона в зависимости от глубины залегания подземных вод. До глубины $50-80 \text{ м}$ воды преимущественно пресные с сухим остатком $0,3-0,8 \text{ г/дм}^3$, в более глубоких частях разреза минерализация растет до $1,5-2,5 \text{ г/дм}^3$, причем этот рост обуславливает ион SO_4 . Эта особенность верхнепермского водоносного комплекса не имеет аналогов среди других водоносных подразделений, где метаморфизация подземных вод происходит иными путями.

При минерализации $1,0-3,0 \text{ г/дм}^3$ среди анионов преобладают ($>50 \%$) ионы SO_4 . Подтягивание сульфатных вод в процессе откачек из скважин не только вызывает рост сверхнормативного содержания иона SO_4 , но и выводит некоторые разведанные месторождения из числа действующих, как это произошло на Мустафинском месторождении. Здесь в казанском водоносном горизонте с утвержденными запасами по категориям А+В в количестве $1,0$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$, минерализация воды через год повысилась до $2,6-3,4 \text{ г/дм}^3$, жесткость до $29-38 \text{ мг-экв/дм}^3$, что сделало ее непригодной для питьевых целей, несмотря на то, что отбор воды был меньше утвержденных запасов ($800 \text{ м}^3/\text{сут}$). Аналогичная ситуация наблюдалась и на других месторождениях подземных вод: Кинельском и Азаматском в Матвеевском районе, Кармалкском водозаборе в Бугуруслане, Донгузском в Оренбургском районе. Основной причиной является завышенная оценка возможности отбора подземных вод из верхнепермского водоносного комплекса, что связано с использованием при расчетах водоотбора и понижений уровней в эксплуатационных скважинах средних показателей, не увязанных с изменчивостью фильтрационных свойств.

Изменчивость показателя определяют среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации $V=o/x$, где o – среднее квадратическое отклонение, x – среднее

арифметическое. При оценке свойств грунтов принято, что при $V < 10\%$ они считаются однородными, при $10\% < V < 20\%$ умеренно изменчивыми, при $20\% < V < 30\%$ – неоднородными, $V > 30\%$ – весьма неоднородными. Эту градацию вполне правомерно применить и для фильтрационно-ёмкостных свойств (ФЕС) водовмещающих пород – водопроницаемости (Кф) и водопроницаемости (Км). Рассматривая гидродинамические показатели, следует отметить очень высокую их неоднородность (V) для верхнепермского водоносного комплекса, составляющую 40-83 %. В гидрогеологических методических и нормативных документах вопросы выбора средних значений ФЕС теоретически проработаны слабо, в результате, как показывает практика, гидрогеологические прогнозы по сохранению качества подземных вод на водозаборах в процессе эксплуатации не всегда подтверждаются.

Хлориды. Нормативное содержание хлоридов в питьевой воде 350 мг/дм^3 . В минерализованных ($>3,0 \text{ г/дм}^3$) мягких водах это содержание, как правило, превышает гигиенический норматив в два-три раза, а в среднеминерализованных ($1,0-3,0 \text{ г/дм}^3$) до 1,5 раз. Подобное положение наиболее характерно для Восточного Оренбуржья. В центральных и южных районах повышенное количество хлоридов (до $500-600 \text{ мг/дм}^3$) связано с солянокупольной тектоникой. В северо-западных районах (Северный, Асекеевский, Бугурусланский, Абдулинский, Матвеевский, Грачевский) рост содержания хлоридов происходит в связи с разгрузкой минерализованных вод из отложений казанского яруса. В некоторых районах (Шарлык, Саракташ, Гавриловка, Беляевка, Оренбург) эти процессы происходят настолько широко, что приводят к формированию вод хлоридного натриевого состава с минерализацией $2-5 \text{ г/дм}^3$ и более, имеющих лечебное значение.

Установлено, что употребление для питьевых целей вод с содержанием хлоридов $1,5-3$ ПДК оказывает неблагоприятное действие на здоровье населения, проявляющееся повышением как общей, так и онкологической смертности, а также болезнями органов кровообращения, пищеварения, мочеполовой системы. Уровень заболеваемости повышается в паводковый период, когда наблюдается повышенное содержание металлов, органических веществ, мутности воды. Хлорирование питьевой воды повышенными дозами хлора сказывается не только на органолептических свойствах воды, но и оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье населения [2, 5]. Высокое содержание хлоридов является показателем снижения общего качества воды и служит косвенным признаком возможного фекального ее загрязнения.

Нитраты и нитриты. Внимание к соединениям азота связано с тем, что применение азотистых веществ в промышленности и сельском хозяйстве привело к их росту в воде в виде нитратов (NO_3), нитритов (NO_2) и солей аммония (NH_4) и стало причиной ряда заболеваний. Нитриты более токсичны, чем нитраты, но в природных условиях нитриты, окисляясь, быстро переходят в нитраты. В хлорированной питьевой воде содержание нитритов часто ниже даже пределов обнаружения. Нитраты, как более устойчивые соединения, имеют гигиенический норматив по СанПиН 45 мг/дм^3 . Нитриты и нитраты поступают в организм, как с водой, так и с продуктами питания, в основном растительного происхождения. Воздействие данных соединений на организм проявляется в изменении работы сердечнососудистой и выделительной систем, а также органов желудочно-кишечного тракта [1]. В организме нитраты под воздействием кишечной микрофлоры восстанавливаются до нитритов, которые, соединяясь с гемоглобином, резко снижают его способность к транспорту кислорода, в результате чего наступает гипоксия тканей. Кроме того, нитриты в организме соединяются с аминами и амидами, поступающими с пищей, образуют канцерогенные нитрозамины, оказывающие токсичное влияние на печень.

Одним из наиболее эффективных способов профилактики неблагоприятного действия нитритов и нитратов на человека является их гигиеническое регламентирование в воде. Как отмечалось, гигиенический норматив в воде для нитратов составляет 45 мг/дм^3 . Исходя из потенциальной активности нитратов и нитритов, ВОЗ предложила величину ПДК для нитритов $3,0 \text{ мг/дм}^3$, что соответствует нормативам СанПиН. Что же касается нитратов, то

принятой в РФ норме $45,0 \text{ мг/дм}^3 \text{ NO}_3$ близки нормы европейских государств и США ($44\text{-}50 \text{ мг/дм}^3$). В подземных водах Оренбуржья высокое содержание нитратов ($>45 \text{ мг/дм}^3$) и нитритов ($>3,0 \text{ мг/дм}^3$) характерно для водозаборов, оказавшихся вследствие роста городов, окруженными селитебными территориями, промышленными предприятиями, вблизи птицефабрик и т.п. (Михайловский водозабор в Бугуруслане, Южно-Уральский в Оренбурге, водозабор р/ц Адамовка, сельские водозаборы в Абдулинском, Александровском, Бузулукском, Переволоцком, Саракташском, Кувандыкском, Кваркенском, других районах).

ЛИТЕРАТУРА

1. Питьевая вода и здоровье населения. Вып.1. Влияние химического состава питьевой воды на здоровье человека. Под ред. Беляева Е.Н. М: Минздрав РФ, 2002. 63 с.
2. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Принципы и методы оценки токсичности химических веществ. Ч. 1, ВОЗ. Женева. 1981. 312 с.
3. Мудрый И.В. Охрана источников водоснабжения от статических поверхностно-активных веществ (обзор) // Гигиена и санитария, 1996, №4. С. 6-8
4. Мишуринов А.В. Условия формирования подземных вод Бугульминского бассейна и их поисково-оценочные критерии (на примере СЗ районов Оренбургской области). Автореф. дис. к.г.-м.н. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. 22 с.
5. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин М.А. и др. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. 408 с.