

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Микроэлементы нормализуют процессы обмена веществ, влияют на состояние жизненно важных органов и общее состояние здоровья человека. При минимальном содержании в природной воде, они активизируют важнейшие биохимические процессы в клетках и тканях организма. В статье представлены данные по содержанию эссенциальных и токсичных микроэлементов в питьевых водах Оренбургской области.

Установлено, что содержание железа, меди, марганца, хрома и цинка не превышает ПДК. Но во всех анализируемых пробах питьевой воды наблюдается повышенная жесткость, что может привести к образованию камней в желчном пузыре, почках, мочевом пузыре. Питьевые воды Оренбургской области отличаются пониженным содержанием цинка, что может привести к усиленному накоплению железа, меди и кадмия, к частым простудам и к снижению рождаемости.

Жителям этих районов необходимо разнообразить свой рацион, употребляя пищу богатую жирами, витаминами и необходимыми микроэлементами.

Ключевые слова: экология, здоровье, вода, микроэлементы, Оренбургская область.

Введение

В природных питьевых водах содержатся микроэлементы, которые в очень незначительных количествах способны активизировать важнейшие биохимические процессы в клетках и тканях нашего организма. Микроэлементы входят в состав ферментов, гормонов, витаминов и других биологически важных веществ, оказывающих влияние на развитие, рост, размножение, кроветворение. Микроэлементы поступают в организм человека и животных с продуктами питания и питьевой водой.

Минеральный состав вод может широко варьироваться в зависимости от геологических условий данной местности. Ни подземные, ни поверхностные воды нельзя представить как чистое вещество, состав которого выражается формулой H_2O . Кроме того, природные воды содержат небольшое количество растворенных газов, минеральных и органических веществ натурального происхождения. Общие концентрации веществ, растворенных в воде, могут достигать 102 г/мл [1].

К микроэлементам относятся железо, медь, цинк, марганец, йод, селен, кобальт и еще около 40 других элементов. Условно их делят на жизненно необходимые (эссенциальные) и токсичные.

Железо является одним из наиболее распространенных микроэлементов, содержащихся в природных, особенно подземных водах, используемых для водоснабжения. ПДК общего

содержания железа (Fe^{2+} и Fe^{3+}) в питьевой воде согласно СанПиН составляет 0,3 мг/дм³ [2]. При дефиците железа отмечается малокровие, поражение миокарда, утрата тонуса скелетных мышц, а также иммунодефицитные состояния. Избыток железа усиливает воспалительные процессы в организме человека. Минимальная суточная потребность в железе колеблется от 7 до 14 мг [3], [17]–[20].

Марганец является постоянным компонентом состава подземных и поверхностных вод и относится к необходимым элементам для человека, так как входит в состав веществ, принимающих активное участие в окислительно-восстановительных процессах. Однако, при содержании марганца в питьевой воде выше 0,2 мг/дм³ проявляется общетоксическое, эмбриотоксическое и мутагенное действие [4].

Цинк входит в состав белков, а также в структуру более чем 40 ферментов, влияет на процессы дыхания. Концентрация цинка в природных водах колеблется в широких пределах от 0,002 до 10,0 мг/дм³, питьевая норма равна 5,0 мг/дм³. Недостаток цинка в воде способствует развитию атеросклероза, ведет к снижению содержания фосфора и кальция в крови, развитию зоба, в повышенных дозах цинк угнетает активность многих ферментов, приводит к дефициту меди и железа [5]–[7], [17]–[20].

Ионы меди являются составной частью многих металлосодержащих ферментов, белков, катализируют завершающий этап тканевого ды-

хания, участвует в образовании костной ткани. В Российской Федерации ПДК меди в питьевой воде установлена на уровне 1,0 мг/дм³. В ряде зарубежных стран она значительно ниже и колеблется от 0,05 до 0,20 мг/дм³. В природных условиях содержание меди в подземных водах невелико и колеблется от 0,003 до 0,010 мг/дм³. Токсичными могут быть любые растворимые соединения меди. Доказано, что медь при длительном поступлении в организм в малых дозах (на уровне 1,0 мг/дм³) приводит к повреждению живых клеток, к мутагенным эффектам. В повышенных концентрациях (от 2,0 до 3,0 мг/дм³) медь и ее соединения вызывают гепатит и цирроз печени [6], [8], [18], [19].

Хром широко распространен, поступает в организм с питьевой водой, при избытке способен вызвать мутагенные и канцерогенные эффекты. Согласно СанПиН ПДК хрома (Cr⁶⁺) в питьевой воде составляет 0,05 мг/л [2]. Токсичность хрома значительно усложняется из-за происходящих в организме взаимных переходов от трехвалентной (ПДК 0,5 мг/дм³) к шестивалентной форме, с накоплением в селезенке и печени. Его недостаток в организме повышает показатели смертности, снижает мышечную массу и устойчивость к физической нагрузке [3], [6], [8].

Таким образом, необходимо контролировать количество микроэлементов в воде. Качество питьевой воды подаваемой централизованным водоотведением проверяется ООО «Оренбург Водоканал». Жители небольших населенных пунктов, деревень, сел употребляют воду из естественных источников (колодцев, скважин и пр.) и из поверхностных, контроль этих вод осуществляется значительно реже или вообще не контролируется.

Объекты и методы исследования

Отбор проб проводился в 2014 году на территории Оренбургской области. Были отобраны образцы питьевой воды в Тюльганском, Октябрьском, Бугурусланском, Акбулакском, Шарлыкском, Абдулинском и Пономаревском районах Оренбургской области. Определение содержания подвижных форм ионов металлов в воде проводилось по стандартизированным методикам в Испытательном Центре ГНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства» РАСХН (аттестат аккредитации И.Л. NPOOC RU 000121 ПФ 59) методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Microsoft Excel, включая описательную статистику, оценку достоверности различий по Стьюденту [9]. Значения считали достоверно значимыми при $p > 0,9$.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования показали, что для подземных вод области характерен высокий уровень жесткости и минерализации. (табл. 1). Наибольшее значение минерализации отмечается в питьевых водах Акбулакского района 720 мг/л, минимальное значение этого показателя в Абдулинском районе 648 мг/л. по нормам СанПин минерализация в питьевой воде должна быть в интервале от 100 до 1000 мг/л. Таким образом, минерализация всех исследуемых образцов соответствует нормам.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов и пунктов питьевого водопользования величина pH не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5. Для питьевой хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень pH в диапазо-

Таблица 1. Санитарно-химические показатели питьевой воды различных районов Оренбургской области

Место отбора пробы	Показатель		
	pH	Жесткость, ммоль/л	Минерализация, г/л
Абдулинский	7,3	6,09	0,648
Акбулакский	8,6	5,57	0,720
Бугурусланский	8,4	4,93	0,670
Октябрьский	6,8	5,53	0,703
Пономаревский	7,6	4,85	0,666
Тюльганский	6,6	5,48	0,695
Шарлыкский	7,5	5,19	0,656
ПДК	6 – 9	7	1

не от 6 до 9 (СанПиН). Во всех рассмотренных районах показатель не превышает интервал ПДК для питьевой воды. Близкие к нижней границе значений (слабокислые воды) наблюдаются в Тюльганском и Октябрьском районах. Максимальные значения (щелочные воды) наблюдаются в Акбулакском, Бугурусланском и Пономаревском районах.

Одним из характерных показателей для питьевой воды является уровень жесткости. по жесткости все районы располагаются в пределах от 4,85 до 6,09. Данный интервал лежит в пределах ПДК. Наиболее жесткая вода в Абдулинском районе (6,09 ммоль/л), наименьшая в Пономаревском районе. по данным ряда исследователей содержание солей кальция и магния в питьевой воде должно быть в интервале от 2–4 ммоль/л [10]. При употреблении воды жесткостью свыше 5 ммоль/л возникает риск образования камней в желчном пузыре, почках, мочевом пузыре, а также артрозов и артропатии у населения [11]–[15]. С целью снижения жесткости жителям этих районов рекомендуется использовать специальные фильтры по очистке воды или употреблять кипяченую воду.

Содержание отдельных элементов природного происхождения в исследуемых образцах представлено в таблице 2.

Широко распространенным показателем неудовлетворительного качества воды централизованных систем водоснабжения является повышенное содержание железа, которое обуславливает повышенный уровень цветности, ускорение обрастания труб. У людей, употребляющих воду с концентрацией железа 1 мг/дм³, обнаруживается зуд, сухость и шелушение кожи. Содержание в питьевой воде от 2,4 до 5,0 мг/дм³ приводит к кожным высыпаниям и повышению

аллергизации; поступление в организм больших количеств железа приводит к его накоплению в тканях и их поражение [11], [16].

В западной и центральной частях Оренбургской области широко развиты красноцветные континентальные верхнепермские отложения. Подземные воды, формирующиеся в них, содержат в повышенном количестве железо и марганец. Наибольшая концентрация железа зафиксирована в Абдулинском районе (0,250 мг/л), а также в Шарлыкском (0,219 мг/л) и Бугурусланском (0,202 мг/л) районах.

Достаточно высокое содержание марганца в Акбулакском, Октябрьском, Бугурусланском и Тюльганском районах. В поверхностных хорошо аэрируемых водах содержание марганца обычно не превышает допустимую концентрацию, равную 0,1 мг/дм³. Максимальная концентрация ионов марганца обнаруживается в восстановительных условиях, то есть таких, где в составе газов, растворенных в подземных водах, не содержится кислород. На участках техногенного загрязнения поверхностных и подземных вод промышленными сточными водами содержание соединений марганца в воде водоемов может превышать допустимые уровни в 10 и более раз [10].

При наблюдении за детьми, употреблявшими водопроводную воду, в которой концентрация меди превышала 0,8 мг/л, не было обнаружено опасности для здоровья, исходящей от медных труб [11]–[13].

Эта информация подтверждает правильность установленной ВОЗ величины безопасного потребления меди. Максимальная концентрация меди в питьевой воде определена в Абдулинском 0,035 мг/л и Акбулакском 0,039 мг/л районах, минимальная в Бугуруслан-

Таблица 2. Содержание микроэлементов (в мг/л) в питьевой воде различных районов Оренбургской области

Место отбора пробы	Металлы				
	железо	медь	цинк	хром	марганец
Абдулинский	0,250	0,035	0,081	0,016	0,032
Акбулакский	0,154	0,039	0,084	0,009	0,078
Бугурусланский	0,202	0,027	0,067	0,006	0,066
Октябрьский	0,143	0,031	0,053	0,010	0,076
Пономаревский	0,147	0,030	0,070	0,019	0,028
Тюльганский	0,162	0,029	0,049	0,008	0,065
Шарлыкский	0,219	0,033	0,073	0,018	0,030
ПДК	0,300	1,000	5,000	0,050	0,100

ском и Тюльганском районах. Такое количество меди не превышает нормы.

Питьевая вода всех исследуемых районов содержит незначительное количество цинка в интервале от 0,05 до 0,084 мг/л. Верхний предел потребления цинка для детей 1–3 лет составляет 7 мг/день [11]–[15]. Такое содержание цинка в воде может привести к его дефициту в организме, к усиленному накоплению железа, меди и кадмия. Недостаточность цинка также приводит к бесплодию населения, что ведет к демографическому спаду. Лицам, проживающим на территории, где обнаружено пониженное содержание цинка в воде, необходимо употреблять цинксодержащие продукты и витамины [5], [7], [16].

Наибольшее количество хрома отмечается в водах Пономаревского и Шарлыкского районов. Содержание хрома выше в Западных районах в 2,25 раза, чем в Центральных. Но в целом содержание марганца не превышает ПДК.

Основными причинами такого низкого качества воды являются:

- факторы природного характера (повышенное содержание в воде водоносных горизонтов соединений железа и марганца);
- увеличивающееся антропогенное загрязнение поверхностных и подземных вод;
- отсутствие или ненадлежащее состояние зон санитарной охраны водисточников;

– неудовлетворительное санитарно-техническое состояние существующих водопроводных сетей и сооружений.

Выводы

Наиболее низкий показатель обеспеченности населения безопасной питьевой водой в Абдулинском и Акбулакском районах (присутствуют значительные концентрации меди, цинка, железа и марганца). Кроме того, во всех анализируемых пробах питьевой воды наблюдается повышенная жесткость, что может привести к образованию камней в желчном пузыре, почках, мочевом пузыре.

Установлено, что содержание цинка в питьевых водах Оренбургской области пониженное, что может привести к усиленному накоплению железа, меди и кадмия, к частым простудным и инфекционным заболеваниям и впоследствии к снижению рождаемости.

Длительное воздействие питьевой воды с нарушением гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям увеличивает риск заболеваний органов кровообращения, пищеварения, эндокринной системы, мочевыводящих путей.

Жителям этих районов необходимо разнообразить свой рацион, употребляя пищу богатую жирами, витаминами и необходимыми микроэлементами.

25.08.2015

Список литературы:

1. Пятков, Е.А. Нутриенты в питьевой воде / Е.А. Пятков // Отчет ВОЗ. – Кокшетау, 2014. – 38 с.
2. Санитарные нормы и правила СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. – М.: Минздрав РФ, 2001. – 89 с.
3. Микрокомпонентный состав подземных вод и здоровье населения / Рябинина О.Н., Григорьева Е.Н., Донецкова А.А. // Перспективы развития региона и проблемы подготовки специалистов в области экологической и промышленной безопасности, географии и геологии. – Оренбург, – С.802-807.
4. Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование метода интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности: 14.02.01 – гигиена, дис. ... канд. мед. наук, Санкт-Петербург, 2014, – 143 с.
5. Сальникова, Е.В. Цинк – эссенциальный микроэлемент (обзор) / Е.В. Сальникова // Вестник ОГУ, №10 (146) – октябрь 2012. – С. 170-172.
6. Скальный, А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 216 с.
7. Кудрявцева Е.А. Экологическая оценка содержания цинка в экосистеме на территории Оренбургской области / Е.А. Кудрявцева, Е.В. Сальникова, С.Н. Кузьмин, А.С. Кустова, А.М. Мирошников // Вестник ОГУ №10 (146)/октябрь 2012. – С.153-155.
8. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. – СПб.: Наука, 2008. – 544 с.
9. Дёрффель К. Статистика в аналитической химии / К. Дёрффель. – М.: Мир, 1994. – 268 с., ил. ISBN 5-03-002799-8.
10. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2013 году. – Оренбург 2014.
11. ВОЗ, Всемирная Организация Здравоохранения и Детский Фонд ООН (ЮНИСЕФ). Глобальная стратегия по питанию младенцев и детей раннего возраста. Женева: Всемирная Организация Здравоохранения, 2003. – 121 с.
12. Г.Ф. Лютай. Влияние минерального состава питьевой воды на здоровье населения // Гигиена и санитария. – 1992, №1. – С. 13-15.
13. С.И. Плитман, Ю.В. Новиков, Н.В. Тулакина и др. К вопросу коррекции стандартов по деминерализованной воде с учетом жесткости питьевой воды // Гигиена и санитария. – 1989, №7. – С. 7-10.

14. И.М. Голубев, В.П. Зимин. В соответствии со стандартом общей жесткости в питьевой воде // Гигиена и санитария. – 1994, №3. – С. 22-23.
15. Ревель, П. Среда нашего обитания. Загрязнения воды и воздуха / П. Ревель, Ч. Ревель. – М.: Мир, 1995. – 296 с.
16. Сальникова Е.В., Дошарова Д.Т., Щетинина О.Ю. Определение содержания микроэлементов в питьевых водах Оренбургской области. Международная научно-практическая конференция «Инновации в науке, производстве и образовании», РГУ им. С.А. Есенина, октябрь, 2013. – С. 246-250.
17. Yadrick, M.K. Iron, copper, and zinc status: response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females / M.K. Yadrick, M.A.Kenney, E.A. Winterfeldt //Am J. Clin. Nutr. – 1989. – №49. – P. 145–150.
18. Raker, P.J. A distinct role for apoptosis in the changes in lymphopoiesis and myelopoiesis created by deficiencies in zinc / P.J. Raker, L.E.King // FASEB J. – 2001. – Dec, №15 (14). – P. 2572–2578.
19. Skalny, A.V. Zinc sulphate protective action in acute alcohol intoxication / A.V. Skalny // Clinic and biological problems of common and legal psychiatry. Ann. Scient. Articles under the reviewing of acad. AMS USSR G.V. Morozov. – М., 1988. – P. 150–152.
20. Skalny, A.V. Content of Zn in the brain and ethanol preference / A.V. Skalny // Trace elements in man and animals. Proc. 7th Int. Symp., Dubrovnik, 20-25 May 1990. – Zagreb, 1990. – P. 151.

Сведения об авторах:

Мишукова Татьяна Георгиевна, ведущий инженер кафедры химии
Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: oren56tanya@mail.ru

Осипов Александр Алексеевич, магистр химико-биологического факультета
Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: aleksandr-osipov-908@mail.ru

Сальников Игорь Александрович, магистр Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: @mail.ru