

УДК 613.31:543.3

МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Дребенкова И.В., Зайцев В.А.

РУП «Научно-практический центр гигиены», Минск, Республика Беларусь

Цель работы заключалась в проведении оценки содержания микроэлементов в питьевой воде, употребляемой школьниками г. Минска. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии исследованы образцы бутилированной и водопроводной воды – нефильтрованной и прошедшей фильтрацию. Показано соответствие содержания исследуемых микроэлементов в питьевой воде требованиям безопасности. Нормам физиологической полноценности из исследованных вод соответствует только водопроводная вода по содержанию кальция и магния.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, питьевая водопроводная и бутилированная вода, атомно-эмиссионная спектроскопия, школьники, физиологическая полноценность

MICRO- AND MACROELEMENTS OF DRINKING WATER

Drebenkova I.V., Zaitsev V.A.

Republican unitary enterprise «Scientific Practical Centre of Hygiene», Minsk, Belarus

Main objective of the work was to measure microelements in drinking water consumed by schoolchildren of Minsk. The samples of bottled and tap water both unfiltered and filtered were tested by atomic emission spectrometry method. It was shown the compliance of the microelements contents in drinking water with safety requirements. Physiological usefulness on calcium and magnesium was set only for tap water.

Key words: macroelements, microelements, drinking tap and bottled water, atomic emission spectrometry, schoolchildren, physiological usefulness

Общеизвестна взаимосвязь состояния среды обитания человека, в частности ее химического состава, с показателями здоровья и качества жизни. Химические элементы поступают в организм человека в основном с питьевой водой и пищей, влияя тем самым на элементный статус организма.

Основная миграция и перераспределение химических элементов в биосфере происходит за счет их переноса водной средой. Вода является важнейшей частью пищевого рациона человека, она необходима для усвоения компонентов пищи и выведения продуктов их метаболизма. Питьевая вода является одним из главных факторов окружающей среды, который может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на здоровье населения, что доказано многими научными исследованиями [1]. Употребление высокоминерализованной воды может вызвать изменение электролитного обмена, нарушение функции почек, сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата и органов пищеварения [2].

На микроэлементный состав питьевой воды оказывает влияние целый ряд различных факторов, среди которых определяющими являются уровень локального и регионального

геохимического фона, а также антропогенный фактор. Водные источники загрязняются токсичными химическими элементами, содержащимися в производственных выбросах, а также используемыми в сельском хозяйстве минеральными удобрениями и пестицидами. Кроме того, существенные коррективы в минеральный состав питьевой воды вносит состояние водопроводных сетей. Все перечисленные факторы негативно влияют на качество питьевой воды, что может оказывать отрицательное воздействие на организм человека и вызывать различные патологические состояния.

Роль питьевой воды в обеспечении организма человека микроэлементами может быть значительной, несмотря на то, что она не является для него основным источником микроэлементов. В связи с этим обстоятельством изучение содержания микроэлементов в воде и влияния их на здоровье человека является актуальным.

Наиболее ранимым контингентом населения, для которого характерны нарушения в обмене химических элементов, являются дети, отличающиеся повышенной чувствительностью к недостаточному или избыточному поступлению извне химических элементов. Недостаточное или избыточное поступление минеральных веществ в организм приводит к возникновению тех или иных патологических изменений или специфических заболеваний – микроэлементозов. В сочетании с повышенными потребностями детского организма в биологически активных веществах при интенсивном росте, значительной умственной и физической активности микроэлементозы могут привести к развитию множества заболеваний, снижению иммунитета, задержке умственного и физического развития, восприимчивости к инфекциям и т.д. Установлено, что максимальные отклонения в минеральном обмене отмечаются именно у часто болеющих детей [3]. Поэтому проблема обеспечения населения, особенно детей, высококачественной питьевой водой, отвечающей санитарно-гигиеническим и эпидемиологическим требованиям, носит первостепенное значение.

Целью данной работы являлось проведение исследования содержания микро- и макроэлементов в питьевой воде, употребляемой школьниками г. Минска в условиях учреждений общего среднего образования.

Материалы и методы. Объекты исследования – бутилированная и водопроводная питьевая вода, употребляемая школьниками в условиях учреждений общего среднего образования. Водопроводная вода исследована в двух видах – нефильТРованная и прошедшая фильтрацию. Бутилированная вода представлена следующими образцами производства Республики Беларусь: «Протера», «Графская», «202», «Биоакватория», «Королевская», «Славная», «Фрост». Проведен анализ 160 образцов воды, отобранных в 21 учреждении образования г. Минска. В представленных образцах питьевой воды исследовано содержание макроэлементов натрия, кальция, магния, калия, микроэлементов меди, железа, фосфора, цинка, марганца, кобальта и селена, а также токсичных кадмия, хрома, свинца, алюминия, никеля.

Содержание микроэлементов определяли методом атомно-эмиссионной спектromетрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Ultima 2 (HoribaJobinYvon, Япония–Франция) [4]. Прибор имеет твердотельный высокочастотный генератор, двойную дифракционную решетку для увеличения чувствительности, удвоенный фотоэлектронный умножитель с улучшенными характеристиками в ультрафиолетовой и видимой части

спектра. Прибор имеет радиальное наблюдение всей аналитической зоны плазмы, что позволяет минимизировать матричные эффекты. Фокусное расстояние спектрометра – 1 м. Характеристики прибора позволяют проводить анализ ультранизких концентраций элементов при сохранении возможности анализа средних и высоких концентраций.

Основные параметры прибора следующие: мощность генератора – 1000–1100 Вт; скорость потока газа плазмы – 12 л/мин; скорость потока газа в оболочке – 0,2 л/мин; скорость вспомогательного газа – 0 л/мин; распылитель – 0,8 л/мин при 2,82 барах; скорость подачи пробы – 1,2 мл/мин.

Содержание элементов определяли с использованием следующих длин волн, нанометры: Al – 396,152; Ca – 317,933; Cr – 267,716; Cd – 228,802; Mg – 279,553; Ni – 221,647; P – 213,618; Zn – 213,856; Co – 228,616; Cu – 324,754; Fe – 259,94; Pb – 220,353; Se – 196,0; Na – 588,995; K – 766,490; Mn – 280,106.

Статистическую обработку результатов проводили при помощи прикладной программы Microsoft Excel XP.

Результаты и обсуждение. В соответствии с требованиями к качеству воды централизованного водоснабжения питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства [5]. Контроль качества питьевой воды в указанном документе предусматривает строгую регламентацию предельно допустимых концентраций различных микроэлементов.

Проведенными исследованиями установлено, что содержание микроэлементов меди, железа, фосфора, цинка, марганца, ультрамикроэлементов кобальта и селена, а также токсичных кадмия, хрома, свинца, алюминия, никеля в водопроводной воде г. Минска не превышают предельно допустимых концентраций этих элементов. Следует отметить, что в 97–100 % образцов содержание фосфора, кобальта, кадмия, хрома и свинца находится ниже чувствительности прибора.

В бутилированной воде изучаемые микроэлементы также находятся в пределах нормативных величин, при этом присутствие фосфора, кадмия, хрома, свинца и алюминия во всех образцах при чувствительности данного метода не обнаружено.

Содержание натрия в питьевой (нефильтрованной и фильтрованной) водопроводной воде соответствует гигиеническим требованиям и не превышает предельно допустимую концентрацию. При этом в каждой пятой пробе питьевой бутилированной воды установлено ее превышение (табл.1).

Для гигиенического нормирования микроэлементов в питьевой воде было введено понятие физиологической полноценности воды, т.е. соответствие ее нормативам по показателям общей минерализации (сухой остаток), жесткости, содержания кальция, калия, магния, фторид-ионов и бикарбонатов. Критерий физиологической полноценности воды определяется необходимостью обеспечения организма необходимыми в физиологическом отношении макро- и микроэлементами в оптимальных количествах, т.е. не только максимально допустимых, но и минимально необходимых уровней содержания их в питьевой воде.

Таблица 1

Содержание макроэлементов в питьевой воде (мг/л)

Элемент	Среднее значение (M±m)	Медиана	Диапазон значений	Перцентиль (25%–75%)	Интервал физиологической полноценности
<i>питьевая водопроводная вода</i>					
Ca	51,2±0,8	52,2	26,2–68,6	48,2–56,7	25–130
Mg	14,1±0,1	14,3	9,8–17,4	13,6–14,7	5–65
Na	15,1±0,4	15,0	7,2–21,1	12,7–18,7	200*
K	1,8±0,1	1,7	1,0–2,9	1,5–2,0	2–20
<i>питьевая водопроводная вода, прошедшая фильтрацию</i>					
Ca	16,7±1,5	5,9	4,8–50,3	4,9–17,8	25–130
Mg	6,2±0,4	4,5	1,9–13,8	3,8–6,8	5–65
Na	6,4±0,2	7,2	3,2–8,1	6,0–7,7	200*
K	1,5±0,1	1,4	1,0–2,4	1,3–1,7	2–20
<i>питьевая бутилированная вода</i>					
Ca	11,7±2,1	4,2	0,001–53,5	0,001–17,6	25–130
Mg	3,1±0,5	0,9	0,001–13,9	0,00–5,3	5–65
Na	70,0±11,1	42,1	2,8–215,8	12,8–82,1	200*
K	1,8±0,3	0,7	0,4–5,4	0,5–2,9	2–20
Примечание: * – предельно-допустимая концентрация					

Особое значение для организма человека имеет кальций как основной структурный компонент в формировании опорных тканей. Недостаток кальция в организме ведет к остеопорозу, вызывает учащение сердечного ритма и повышение кровяного давления. Вторым по значимости для организма человека считается магний, активно участвующий в обменных реакциях, в построении ряда ферментных систем.

Оценка содержания эссенциальных макроэлементов кальция, магния и калия в питьевой водопроводной воде проведена в соответствии с [6], гигиеническая оценка минерального состава бутилированной воды – в соответствии с [7].

Результаты определения физиологической полноценности питьевой воды, употребляемой учащимися в условиях учреждений общего среднего образования г. Минска, представлены в таблице.

Анализ минерального состава питьевой нефilterованной водопроводной воды свидетельствует, что содержание в ней кальция и магния с медианами соответственно 52,2 и

14,3 мг/л соответствует интервалу физиологической полноценности питьевой воды. Уровень калия не достигает нижней границы этого интервала в 92,5%.

При изучении содержания макроэлементов в питьевой водопроводной воде, прошедшей фильтрацию, установлено достоверное снижение концентрации кальция, магния и натрия ($p < 0,05$). Магний в 75% образцов присутствует в количестве, не достигающем нижней границы интервала физиологической полноценности воды. Среднее содержание и 25%–75% перцентильные диапазоны кальция и калия также не достигают нижней границы интервала физиологической полноценности воды.

Согласно полученным результатам в питьевой бутилированной воде 79,6% образцов содержат кальций меньше нижней границы интервала физиологической полноценности воды, а 28,6% – ниже предела чувствительности прибора. Аналогичная ситуация характерна для магния: в 65,3% образцов отмечено низкое содержание макроэлемента, причем в 34,7% случаев концентрация находилась ниже предела чувствительности прибора. Среднее содержание калия ($1,815 \pm 0,277$ мг/л) в бутилированной воде в 34% случаев ниже интервала физиологической полноценности воды.

Результаты сравнительного анализа содержания макроэлементов в исследуемых группах воды представлены на рисунке.

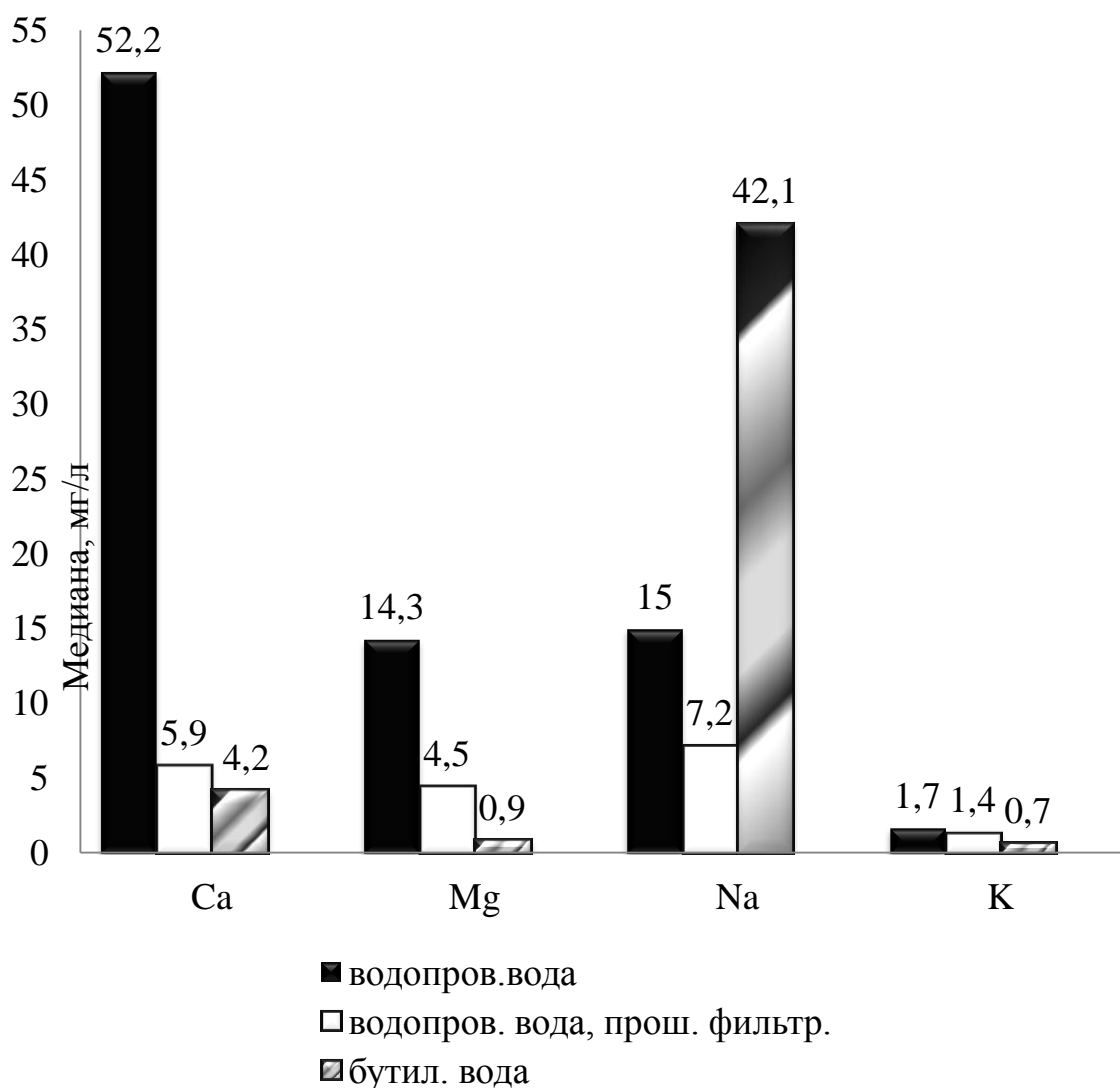


Рисунок. Содержание микроэлементов в питьевой воде

Установлено, что максимальное количество кальция содержится в водопроводной воде и соответствует интервалу физиологической полноценности в отличие от фильтрованной и бутилированной, где наблюдается его снижение в 9–12 раз ($p < 0,05$) (рис.).

Аналогичная ситуация характерна для магния – его содержание в водопроводной воде г. Минска является оптимальным. Следует отметить, что в минеральном составе водопроводной воды, прошедшей фильтрацию, концентрация магния ниже в 3 раза ($p < 0,05$), а в бутилированной воде – в 16 раз ($p < 0,05$), что не соответствует нормативам ее физиологической полноценности.

Содержание калия во всех изучаемых группах образцов питьевой воды находится ниже минимального значения интервала физиологической полноценности воды.

Закключение. Таким образом, питьевая вода, употребляемая школьниками в условиях учреждений общего среднего образования г. Минска, отвечает гигиеническим требованиям нормативных документов к качеству воды, регламентирующим предельно допустимые концентрации. Однако исследуемая питьевая вода в полной мере не соответствует нормам физиологической полноценности по минеральному составу – только содержание кальция и магния в водопроводной воде является оптимальным. Для обеспечения сбалансированного поступления микроэлементов в организм детей необходимо компенсировать их дефицит за счет изменения рациона питания.

Список литературы:

1. Ключников Д.А. Эколого-гигиеническая оценка воды из скважин и колодцев общего пользования / Д.А. Ключников, Л.Т. Ковековдова // Вода: химия и экология. – 2012. – № 11. – С. 22–26.
2. Иванов А.В. Минеральный состав питьевой воды и содержание макро- и микроэлементов в слюне детей / А.В. Иванов, В.П. Булатов, Н.В. Рылова // Казан. мед. журн. – 2003. – Т. 84, № 6. – С. 457–458.
3. Диагностика и коррекция нарушений обмена макро- и микроэлементов у детей первого года жизни: пособие для врачей / под ред. Н.Д. Одинаева [и др.]. – М., 2002. – 43 с.
4. СТБ ISO 11885-2011. Качество воды. Определение некоторых элементов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. – Минск, 2011. – 24 с.
5. СанПиН 10-124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: утв. 19 октября 1999 г., № 46. – Минск, 2002. – 208 с.
6. СанПиН. Требования к физиологической полноценности питьевой воды: утв. 25 октября 2012 г., № 166. – Введ. 25 окт. 2012 г. – Минск, 2012. – 19 с.
7. ЕСТ. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю): утв. 28 мая 2010 г., № 299. – М., 2010. – С. 1272.