

РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 613.31:543.3

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-5-6-12

Бахматова Ю.А., Евдокимова В.П., Попова Л.Ф.

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
г. Архангельск*

РОЛЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СЕЛЕНОМ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА АРХАНГЕЛЬСКА

Аннотация. В статье дана оценка роли питьевой воды в снабжении организма человека селеном. Представлены данные сравнительного анализа содержания селена в поверхностных водах реки Северная Двина в районах водозабора, в водопроводной воде различных округов города Архангельска и в бутилированной питьевой воде. Определение содержания селена осуществлялось с помощью флуориметрического метода. Установлено, что водопроводная и питьевая бутилированная вода могут обеспечить поступление селена в организм человека только на 1% от необходимого количества. Выявлено, что питьевая вода, используемая населением, вносит незначительный вклад в обеспеченность селеном организма человека.

Ключевые слова: микроэлемент, селен, организм человека, питьевая вода, г. Архангельск.

Yu. Bahmatova, V. Evdokimova, L. Popova

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

ROLE OF DRINKING WATER IN PROVIDING RESIDENTS OF ARKHANGELSK WITH SELENIUM

Abstract. We have assessed the role of drinking water in providing a human body with selenium. We present the data on a comparative analysis of the selenium content in surface waters of the Northern Dvina River in the water intake area, in tap water of different districts of Arkhangelsk, and in bottled drinking water. The selenium content has been determined using the fluorimetric method. It is found that tap and bottled water may provide a human body with selenium at a level of 1% of the required amount. It is revealed that drinking water used by the city residents makes an insignificant contribution to the provision of a human body with selenium.

Key words: microelement, selenium, human body, drinking water, Arkhangelsk.

Селен содержится во всех компонентах биосферы. Этот микроэлемент распространен повсеместно, однако неравномерное его распределение по поверхности Земли приводит к существованию регионов с естественно повышенной и пониженной концентрацией селена в окружающей среде: почве, воде, растениях. Содержание селена в разных типах почв изменяется в очень широких пределах – от 10^{-4} до 10%. Концентрации селена в воздухе и воде обычно очень низкие и составляют менее 10 мг/м³ или несколько мкг/л [3; 16]. В организме человека селен накапливается в печени и почках, в крови его содержание колеблется от 0,001 до 0,004 ммоль/л [1; 10].

Селен – эссенциальный (незаменимый) компонент рациона питания и необходимый для нормальной жизнедеятельности организма человека и животных микроэлемент [9]. Он поступает в организм человека по пищевой цепи: из почвы в растения, из растений – в организмы животных, а они, в свою очередь, служат источником селена для человека. До 90% селена попадает к нам в организм с пищевыми продуктами и до 10% – с питьевой водой [16].

Селен содержится практически во всех пищевых продуктах, но существуют природные источники селена, в которых его содержание особенно велико. Одним из таких источников являются грибы. Содержание селена в грибах колеблется от 1,1 мг/кг до 21,0 мг/кг [4]. Содержание селена в продуктах питания может колебаться в достаточно широких пределах [13], так, богаты им кокосы, чеснок, морепродукты (мидии, кальмары, креветки, рыбы), из зерновых культур – пшеница [14].

В работах ряда исследователей [3; 5] отмечается, что селен в растениях находится в двух формах: неорганической, представленной селенатами и селенитами, и органической. Селен, содержащийся в белковых молекулах, представлен специфическим набором аминокислот. В него входят такие аминокислоты, как селенометионин, селеноцистин, метилселеноцистеин. Селен присутствует в ряде свободных аминокислот (Se-метилселеноцистеин, селеноцистатин, Se-метилселенометионин и селеногомоцистеин). Помимо этих соединений в растениях содержатся диметилселенид, триметилселенид, селеноперсульфид, селенодиглутатион и другие промежуточные соединения селенового обмена.

Селен оказывает положительное влияние на выведение тяжелых металлов из организма. Этот микроэлемент обладает иммуномодулирующим действием. Оно может проявляться как противовоспалительное, антиоксидантное действие или как генерация цитостатических и антиканцерогенных соединений [2; 12]. Потребление селена в значительных количествах снижает риск возникновения и развития сердечнососудистых, онкологических заболеваний и увеличивает продолжительность жизни. При недостатке потребления селена появляется высокий риск заболевания многими формами рака. Помимо этого, дефицит селена влияет на функцию щитовидной железы, что ведет к нарушению в организме практически всех видов обмена веществ и развитию тяжелых патологических состояний [3; 11; 15]. К настоящему моменту ученые не пришли к единому мнению о суточной норме се-

лена, необходимой для человека и животных. По мнению ряда авторов [16; 17], 50-200 мкг/сут селена достаточно для человека и не нанесет ему вреда.

Лабораторией биогеохимических исследований Института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета, совместно с Центральной научно-исследовательской лабораторией Северного государственного медицинского университета, проведены исследования по установлению селенового статуса населения города Архангельска. Была проанализирована сыворотка крови, полученная от добровольных доноров – жителей города, среди которых были выделены разновозрастные группы мужчин и женщин в количестве 30 человек каждая. Установлено, что 17,9% жительниц города Архангельска имеют тяжелую и 71,8% – легкую степень недостаточности селена. У 43,8% мужчин выявлена легкая степень недостаточности. В зоне оптимума: 10,3% женщин и 56,2% мужчин [8].

Целью нашего исследования было определение фактического поступления селена в организм человека с питьевой водой, используемой жителями города Архангельска. В этой связи решались задачи:

а) определения содержания селена в питьевой воде;

б) оценки фактического уровня поступления селена в организм человека при употреблении питьевой воды в сравнении с его физиологически необходимой потребностью.

Методы. Основной объем питьевой воды поступает в город Архангельск из реки Северная Двина. Перед поступлением в распределительные сети вода проходит обработку на очистных

станциях МУП «Водоканал». Пробы воды для исследования были отобраны в районах водозабора в реке Северная Двина и на выходе из распределительных сетей (непосредственно в квартирах) в различных округах города (93 пробы). Кроме того, была проанализирована бутилированная питьевая вода (14 проб), приобретаемая населением через розничную торговую сеть. Отбор проб и первичная пробоподготовка (стабилизация и транспортировка) осуществлялись согласно государственному стандарту¹.

Определение содержания селена в отобранных пробах проводилось в лаборатории биогеохимических исследований Института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова флуориметрическим методом². Исследования проб проводились в трех повторностях. Полученные данные обрабатывались общепринятыми методами математической обработки с использованием редактора электронных таблиц «MS Excel» и «Statistica-10.0». Достоверность различий средних величин оценивали по методу Фишера–Стьюдента. Для всех приведенных анализов различия считались значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты. Анализ экспериментальных данных, полученных в ходе исследования водных образцов на

¹ ГОСТ Р 51592-2000: «Вода. Общие требования к отбору проб» (принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 21 апреля 2000 г. № 117-ст).

² согласно ГОСТ 19413-89: «Вода питьевая. Метод определения массовой концентрации селена» (утвержден и введен в действие Постановлением Госкомитета СССР по стандартам от 14 марта 1989 г. № 468).

люминесцентном спектрофотометре тьевых водах города Архангельска (см. «Флюорат 02-2М», показал особенно- табл. 1, 2, 3, а также рис. 1). сти содержания селена в разных пи-

Таблица 1

**Содержание селена в питьевой водопроводной воде
и источниках водоснабжения г. Архангельска (n = 93)**

Административные округа Архангельска	Содержание селена в водопроводной воде, мкг/л	Содержание селена в реке Северная Двина (в районах забора воды)	Потеря селена, %
Октябрьский	$0,18 \pm 0,12^{\cdot}$ $0,12 - 0,25^{**}$	5,05 ± 0,29	96,4
Ломоносовский	$0,21 \pm 0,13$ $0,17 - 0,26$		95,8
Маймаксанский	$0,18 \pm 0,12$ $0,10 - 0,25$		96,4
Цигломенский	$0,31 \pm 0,03$ $0,27 - 0,33$		93,9
Соломбальский	$0,25 \pm 0,11$ $0,20 - 0,31$		95,0
Варавино-Фактория	$0,17 \pm 0,09$ $0,13 - 0,20$		96,6
Майская горка	$0,18 \pm 0,02$ $0,17 - 0,21$		96,4
Исакогорский	$0,26 \pm 0,08$ $0,20 - 0,31$		94,8
Северный	$0,21 \pm 0,11$ $0,20 - 0,23$	5,08 ± 0,76	95,9

Прим.: ^(·) – среднее значение содержания Se; ^(**) – минимальное и максимальное значение содержания Se.

Таблица 2

Содержание селена в водопроводной воде до и после фильтрации

Марка фильтра	Содержание Se, мкг/л	
	до фильтрации	после фильтрации
Кувшин «Барьер» ЭКО	$0,26 \pm 0,09^{\cdot}$ $0,25 - 0,28^{**}$	$0,16 \pm 0,03$ $0,15 - 0,16$
Кувшин «Барьер» СОМРАСТ	$0,27 \pm 0,14$ $0,25 - 0,30$	$0,19 \pm 0,07$ $0,18 - 0,20$
Кувшин «Аквафор» ЛАЙН	$0,32 \pm 0,14$ $0,30 - 0,35$	$0,19 \pm 0,07$ $0,18 - 0,20$
Кувшин «Гейзер» ГРИФОН	$0,18 \pm 0,07$ $0,17 - 0,19$	$0,11 \pm 0,03$ $0,10 - 0,11$
Насадка «Новая вода»	$0,32 \pm 0,14$ $0,30 - 0,33$	$0,14 \pm 0,10$ $0,12 - 0,15$

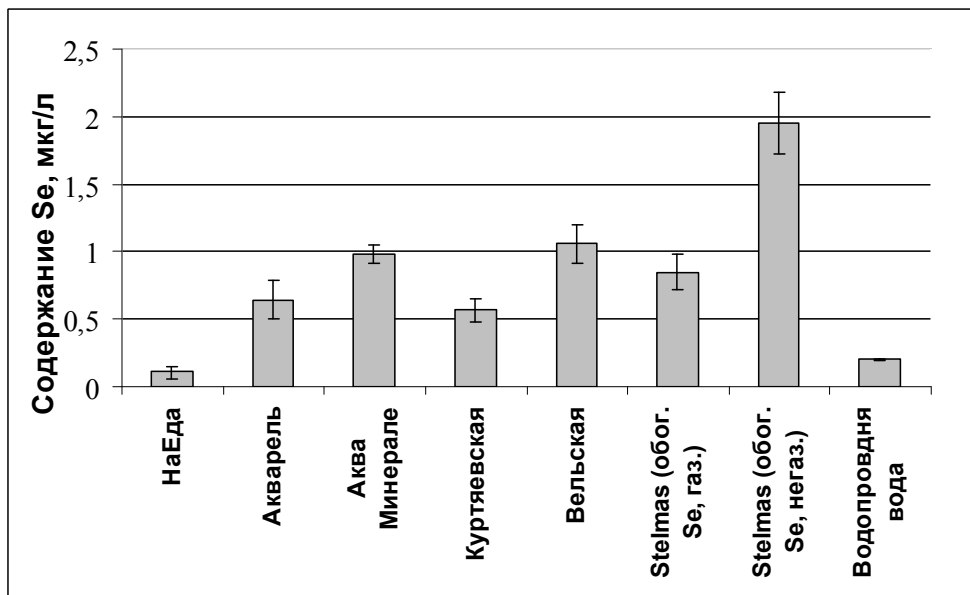


Рисунок 1. Содержание селена в питьевой бутилированной воде

Обсуждение результатов. Анализ экспериментальных данных (табл. 1 и 2) показал, что в местах водозабора из реки Северная Двина содержание селена в поверхностных водах не превышает ПДК¹ (10 мкг/л), но оно значительно выше, чем в других водных объектах Архангельской области [7]. Это обусловлено как геолого-химическими особенностями региона, так и антропогенными факторами. В процессе подготовки воды на очистных станциях и при прохождении ее по распределительной системе происходит значительное снижение (в среднем до 96%) содержания данного элемен-

¹ См.: СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26 сентября 2001 г. № 24 с 1 января 2002 г.)

та. Учитывая тот факт, что население все чаще подвергает водопроводную воду дополнительной очистке, определялась степень потери селена в процессе использования бытовых фильтров. Представленные данные (табл. 2) свидетельствуют о том, что бытовые фильтры дополнительно (в 1,5 раза) понижают содержание селена в водопроводной воде.

Многие жители Архангельска используют бутилированную питьевую воду, продаваемую в магазинах города. В связи с этим нами были проанализированы наиболее часто используемые марки бутилированной воды (рис. 1) и установлено, что содержание селена в такой воде колеблется от 0,11 мкг/л до 3,83 мкг/л. Наиболее богаты селеном воды «STELMAS» (негазированная), «Вельская» и «Аква Минерале». Это может быть связано как с процессом водоподготовки, так и с происхождением данных вод. Таким образом, бу-

тилированная вода (за исключением воды марки «НаЕда») отличается более высоким содержанием селена, чем водопроводная вода.

Для оценки роли питьевой воды в снабжении человеческого организма селеном необходимо рассчитать поступление этого микроэлемента в организм человека с питьевой водой. В литературе [6] приводятся значения необходимого суточного потребления воды в пределах 2,55-3,00 л/сутки. При этом потребление собственно питьевой воды в виде жидкости составляет в среднем 47% от общей суточной нормы, что соответствует 1,2-1,5 л так называемой «свободной жидкости». Этот

объем был принят нами за значение потребления воды среднестатистическим человеком для расчета фактического поступления данного элемента в организм. Чтобы получить представление о вкладе воды в поступление селена в организм человека, необходимо отнести фактическое поступление (ФП) этого элемента к физиологически необходимому количеству (ФН). Необходимое количество селена, которое должно поступать в организм человека, составляет от 60 до 150 мкг в сутки [4]. Расчет проводился относительно минимального значения суточной потребности в элементе по формуле: $K\% = (ФП/ФН) \times 100\%$ (табл. 3).

Таблица 3

Количество селена, поступающее в организм человека

Вода, используемая населением города	Фактическое поступление (ФП), мкг/сутки	Физиологически необходимое поступление (ФН), мкг/сутки	K, %
Вода из распределительных сетей г. Архангельска	0,49	60	0,82
Фильтрованная питьевая вода	0,23		0,40
Бутилированная вода	1,29		2,15

Из полученных данных следует, что в организм человека с водопроводной водой поступает менее 1,0% от необходимого количества селена. Использование бытовых фильтров снижает уровень поступления этого микроэлемента до 0,4%. Таким образом, питьевая вода, используемая населением города Архангельска, вносит незначительный вклад в обеспеченность селеном организма человека, и решающую роль в этом должны играть продукты питания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Влияние суспензии наночастиц селена на показатели роста, развития и урожайности картофеля сорта «Сантэ» / Л.Е. Амплеева, А.А. Коньков, А.В. Рудная и др. // Вестник РГАУ. – 2011. – № 2. – С. 470-450.
2. Ахметова И.Н. Особенности рубцового пищеварения и обменных процессов при использовании органического селена в рационах бычков: дис. ... канд. биол. наук. – Оренбург, 2009. – 141 с.
3. Селен в биосфере / А.Ф. Блинохватов, Г.В. Денисова, Д.Ю. Ильин и др. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 324 с.

4. Голубкина Н.А. Селен в медицине и экологии. – М.: Изд-во КМК, 2002. – С. 109-120.
5. Гореликова Г.А. Научное обоснование и практические аспекты разработки и оценки потребительских свойств функциональных безалкогольных напитков : дис. ... докт. техн. наук. – Кемерово, 2008. – 412 с.
6. Губергриц А.Я., Линецкий Ю.В. Лечебное питание. – Киев: Выща школа, 1989. – 398 с.
7. Евдокимова В.П., Бахматова Ю.А. Содержание селена в водных объектах Архангельской области, Белого и Баренцева морей // Вестник Северного (Арктического) университета. – 2013. – № 2. – С. 113-121.
8. Евдокимова В.П., Бахматова Ю.А., Синицкая Е.Н. Обеспеченность селеном жителей г. Архангельска // Материалы VI междунар. научно-практич. конф. «Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий». – Астрахань: Астраханский гос. ун-т, 2013. – С. 81-84.
9. Зуева О.С., Вихрева В.А., Иванов А.И. Накопление селена растениями био- и агроценозов Пензенской области. – Пенза : Нива Поволжья, 2009. – С. 24-28.
10. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
11. Никулин В.Н. Перспективы комплексного применения селена и пробиотика лактомиловорина для повышения количества селена в продукции птицеводства Оренбургской области / В.Н. Никулин, В.В. Герасименко, Т.В. Коткова и др. // Вестник ОГУ. – 2011. – № 12. – С. 412-414.
12. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. – СПб.: Наука, 2008. – 544 с.
13. Паршукова О.И. Селен и его функции у жителей Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Сыктывкар, 2008. – 14 с.
14. Решетник Л.А. Биогеохимическое и клиническое значение селена для здоровья человека // Микроэлементы в медицине. – 2001. – № 2. – С. 2-8.
15. Соловьева А.Ю. Изучение аккумуляции селена и влияние его на накопление первичных и вторичных метаболитов в лекарственном и эфирно-масличном сырье : дис. ... канд. с.-х. наук. – Москва, 2014. – 147 с.
16. Тутельян В.А. Селен в организме человека (Метаболизм. Антиоксидантные свойства. Роль в канцерогенезе) / В.А. Тутельян, В.А. Княжев, Н.А. Хотимченко и др. – М.: Изд-во РАМН, 2002. – 219 с.
17. Уразбахтин Р.Ф. Продуктивность качества дойных кобыл при исследовании кормовой добавки Сел-Плекс: дис. ... канд. с.-х. наук. – Уфа, 2008. – 121 с.