

ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ ВАПИРОВ

доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
vapirov@petrsu.ru

МАРИНА ЭДУАРДОВНА ШУБИНА

кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней медицинского факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
shubina@petrsu.ru

ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ ШУБИН

врач-эпидемиолог, Республиканская больница им. В. А. Баранова (Петрозаводск, Российская Федерация)
shubina@petrsu.ru

АНИ АРЦУНОВНА ВЕНСКОВИЧ

аспирант кафедры общей химии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
ajdanna@yandex.ru

СЕЛЕН: АКТУАЛЬНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ, ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ*

Обобщены актуальные вопросы экологии, связанные с содержанием селена в ландшафтах Карелии. Рассмотрен вопрос селенового статуса населения и актуальность изучения роли селена в развитии эндемического зоба в условиях Карелии. Обозначены основные направления исследований по селеновой тематике в регионе.

Ключевые слова: селен, экология, патология, эндемический зоб, гормоны щитовидной железы.

Селен является эссенциальным элементом, биологическая роль которого широко исследуется и представлена в ряде оригинальных публикаций и обзоров. Не останавливаясь на биологической роли селена, отметим лишь наиболее полные обзоры последних лет [1], [2], [3], [4], [8], [13]. Целью настоящей работы является анализ актуальных проблем по изучению селеновой тематики в Карелии в связи с рядом природно-климатических, социально экономических и других особенностей данного региона.

Среди многих направлений данной проблемы наибольший интерес вызывают исследования патологических процессов, связанных с дефицитом или избытком селена в организмах животных и человека, а также коррекция патологических состояний с участием этого ультрамикроэлемента. В этой связи обоснованы исследования по содержанию селена в природных объектах как промежуточных звеньях в цепи его поступления в организмы животных и человека.

СЕЛЕН В ЛАНДШАФТАХ КАРЕЛИИ

Северо-Западный регион России, в том числе территорию Карелии, относят к селенодефицитным районам [10], [8]. Карелия расположена на платформе Балтийского щита, который в основном характеризуется низким содержанием селена в почве [16]. Наиболее полно в регионе Карелии исследовано содержание селена в почвах. Эти

основополагающие работы выполнены Е. А. Чаженгиной [12]. В ряде публикаций отмечается, что даже в почвах одного генетического типа наблюдаются широкие колебания в концентрации этого элемента, что весьма затрудняет интерпретацию полученных данных, но в то же время прослеживается и ряд закономерностей. Среднее содержание селена в большинстве типов почв региона колеблется от 0,12 до 0,3 мг/кг, при этом наименьшее содержание обнаруживается в илювиально-железисто-гумусовых подзолах на песках, железистых подзолах на песках, супесчаной морене и в верховых болотно-торфяных почвах. Указанные типы почв охватывают большую часть территории Карелии, а большинство районов северо-западной части региона могут быть отнесены к территориям с низким или аномально низким содержанием селена в почвах. В то же время обращает на себя внимание содержание селена в дерновых шунгитовых почвах Заонежья, среднее значение которого составляет 1 мг/кг. При этом проведенный анализ профиля почв показывает увеличение содержания селена в нижних горизонтах, что наиболее вероятно связано с аномально высоким содержанием этого элемента в шунгитовых породах. В Заонежье находится единственное в мире месторождение шунгита, что может привлечь особое внимание к изучению селенового статуса природных объектов данной территории. Эти исследования

приобретают особую значимость и в связи с работами месторождений, которые ведутся на территории данного района.

Не менее важным является вопрос изучения содержания селена в водоемах, в питьевой воде, откуда, по данным [8], в организм поступает до 10 % этого элемента. Токсичность соединений селена ограничивает его предельно допустимую концентрацию в питьевой воде, которая составляет 10 мкг/л [6]. Для минеральных питьевых, лечебных и лечебно-столовых вод это значение равно 50 мкг/л [7].

Медианное содержание селена в воде Мирового океана составляет 0,2 мкг/л [14], в пресных и морских водах содержание селена находится в широких колебаниях от 10^{-4} – 10^{-3} мг/л и 10^{-7} – 10^{-4} мг/л соответственно [8]. Несмотря на очевидную важность, этот вопрос в Карелии остается практически неизученным. При этом отсутствуют данные о количественном содержании элемента как в наземных, так и в подземных водных источниках. Не ведется мониторинг селена в водных экосистемах региона. При изучении данного вопроса следует учесть, что степень обогащения воды селеном определяется значениями pH, а также окислительно-восстановительных потенциалов среды.

СЕЛЕН В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Основным источником селена для человека являются продукты растительного и животного происхождения. Содержание микроэлемента в растительной пище, как правило, ниже, чем в продуктах животного происхождения. Так, например, содержание селена в мясных продуктах в России составляет от 60–400 мкг/кг сырой массы, а в морепродуктах – от 300–600 мкг/кг сырой массы [11]. Из растительных источников наиболее высокое содержание элемента встречается в кокосах, чесноке, грибах, зерновых, выращенных на обогащенных селеном почвах. Следует учесть, что концентрация в растениях и накопление элемента определяются его содержанием в почвах, а также его биодоступностью. К сожалению, в литературе отсутствуют данные по содержанию селена в основных продуктах питания населения Карелии. Следует учесть, что в настоящее время подавляющее большинство необходимых продуктов питания импортируются в республику из других регионов. В этой связи представляется целесообразным изучение содержания селена во ввозимых продуктах. Так, например, содержание селена в муке, используемой в России, варьирует от 46 до 577 мкг/кг, а в странах СНГ – от 6 до 87 мкг/кг. В пшеничной и ржаной муке из ряда областей Российской Федерации (Калининградская, Новгородская, Псковская, Ленинградская области, Алтайский край), а также из Белоруссии и стран Балтии содержание селена очень низкое и составляет для пше-

ничной и ржаной муки соответственно 34–60 и 5–20 мкг/кг. Эти данные должны учитываться при ввозе соответствующего продукта в регион.

Не менее актуальным представляется исследование содержания селена в традиционных продуктах питания коренного населения, в первую очередь ягодных культур лесных биоценозов и грибов как накопителей селена. По данным некоторых авторов, последние в зависимости от региона произрастания накапливают до 4000 мкг/кг и более сухой массы биоэлемента. Особый интерес представляют количественные характеристики содержания селена в культурных растениях, кормах сельскохозяйственных животных, а также в некоторых видах лекарственных растений, произрастающих на территории региона. Также необходимо выявление форм селена в пищевом рационе человека.

В последнее время получил распространение метод добавления пищевых селеновых добавок в рацион птиц, обеспечивающий накопление этого элемента в мясе и яйцах кур. К сожалению, в аннотациях такой продукции не указывается концентрация селена.

СЕЛЕНОВЫЙ СТАТУС НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА

Согласно литературным данным, содержание селена в организме взрослого человека в норме составляет 15–20 мг. Следует учитывать, что для организмов животных и человека в равной степени опасны как недостаток, так и избыток этого элемента. Известно, что при гипоселенозе, сопровождающемся снижением активности глутатионпероксидазы (ГПО) и активацией пероксидного окисления липидов, развивается синдром окислительного стресса [1]. Это проявляется в повышении текучести липидов биологических мембран, снижении активности сукцинатдегидрогеназы, цитохромоксидазы митохондрий, возникают изменения в кишечнике, печени, сердце и т. д. Патологический процесс, связанный с недостатком селена, не ограничивается указанными изменениями, он достаточно многогранен и до конца не изучен. В регионах с глубоким селенодефицитом при наличии других факторов наблюдаются такие заболевания, как болезнь Кешана и Кашина – Бека. Наряду с этим селен относится к высокоопасным элементам, а многие его соединения отнесены к I-му классу опасности. Избыточные количества селена, поступающие в организм по пищевой цепи или при техногенном загрязнении, оказывают токсическое действие на животных и человека, вызывая гиперселенозы.

Обеспеченность населения селеном может быть оценена по его содержанию в цельной крови, сыворотке, плазме, моче, волосах и ногтях. Разные авторы приводят несколько отличные данные, однако некоторые средние значения этих показателей могут быть выбраны в каче-

стве референсных. Так, по данным [8], содержание селена в крови составляет 70–200 мкг/л, в сыворотке – 60–150 мкг/л, в моче – 30–120 мкг/сут., в волосах и ногтях – 0,8–3 и 1,0–5,0 мкг/г соответственно. В то же время отмечается, что содержание селена в плазме колеблется изо дня в день, а в эритроцитах эти данные более стабильны; содержание же в ногтях, волосах и моче менее информативно [15], [19].

Следует отметить, что, несмотря на важность определения селенового статуса населения по различным референсным показателям, к сожалению, этот вопрос в регионе Карелии практически не изучен. Имеются лишь единичные данные, относящиеся к 1997 году [5], основанные на определении селена в крови 118 жителей различных районов республики. Возраст доноров колебался в пределах 19–50 лет, а установленный средний показатель селена в крови по региону составил $90,0 \pm 10,0$ мкг/л. Безусловно, представленные данные не могут отражать ситуацию по селеновому статусу населения региона в целом. Представляется целесообразным детальное изучение этого вопроса за счет расширения числа доноров из различных регионов республики, а также учета различных социально-экономических условий обследуемых групп населения. Важность решения данного вопроса определяется тем, что содержание селена в биологических субстратах зависит как от экономического развития региона, так и от образа жизни людей [8]. Однако уже предварительные данные свидетельствуют о том, что по сравнению с Мурманской и Вологодской областями в Карелии отмечается статистически достоверное снижение обеспеченности населения селеном. Отметим, что данные по селеновому статусу населения крайне необходимы не только для определения продовольственной политики в регионе, но и для решения вопросов необходимой коррекции по данному биогенному элементу.

СЕЛЕН И ПАТОЛОГИЯ

Одной из геохимических особенностей почв Северо-Запада России, включая территорию Карелии, является недостаток не только селена, но и йода. В [17] указывается, что селенодефицит часто сопровождается йододефицитом как результат

особенностей геохимии почв. Территорию Карелии традиционно и обоснованно относят к йододефицитным регионам, что обуславливает высокую заболеваемость эндемическим зобом. При коррекции селенодефицита без коррекции йододефицита возможно усиление метаболизма тиреоидных гормонов, которое приводит к падению тиреоидной функции щитовидной железы [8].

В этой связи в рассматриваемом регионе следует учесть взаимосвязь селена и йода в этиологии эндемического зоба. В настоящее время известны ферменты – дейодиназы, в состав которых входит селеноцистеин. Активность этих ферментов зависит в первую очередь от поступления в организм как йода, так и селена. Основная роль дейодиназ может быть сведена к конверсии тиронина в тироксин.

По данным различных авторов, в условиях эутиреоза от 20 до 60 % трийодтиронина секретируется щитовидной железой, а оставшаяся часть образуется путем дейодирования в других органах с участием этого фермента.

Следует учитывать три типа дейодиназ (Д1, Д2, Д3), которые отличаются как по молекулярной массе, периоду полураспада, так и по тканям-мишеням. Что касается щитовидной железы, то в ней локализованы дейодиназы всех типов. Вместе с тем каждый тип дейодиназ имеет преимущественные ткани-мишени. Являясь компонентом дейодиназ, селен принимает непосредственное участие в конверсии тироксина (Т4) в трийодтиронин (Т3), осуществляя дейодирование Т4. Периоды полураспада дейодиназ неодинаковы и составляют для Д2 и Д3 менее 1 часа, а для Д1 более 8 часов, что свидетельствует о более важной роли Д2 и Д3 в регуляции метаболизма тиреоидных гормонов [18]. В пользу участия селена в метаболизме тиреоидных гормонов свидетельствуют и данные о снижении примерно в 8 раз активности селен-дейодиназы при недостатке селена и как следствие – увеличение в крови и органах тироксина.

Таким образом, при коррекции йододефицитных состояний следует особое внимание уделить и коррекции селендефицитного состояния. Учет этих двух факторов с клинических позиций в Карелии очень затруднен вследствие отсутствия данных по селеновому статусу жителей региона.

* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития (ПСР) ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникина Л. В., Никитина Л. П. Селен. Экология, патология, коррекция. Чита, 2002. 400 с.
2. Барабой В. А., Шестакова Е. Н. Селен: биологическая роль и антиоксидантная активность // Укр. біохім. журн. 2004. Т. 76. № 1. С. 23–32.
3. Вапиров В. В., Шубина М. Э., Вапирова Н. В., Беличенко В. И., Шубин И. В. Селен. Некоторые аспекты химии, экологии и участия в развитии патологии. Рукопись депонирована в ВИНТИ (ГЦМНБ). № Д-26993.04.03.2002. 74 с.
4. Галочкин В. А., Галочкина В. П. Органические и минеральные формы селена, их метаболизм, биологическая доступность и роль в организме // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 4. С. 3–15.
5. Голубкина Н. А., Соколов Я. А. Уровень обеспеченности селеном жителей северного экономического района России // Гигиена и санитария. 1997. № 3. С. 22–24.

6. ГОСТ № 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. 6 с.
7. ГОСТ 13273-88. Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые. Технические условия. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 43 с.
8. Решетник Л. А., Парфенова Е. О. Биогеохимическое и клиническое значение селена для здоровья человека // Микроэлементы в медицине. 2001. Т. 2. Вып. 2. С. 2–8.
9. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 216 с.
10. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 272 с.
11. Тутельян В. А., Мазо В. К., Ширина Л. И. Значение селена в полноценном питании человека // Гинекология. 2002. Т. 4. № 2. С. 67–71.
12. Чаженгина Е. А. Распределение селена в ландшафтно-геохимических условиях Карелии: Дис. ... канд. геогр. наук. Петрозаводск, 1989. 117 с.
13. Шабалина Е. А., Моргунова Т. Б., Орлова С. В., Фадеев В. В. Селен и щитовидная железа // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2010. Т. 7. № 2. С. 7–18.
14. Reimann C., Ayres M., Chekushin V. et al. Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Region. NGU – GTK – SKE Special Publication. Trondheim: Geological Survey of Norway, 1998. 745 p.
15. Hunter D. J., Morris J. S., Chute C. G. et al. Predictors of selenium concentration in human toenails // Amer. J. Epidemiol. 1990. Vol. 132. P. 114–122.
16. Koljonen T. The behavior of selenium in Finnish soils // Ann. Agris. Fenn. 1975. Vol. 14. P. 240–247.
17. Sanz Alaejos M., Diaz R. Selenium in human lactation // Nutr. Rev. 1995. Vol. 53. № 6. P. 159–166.
18. Van der Geyten S., Segers I., Gereben B., Bartha T., Rudas P., Larsen P. R. et al. Transcriptional regulation of iodothyronine deiodinases during embryonic development // Mol. Cell. Endocrinol. 2001. № 183(1–2). P. 1–9.
19. Willett W. C., Stampfer M. J. Selenium and human cancer // Acta Pharmacol. Toxicol. 1986. Vol. 59 (Suppl. 7). P. 240–247.