

**ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОВ ГОЛУБИКИ (*Vaccinium uliginosum* L.)
СЕМЕЙСТВА ВЕРЕСКОВЫЕ (*Ericaceae* Juss.)***А. И. Попов, С. Н. Кравченко, Ю. Н. Дементьев, А. Г. Кожура***CHEMICAL ELEMENTS IN BLUEBERRY (*Vaccinium uliginosum* L.),
HEATH FAMILY (*Ericaceae* Juss.)***A. I. Popov, S. N. Kravchenko, Yu. N. Dementiev, A. G. Kozhura*

Химические элементы плодов голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) семейства вересковые (*Ericaceae* Juss.) Сибирского региона определены с помощью спектральных и абсорбционных методов. Качественно установлено 39, а количественно определено 37 химических элементов. Приведена краткая биологическая характеристика, важнейших, условно важных, токсичных и потенциально токсичных элементов. Указаны основные химические элементы ответственные за биогенез и накопление важнейших органических биологически активных соединений. Полученные результаты обуславливают области применения плодов голубики и провизорно указывают на перспективность исследований плодово-ягодных видов.

Chemical elements in blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.), heath family (*Ericaceae* Juss.), in the Siberian region are defined by spectral and absorbing methods. 39 chemical elements were identified qualitatively, and 37 elements were defined quantitatively. A short biological characteristics of the most important, conventionally important, toxic and potentially toxic elements is provided. The basic chemical elements responsible for the biogenesis and accumulation of the major organic biologically active compounds are specified. The received results set the scopes of using blueberry and point out the prospects of fruit and berry types researches.

Ключевые слова: элементы плодов голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) семейства вересковые (*Ericaceae* Juss.).

Keywords: elements in blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.), heath family (*Ericaceae* Juss.).

Среди плодово-ягодных кустарников России важное место принадлежит представителям семейства вересковые (*Ericaceae* Juss.). Если представители рода толокнянка, багульник, данного семейства изучены достаточно, то известный род черника требует некоторых уточнений и дополнений в химическом составе [1].

В данном семействе важное пищевое и лекарственное значение имеют роды клюква (*Oxycoccus* Hill.) и его представитель клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.) и черника (*Vaccinium* L.) включающий широко известные виды: черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.) [1; 2].

Известно, что голубика – небольшой ветвистый кустарник, довольно часто произрастающий в средней и северной полосах России, особенно в Западной и Восточной Сибири, Дальнем Востоке в сыроватых хвойных и лиственных лесах, на торфяниках, в кустарниковых зарослях и в зарослях кедрового стланика и рододендронов, часто совместно с багульником. В Саянах до высоты 2200 м над уровнем моря [1]. Ее листья, побеги и плоды находят разнообразное применение в медицине и пище [1; 2]. В тоже время их элементный состав изучен недостаточно [1].

Живые организмы содержат почти все химические элементы, входящие в Периодическую систему Д. И. Менделеева, за исключением искусственно полученных человеком трансуранов.

Из встречающихся в природе элементов 81 обнаружен в организме человека, при этом 15 из них (железо, йод, медь, цинк, кобальт, хром, молибден, никель, ванадий, селен, марганец, мышьяк, фтор, кремний, литий) признана эссенциальными, т. е. жизненно

необходимыми. Но по количественным уровням диапазонов колебаний содержания очень велик – от десятков процентов до $n \cdot 10^{-3}$ – $n \cdot 10^{-5}$ и даже до $n \cdot 10^{-9}$ – $n \cdot 10^{-10}$ %. Об этом подробно писал академик В. И. Вернадский еще в 30-х годах XX века.

Разделение химических элементов на макро- и микроэлементы во многом условно, поскольку некоторые из них одновременно могут быть и макро- и микроэлементами. Поэтому некоторые ученые предпочитают называть микроэлементами инициаторами и активаторами биологических процессов, без участия которых невозможна роль ферментов [1; 3 – 5].

Многие элементы, которые также обычно содержатся в малых количествах, не редко относят к токсичным элементам, таковы Hg, Pb, Cd. Стоит подчеркнуть, что и обычные микроэлементы, когда их слишком много, могут стать токсичными (так же, как и макроэлементы), а токсичные элементы при очень малых концентрациях не оказывают вредного воздействия на живой организм. Иными словами, нет токсичных элементов, а есть их токсические концентрации [3 – 5].

Макро- и микроэлементы растений оказывают несомненный терапевтический эффект в лечении человека, так как находятся в них в наиболее доступной и усвояемой форме и наборе, свойственном живой природе в целом [1].

Приведенные примеры еще раз показывают необходимость для живых организмов практически всех элементов Периодической системы Д. И. Менделеева. Это позволяет еще раз говорить о том, что нет токсических элементов, а есть их токсические концентрации. Любые элементы питания, находящиеся в избыт-

ке, могут стать токсическими и причинить вред всему живому.

Химические элементы играют важную роль и в жизни растений. Элементы, поглощаемые растениями из почвы в разных количествах, играют вполне определенную биохимическую и физиологическую роль и ответственны за синтез тех или иных веществ в растительном организме. Химические элементы по телу растения распределяются неравномерно, кроме того количественное содержание изменчиво в течение вегетативного периода. Качественный состав и содержание элементов зависят от климатических условий, географического положения зон и агротехники выращивания растений. Недостаток или избыток химических элементов приводит к ряду эндемий. Следовательно, определение элементного состава плодов, собранных в различных регионах представляет интерес для оценки возможности их использования [1; 2].

Настоящая статья является продолжением исследований, начатых с 1986 года одним из авторов, по изучению элементного состава пищевых и лекарственных растений, произрастающих в Кемеровской области и республики Тыва [1, 3 – 5].

В доступных нам литературных источниках недостаточно сведений о элементном составе флоры

Сибири, который является показателем химической обстановки места обитания растений, отражающим естественные геохимические и антропогенные процессы, происходящие в данном регионе [1].

Недостаточность сведений о содержании макро- и микроэлементов в растительном пищевом и лекарственном сырье служит серьезным препятствием на пути его рационального использования. Изучение его элементного состава актуально и по другим причинам. Одна из них – проблема загрязнения окружающей среды. Другая – определена тем, что многие химические элементы живого вещества не только участвуют в различных биохимических процессах, стимулируют и нормализуют обмен веществ, но и являются своеобразными катализаторами биологических процессов в организме. Это обуславливает необходимость определения качества растительного сырья с учетом не только традиционных стандартных показателей, но и требований экологической чистоты [1].

Целью настоящего исследования явилось определение химических элементов в образцах плодов голубики, собранных в различных климатических условиях во время экспедиций. Визуальных признаков токсичности голубики от избыточных количеств ксенобиотиков не отмечено [1].

Таблица

Элементный состав плодов голубики обыкновенной (*Vaccinium uliginosum* L.) (мкг/г)

<i>Элемент</i>	<i>Содержание</i>	<i>Элемент</i>	<i>Содержание</i>
Важнейшие элементы			
Натрий (Na)	20,4	Калий (K)	5741,0
Кальций (Ca)	688,0	Магний (Mg)	424,0
Марганец (Mn)	31,3	Железо (Fe)	17,2
Кобальт (Co)	0,065	Медь (Cu)	5,6
Молибден (Mo)	0,067	Фосфор (P)	1481,0
Хром (Cr)	0,33	Цинк (Zn)	20,1
Селен (Se)	1,151		
Условно важные элементы			
Бор (B)	16,4	Ванадий (V)	0,034
Кремний (Si)	2081,0	Мышьяк (As)	0,39
Никель (Ni)	1,1	Литий (Li)	0,053
Вольфрам (W)	0,007		
Токсичные элементы			
Алюминий (Al)	321,0	Барий (Ba)	17,6
Кадмий (Cd)	0,096	Свинец (Pb)	0,038
Ртуть (Hg)	0,001	Висмут (Bi)	0,008
Потенциально токсичные элементы			
Галлий (Ga)	0,034	Иттербий (Yb)	0,011
Олово (Sn)	1,21	Серебро (Ag)	0,27
Стронций (Sr)	1,43	Титан (Ti)	2,94
Цирконий (Zr)	0,084	Германий (Ge)	0,023
Бериллий (Be)	0,017	Таллий (Tl)	0,002
Индий (In)	0,001		

Качественный состав и количественное содержание химических элементов определяли в нескольких специализированных лабораториях с помощью спектральных, абсорбционных и инверсионного вольтамперметрических методов на отечественных и зарубежных приборах, что позволяет расширить

спектр определяемых элементов химического состава. Используя ранее описанные методики [1] качественно выявлено 39 элементов и количественно определено 37 (таблица).

Математический механизм анализа проводили путем обработки совокупности данных химизма об-

разцов растения таким образом, что в конечном счете они оказываются иерархически классифицированными. Результаты эксперимента обработаны статистически по известным программам. Достоверность данных оценивали с помощью критерия Стьюдента t на 5 %-ом уровне значимости, обеспечивающем 95 %-ую доверительную вероятность и свидетельствующем о том, что химические элементы конкретных образцов плодов голубики соответствует статистическому стандарту [1; 2].

Определение химических элементов в одном образце сырья проводили в 5 повторностях. Относительная ошибка количественного определения с 95 % вероятностью не превышает $\pm 8,74$ %.

Как видно из полученных результатов, представленных в таблице, плоды голубики содержат в основном элементы, которые относятся к незаменимым факторам питания. Содержание отдельных элементов не превышает имеющиеся на некоторые металлы ПДК для овощей и фруктов, а также уровень суточного потребления исследуемых элементов с пищевым рационом человека. Кроме того, необходимо принимать во внимание факт неполного всасывания исследованных химических элементов, попавших в организм человека [1 – 5]. Полученные данные имеют значение для характеристики региональных особенностей накопления химических элементов растениями Сибири.

Изучаемые плоды голубики являются практически безопасными с точки зрения поступления в организм человека исследуемых элементов, которые, по мнению большинства специалистов, и исходя из новаторских работ В. И. Вернадского и его учеников, и последователей, крупных научных обобщений о микроэлементах можно подразделить на важнейшие, условно важные, токсичные и потенциально токсичные. Такое подразделение элементов по их биологической важности хотя и признается в основном учеными, однако небольшие разночтения не имеют большого значения, так как вопрос о биогености элементов в настоящее время интенсивно изучается. В связи с этим обсуждение физиологического значения содержания в отдельных пробах сырья голубики относительно высоких концентраций некоторых химических элементов при отсутствии нормативных требований на их концентрацию в лекарственном растительном сырье – плодах весьма затруднительно.

Ниже приводим краткую характеристику обнаруженных в плодах голубики химических элементов с учетом вышеотмеченного.

Важнейшие элементы

Щелочные и щелочноземельные элементы (Na, K, Rb, Ca, Mg, Ba и др.), наряду с другими жизненно важными элементами, играют важную роль в составе живого вещества. Натрий, как и калий, магний и кальций, необходимы для жизнедеятельности всех организмов. В живом веществе его меньше, чем калия, кальция и магния. Выполняет вне- и внутриклеточные многочисленные функции, обеспечивающие регуляцию клеточного обмена различных метаболитов. От натрия зависит транспортировка через био-

мембраны аминокислот, сахаров, различных неорганических и органических анионов.

Калий – важный биоэлемент и его содержание в отдельных видах доходит до 1 – 2 %. Он необходим для поддержания нейромускулярной возбудимости сокращения мышц, проницаемости биомембран, внутриклеточного осмотического давления и pH. Калий и натрий регулируют водно-электролитный баланс и осмотическое давление в клетке.

Кальций – главный металл живого вещества. Среди растений и животных известны как кальцефильные, так и кальцефобные организмы (бобовые, грибы и др.). Формально кальций и магний – необходимые макроэлементы. Оба эти элемента инициируют протекание различных метаболических и транспортных процессов в клетке. Кальций, так же как калий, участвует в функционировании структурных компонентов самых различных уровней организма: ферментов, органелл, клеток, органов. В организме ионы кальция внеклеточные. Он входит в состав костной ткани и некоторых гормонов, принимает участие в регуляции водного баланса клеток и передачи нервно-мышечного возбуждения.

Магний – важный внутриклеточный биоэлемент, по содержанию – второй после калия. Антагонизм магния и кальция (так же как натрия и калия) определяется различием их физико-химических свойств. Он активизирует и регулирует гликолиз, многие этапы синтеза белков, жирных кислот, фосфорный обмен. Магний входит в состав ферментов и является регулятором работы мышц и нервной системы, принимает участие в синтезе и распаде нуклеиновых кислот. Необходимо, как и кальций, для системы ферментов в миокарде, снижает повышенное давление крови, способствует выведению холестерина. При дефиците возникают нарушения функций сердечной мышцы и усиление атерогенеза.

Марганец в биосфере более энергичный мигрант, чем железо. Это важный биоэлемент. С недостатком или избытком марганца связаны болезни человека. Он участвует в кроветворении, тесно связан с обменом витаминов, стимулирует факторы естественного иммунитета. При недостатке возникает гипохолестеринемия. Марганец входит в состав костной ткани и принимает участие в процессах антиоксидантной защиты организма.

Железо входит в состав живого вещества в весьма ограниченных количествах, хотя и занимает по распространенности в земной коре второе место после алюминия. Общеизвестно, что входит в состав гемоглобина, принимает участие в процессах тканевого дыхания, метаболизма порфирина, окислительном фосфорилировании, обеспечивает рост нервных волокон. Недостаточность его в организме вызывает уменьшение гемоглобина, что, в свою очередь, приводит к возникновению так называемой железодефицитной анемии. Железо стимулирует функции кроветворных органов, печени, селезенки и факторы естественного иммунитета.

Кобальт необходим как составной элемент пищевых продуктов. Он участвует в обмене жирных кислот, углеводов, фолиевой кислоты. Кобальт влияет на механизмы внутриклеточного равновесия меж-

ду свободнорадикальными процессами и системой антиоксидантной защиты. Концентрируется кобальт в первую очередь, в костном мозге, поджелудочной железе, печени, селезенке, почках и сердце. Он входит в состав витамина В₁₂, влияющего на кроветворение и препаратов, обладающих иммуномодулирующими свойствами.

Медь является биомикроэлементом и участвует во многих физиологических процессах – в тканевом дыхании и кроветворении, повышает защитные силы организма, факторы естественного иммунитета. В организме человека медь принимает участие в процессах синтеза гемоглобина, инсулина и некоторых других белков. При её недостатке в организме возникает нарушение адсорбции и использования железа, а также поражение сосудов, которое может вызывать разнообразные нарушения кровообращения. При поступлении с пищей в кишках всасывается около 30 % содержащейся меди. При повышенном поступлении данного микроэлемента в организм резорбция её снижается, что уменьшает опасность интоксикации. У человека однократная доза 10 – 20 мг на 1 кг массы тела вызывает тошноту, рвоту и другие симптомы интоксикации. Эксперты ФАО пришли к выводу, что суточное потребление меди может составлять не более 0,5 мг/кг до 30 мг в рационе, при нормальном содержании в пище молибдена и цинка – физиологических антагонистов меди.

Молибден – это важный биоэлемент, его геохимия в биосфере тесно связана с живым веществом и продуктами молибденового распада. Он стимулирует глюкокортикоидные рецепторы, мобилизует медь в печени и в высоких дозах увеличивает её запасы. Высокое содержание молибдена в водах некоторых его месторождений вызывает распространение подагры у населения. Молибден способствует метаболизму углеводов и жиров, помогает предупредить анемию, предотвращает разрушение зубов и импотенцию. Этот микроэлемент является одним из важнейших диетических соединений в борьбе с сульфитными аллергиями и химической гиперчувствительностью.

Фосфор исключительно важный биоэлемент. Несмотря на то, что фосфор является элементом – органоеном, большинство его соединений чрезвычайно токсичны. Фосфор выполняет важную роль в пластическом обмене веществ, входит в состав ферментов, участвующих в жизнедеятельности мозга и других органов. Физиологическая его роль разнообразна и значительна. Наше питание обычно богато фосфором, так как он встречается почти в каждом натуральном продукте и поэтому чаще наблюдается дефицит кальция.

Хром не входит в состав известных металлоферментов и не является специфическим ферментом активатором. Меньшая токсичность его по сравнению с другими элементами данной группы обусловлена превращением его при физиологических рН в малорастворимые поликислоты. Концентрация хрома в пище очень низкая, например, в овощах 20 – 25 мкг/кг. Хроматы и дихроматы более токсичны, чем соединения трехвалентного хрома. Соединения хрома ядовиты и труднорастворимы. Главная из из-

вестных функций хрома – участие в увеличении активности инсулина. Хром активно участвует в процессе метаболизма углеводов и вызывает изменения в хроматидах. Хром стимулирует кроветворение, положительно влияет на сердечнососудистую систему, понижает уровень холестерина в крови. Высокое его содержание препятствует развитию атеросклероза. Он взаимодействует с нуклеиновыми кислотами и всегда присутствует в очищенных препаратах РНК.

Цинк – один из наиболее распространенных необходимых металлов в организме человека. Он является важным биоэлементом и найден более чем в 200 металлоферментах, участвующих в самых различных метаболических процессах, включая синтез и распад углеводов, жиров, белков и нуклеиновых кислот. Цинк необходим для нормального функционирования инсулярного аппарата, иммунных механизмов, кроветворения, роста, развития и полового созревания. В продуктах питания цинк преимущественно природного происхождения. Признаки интоксикации цинком: тошнота, рвота, боль в животе, диарея, которые проявляются через 3 – 10 ч после приема пищи и наблюдаются не более 12 – 24 ч. Гигиенические нормативы данного металла в пищевых продуктах составляет от 5 мкг/кг до 40 мкг/кг сырого продукта.

Селен важный биоэлемент, однако большинство его соединений токсично. «Микроэлемент долголетия» является составным компонентом более 30 жизненно важных биологически активных соединений организма. Селен присутствует в ядре клетки и входит в активный центр ферментов системы антиоксидантно-антирадикальной защиты организма, метаболизма нуклеиновых кислот, липидов, в состав белков мышечной ткани и миокарда и способствует образованию гормонов щитовидной железы. Он в организме взаимодействует с витаминами, ферментами и биологическими мембранами, участвует в регуляции обмена веществ (жиры, белки и углеводы) и окислительно-восстановительных процессах. Является синергистом витамина Е и йода. При дефиците селена йод плохо усваивается организмом. Селен входит в состав противоракового средства. Также стимулирует пролиферацию тканей, улучшает функцию половых желез, сердца, щитовидной железы, иммунной системы, способствует восстановлению артериального давления при шоке и коллапсе. Ионы селена являются антитоксом против тяжелых металлов, в том числе ртути, серебра, кадмия. Наряду с кобальтом и магнием является фактором, который противодействует нарушению хромосомного аппарата.

Условно важные элементы

Бор – важный биоэлемент. Это химический элемент биологического накопления. Бор принимает участие в ферментативных процессах, регулирует активность паратгормона и через него – обмен кальция, магния, фосфора и холекальциферола. Недостаточность магния излечивается бором. Бор катализирует процессы нормального усвоения углеводов и белков. Из культур стрептомицетов выделено единственное известное соединение бора, встречающееся

в живой природе – антибиотик боромидин. Концентрация бора в органах и тканях в значительной степени зависит от его содержания в пище.

Ванадий мало подвижен, и концентрация этого микроэлемента в органах и тканях человека невысока. Ванадий принимает участие в регуляции окислительно-восстановительных процессов, усиливает синтез ДНК, эффективность инсулина и эпидермального ростового фактора, оказывает влияние на целый ряд ферментов. Ванадийсодержащие соединения рассматриваются в настоящее время как потенциальные антидиабетические средства, имитирующие действие инсулина. Биологические эффекты ванадия: гипогликемическая и инсулин-сберегающая активность, увеличение чувствительности к инсулину, снижение уровня холестерина и другие. Эффективность соединений ванадия при диабете подтверждается клиническими исследованиями.

Кремний – это второй после кислорода по распространенности в земной коре элемент. Геохимия кремния – это в основном геохимия кремнезема (SiO_2). В биосфере кремний мигрирует слабо, так как его минералы труднорастворимы. Данный элемент понижает проницаемость сосудистой стенки, повышает сопротивляемость организма, принимает участие в иммунологических процессах, обладает противовоспалительным действием. Ежедневная потребность организма в кремнии составляет 20 – 30 мг кремнезема. Усвоение кремния из пищи, богатой клетчаткой, почти в 2 раза выше, чем с бедной клетчаткой. Кремний, как свидетельствуют литературные данные, в первую очередь, необходим для формирования основного вещества кости и хряща, хотя может принимать и непосредственное участие в процессе минерализации костной ткани. Физиологическая роль кремния при этом связана в основном с синтезом гликозаминогликанов и коллагена.

Мышьяк – важный биоэлемент, но при значительном превышении кларка является сильным ядом. Он угнетает ряд ферментов, действующих на углеводный и белковый обмен. Избыточное его поступление сопровождается дистрофией печени, почек и сердца, анемией. В отношении мышьяка ФАО рекомендует уделять особое внимание содержанию его в пище, так как мышьяк – один из основных токсических контаминантов пищевых продуктов (второй после ртути), и указывает на целесообразность углубить изучение возможного канцерогенного действия мышьяка. Основной механизм токсического действия токсиканта – блокирование тиоловых групп важнейших ферментов. При этом нарушаются тканевое дыхание и деление клеток. ФАО установило допустимую суточную дозу мышьяка 0,05 мг/кг, что для взрослого человека составит около 3 мг/сут.

Никель относится к числу «новых» жизненно необходимых микроэлементов. Как биоэлемент он повышает активность некоторых ферментов и входит в состав отдельных, участвует в кроветворении. Никель по механизму своего биологического действия сходен с железом и кобальтом. Он способствует усвоению железа. Определенная физиологическая роль никеля, как и в случае с кобальтом, за-

ключается в его косвенном воздействии на организм через симбиотические микроорганизмы и экзогенные ферменты пищеварительного тракта и его прямое участие в метаболизме. Действие никеля реализуется в основном на клеточном и субклеточном уровне. Он принимает участие в структурной организации и функционировании основных клеточных компонентов – ДНК, РНК и белка, участвует в гормональной регуляции организма. Концентрация никеля в органах и тканях человека невысока, хотя по мнению отдельных ученых, он рассматривается как один из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Избыточное поступление соединений никеля приводит к патологии нервной и сердечно-сосудистой систем, обменных процессов, возникновению никелевого рака. Токсический эффект избытка никеля в организме сопровождается развитием выраженных повреждений во многих тканях и органах.

Литий условно эссенциальный элемент, который довольно широко распространен в природе, в основном, в виде руд и минералов. В биосфере литий мигрирует сравнительно слабо. Литий и его соединения аккумулируются почвой и растениями. Данные позволяют отнести его к числу новейших элементов с весьма вероятной жизненно необходимой функцией. Литий распределяется в организме неравномерно. Влияет на превращение и распределение в организме как магния, так и кальция. Литий и его соли воздействуют на структурные компоненты организма различных уровней: ферменты, органеллы, клетки, органы. Существенно изменяют активность некоторых ферментов и гормонов, обмен биогенных аминов в ЦНС, угнетают подвижность и метаболизм сперматозоидов. При употреблении культур, выращенных на почвах с повышенным содержанием лития, создается угроза хронического отравления людей. Наблюдаются: слабость, тошнота, тремор, головокружение, расстройства зрения и психики, припадки, судороги и др.

Вольфрам традиционно рассматривается как токсичный элемент. В то же время обсуждается жизненная необходимость ультрамикродоз элемента. Вольфрам не является необходимым элементом для растений и животных, но стимулирует их рост. Он препятствует включению молибдена в молекулы ферментов. Вольфрам – антагонист селена и молибдена. Как у хрома и молибдена, анионная форма вольфрама легко абсорбируется желудочно-кишечным трактом. Многие моменты вольфрама, в т. ч. и содержание его в пище не изучено. В настоящее время уточняются многие его эффекты.

Токсические элементы

Алюминий – это самый распространенный металл в земной коре – занимает третье место после кислорода и кремния. Однако в биосфере мигрирует слабо и в живых организмах накапливается незначительно. Общее содержание алюминия в теле взрослого человека находится в пределах 50 – 140 мг. Алюминий накапливается в сыворотке крови, входит в структуру оболочек нервных клеток головного мозга. Токсичность алюминия проявляется

во влиянии на обмен веществ, в особенности минеральный, на функцию нервной системы, способности действовать непосредственно на клетки – их размножение и рост. Алюминий является необходимым химическим элементом, влияющим на активность ряда ферментов, на репродуктивную способность, эмбриональное и постэмбриональное развитие организма. Патология, вызванная аномальным накоплением алюминия многообразна.

Барий широко распространен в земной коре. Больше накапливается в растениях, чем в организмах животных. В организме человека барий относят к примесным элементам. Являясь остеотропным элементом, он аккумулируется скелетом. Барий выполняет биологические функции в зрительном органе. Избыточное поступление его приводит к нарушению органов кроветворения, обменных процессов, ЦНС и сердечно-сосудистой системы.

Кадмий относится к редким, рассеянным металлам. Явления биоаккумуляции кадмия происходит в экосистемах как при наличии элемента в естественных для окружающей среды количествах, так и при антропогенном её загрязнении. Специфического биологического значения кадмия, как микроэлемента, не установлено. Это сильный канцероген, возбуждающий все формы рака. Он не менее коварен, чем свинец и ртуть. Однако совместное действие кадмия, цинка и свинца менее токсично, чем каждого в отдельности, что объясняется их антагонизмом. Кадмий ингибирует активность целого ряда ферментов, оказывает выраженное действие на обмен цинка, меди, железа, селена, нуклеиновых кислот. Нарушает синтез ДНК, взаимодействует с высокомолекулярными белками, особенно с тиолодержащими ферментами. Он принадлежит к токсикантам, обладающим высокой способностью кумулироваться в тканях. Если накопление этого элемента в мозге принять за единицу, то в костях коэффициент накопления равен 15, в яичниках – 250, в печени – 500, в почках – 1500. Почка, таким образом, является главной мишенью биологического действия кадмия. Период полувыведения металла из организма составляет 13 – 40 лет. Смертельная доза кадмия для человека соответствует 150 мг/кг. Способность кадмия накапливаться в организме человека, интерес как к токсичному элементу и антиметаболизму ряда химических элементов отдельными авторами позволяет рассматривать этот химический элемент как жизненно необходимый компонент живого организма.

Свинец в окружающую среду поступает из естественного источника в виде силикатной пыли почвы, вулканического дыма, испарений лесов, морских солевых аэрозолей и метеоритной пыли. В биосфере свинец в основном рассеивается и содержание его в земной коре и в живом организме невелико. Все соединения свинца действуют сходно; разница в токсичности объясняется в основном неодинаковой растворимостью их в жидкостях организма. При длительном поступлении в организм свинец приводит к заболеваниям органов кроветворения, центральной, периферической нервной и сердечно-сосудистой систем, вызывает обменные и эндокринные нарушения, изменения желудочно-кишечного тракта и др.

Свинец – опасный токсикант глобального значения. При пероральном поступлении элемент, в зависимости от соединения, в котором находится, усваивается взрослыми людьми в среднем на 10 %, а детьми – на 30–40 %. ФАО установила в качестве максимально допустимого поступления свинца для взрослого человека 3 мг/нед., т. е. допустимая среднесуточная доза составляет около 0,007 мг/кг.

Ртуть не является необходимым элементом для человека. Она может существовать в различных физических состояниях и химических формах. Различные формы ртути обладают собственными токсическими свойствами и требуют индивидуальной оценки их токсичности. В биосфере ртуть в основном рассеивается и широко распространена в земной коре. Ртуть и её соединения, особенно органические, причисляют к опаснейшим высокотоксичным веществам, кумулирующимся в организме человека. Содержание ртути в пищевых продуктах, по мнению экспертов ФАО, не должно превышать 0,09 мг/кг, что ниже или на уровне фона.

Висмут является относительно безопасным металлом, который в природе встречается в виде соединений и в самородном состоянии. Он проявляет небольшую биологическую активность и у млекопитающих не является ни необходимым элементом, ни стимулятором. Содержание его в организме среднего человека невелико. Наибольшие концентрации висмута в тканях здорового человека отмечены для почек и костей. Обладая выраженным цитотропизмом, аккумулированный в почках висмут содержится в клетках. Присутствие висмута сильно увеличивает содержание цинка и меди в почках. Висмут индуцирует синтез низкомолекулярных белков типа металлопротеинов. Соединения висмута высокотоксичны, но их низкая растворимость ограничивает проявление токсичности. Основным путем поступления висмута в организм является парентеральный, так как висмутсодержащие препараты широко используются в лечебных целях. Фармацевтические препараты с висмутом используют также при желудочно-кишечных заболеваниях в качестве антисептических, заживляющих и противоязвенных средств, для лечения онкологических заболеваний. Кроме лекарственных субстанций соединения висмута являются основой многих косметических средств. Отсутствие некоторых точных данных призывает к более детальному и глубокому изучению данного элемента.

Потенциально токсичные элементы

Галлий – редкий рассеянный, примесный элемент. Его не относят к необходимым пищевым элементам. Он вызывает развитие функциональных аномалий нервной системы, железодефицитную анемию, дегенеративные изменения нервных волокон.

Иттербий содержится в земной коре в следовых количествах, взаимодействует с аминокислотами, белками, нуклеопротенами, фосфолипидами и другими фосфатами. Депонируется в органах, содержащих элементы ретикулоэндотелиальной системы.

Иттрий относится к редко земельным элементам. Содержание в земной коре незначительно. Ак-

кумулируется в ретикулоэндотелиальной системе и блокирует её нормальное функционирование.

Олово является примесным микроэлементом. Содержание его в земной коре относительно невелико. В организме взрослого человека содержится 17 мг олова, где оно является катализатором окислительно-восстановительных процессов и участвует в ферментативных реакциях белкового синтеза. Гигиенические нормативы данного металла для различных пищевых продуктов находятся в пределах от 10 до 200 мкг/кг сырого продукта.

Серебро не выполняет роли кофакторов или активаторов каких-либо ферментов, однако обладает тонизирующим и бактерицидным действием. Токсичность ионов серебра в первую очередь связана со способностью образовывать устойчивые комплексы со структурными и функциональными белками, что нарушает жизненно важные процессы. Серебро не является необходимым элементом для млекопитающих. Серебро – дефицитный элемент, около 1 мг его содержится в организме человека.

Стронций широко распространен в земной коре. В организме человека стронций относят к примесным элементам, где он оказывает влияние на ЦНС, связан с обменом кальция и выполняет аналогичные ему функции, влияет на процессы костеобразования и активность ряда ферментов.

Титан плохо абсорбируется и мало задерживается в тканях растений и животных, однако высокие концентрации могут встречаться в видах, произрастающих на почвах в окрестности промышленных предприятий, работающих на сжигании каменного угля, нефти, мазута. Он не является необходимым элементом. Это малотоксичный металл, при введении в организм его отдельные соединения образуют нерастворимые, гидратированные полимерные соли основного характера. В обычных условиях суточное поглощение титана может составлять от 300 – 450 мкг до 2 мг, причем основная масса этого количества поступает в организм с пищей и водой. Титан и его соединения не обладают токсическим влиянием на организм и вопрос об их биологической активности остается открытым.

Цирконий, как и титан, малотоксичный металл, содержится в минералах, в гранитном слое коры континентов, в морской воде, в растительном покрове и животных, плохо абсорбируется. К источникам поступления относятся угольная пыль, пылевые и дымовые выбросы топливно-энергетических предприятий, работающих на угле, нефти. В обычных условиях цирконий поступает в организм человека, главным образом, с пищей. В среднем суточная доза составляет 4,2 мг. Цирконий связывается с эритроцитами крови, физиологическое действие и токсичность неизвестны.

Германий – рассеянный в земной коре металл. Содержится в основном в горных породах и минералах, месторождениях нефти и каменного угля. Антропогенно поступает, главным образом, в результате сжигания угля. Содержится в продуктах питания животного и растительного происхождения. Отдельные соединения германия вызывают умеренное раздражение кожных покровов.

Бериллий – дефицитный элемент космоса и вместе с литием и бором служит «ядерным горючим» в звездах. Это рассеянный металл. В биосфере мигрирует слабо, однако в районах месторождений и селитебных территориях отмечаются почвы с повышенным его содержанием. Вступает в конкретные, а иногда антагонистические, взаимоотношения с ионами двухвалентных металлов – Mg, Ca, Mn и др., являющихся естественными активаторами ферментов. Содержится в растениях и организме человека. Его соли токсичны для живого вещества. Бериллий не относится к необходимым элементам в питании. Поступает с пищей в незначительных количествах. Депонируется в скелете, характеризуется высокой биологической активностью, действует на многие ферменты и белки, ДНК, печень. Обладает общетоксическим, аллергическим, канцерогенным и эмбриотоксическим действием.

Таллий – это редкий и рассеянный в земной коре металл. Он содержится в гранитном слое, отдельных минералах и рудах некоторых месторождений, в организме некоторых гидробионтов. Ядовит и, поэтому, опасен в случае загрязнения им окружающей среды. Наиболее значительными антропогенными источниками являются предприятия, сжигающие нефть, уголь и другое органическое топливо. Таллий, как яд, поражает центральную и периферическую нервную системы, ЖКТ и почки, кожные покровы. Используется в составе мазей для депиляции.

Индий в соединениях проявляет высокую биологическую активность: стимулирует рост волос, влияет на водно-солевой и углеводный обмен, проявляет иммуносупрессорную и антиканцерогенную активность. Однако неорганические соединения индия токсичны для организма. В ряде случаев в целях снижения токсичности, а также повышения биодоступности рекомендуется переводить ионы металлов в комплексные соединения, при этом в качестве лигандов использовать аминокислоты. В медицинской практике официально не используются индийсодержащие лекарственные препараты (кроме радиофармацевтических средств). Объясняется это отсутствием исследований по методам получения соединений индия, методик их анализа и стандартизации. Не является необходимым пищевым элементом для животных. Вызывает изменения нервных волокон в головном мозге.

Таким образом, можно провизорно высказаться и относительно других элементов, роль и значение которых в живых организмах изучены ещё недостаточно. В растениях содержатся почти все химические элементы периодической системы Д. И. Менделеева. Это весьма наглядно характеризует потенциальную жизнеспособность Земли.

Растения различных систематических групп, выработавшие в процессе эволюции способность к синтезу определенных биологически активных соединений, несмотря на различные геохимические условия, отличаются в тоже время избирательным накоплением одного или нескольких элементов. Аналогичная зависимость существует между химическими элементами и биологически активными

органическими соединениями. В результате живой организм синтезирует и накапливает множество индивидуальных веществ, а также близкие группы и классы соединений. Такое обилие неорганических и органических биологически активных веществ в растительном сырье, как продукте, и определяет разносторонность его применения. Содержание Ст, Си, Мо способствуют накоплению флавоноидов, а совместное присутствие обуславливает Р-витаминную активность плодов голубики и обуславливает их противораковое и противовоспалительное действие. Мо, Zn, В, Си, Si и другие способствуют накоплению полифенольных соединений (антоцианов, дубильных веществ, флавоноидов и др.) и придают сырью желчегонное и мочегонное, противодизентерийное и противовоспалительное действие.

Пектиновые вещества, сахара, витамины и органические кислоты совместно с ответственными за их образование – Mg, P, Fe, Mn, Ca, Ni и др. способствуют понижению уровня сахара в крови и обуславливают лечение неосложненных форм сахарного диабета. В свою очередь уже упомянутые Fe, Mn, Си, Со являются элементами кроветворного комплекса и поэтому голубику в северных районах и в Сибири употребляют при малокровии. Указанные свойства согласуются с известными лечебно-профилактическими и пищевыми свойствами плодов голубики, которые являясь хорошим источником нутриентов, могут быть использованы не только для пищевых целей, но и для коррекции элементного баланса в организме человека.

Литература

1. Попов, А. И. Изучение влияния антропогенных факторов на элементный состав и ресурсы лекарственных растений Кемеровской области и республики Тыва: дис. ... д-ра фарм. наук: 15.00.02 / А. И. Попов. – М., 1995. – 945 с.
2. Кравченко, С. Н. Научное обоснование разработки технологических потоков и оценки качества быстрорастворимых гранулированных продуктов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 и 05.18.12 / С. Н. Кравченко. – Кемерово, 2011. – 322 с.
3. Попов, А. И. Минеральные вещества листьев одуванчика / А. И. Попов, К. Г. Громов // Вопросы питания. – 1993. – № 3. – С. 57 – 58.
4. Попов, А. И. Минеральные вещества травы горца птичьего / А. И. Попов // Вопросы питания. – 1994. – № 1 – 2. – С. 38 – 39.
5. Попов, А. И. Минеральные вещества корней и корневищ кровохлебки аптечной / А. И. Попов, К. Г. Громов, В. А. Попков // Вопросы питания. – 1995. – № 2. – С. 30 – 32.

Информация об авторах:

Попов Анатолий Иванович – профессор кафедры естественнонаучного образования Кемеровского государственного сельскохозяйственного института, доктор фармацевтических наук, академик Российской экологической академии, Российской академии Естественных наук, Международной академии наук и экологической безопасности, 8(384-2) 51-64-08.

Anatoly I. Popov – Doctor of Pharmaceutics, Professor at the Department of Natural Science Education, Kemerovo State Agricultural Institute; Academician of the Russian Ecological Academy, Russian Academy of Natural Sciences, International Academy of Sciences and Ecological Safety.

Кравченко Сергей Николаевич – профессор кафедры прикладной механики Кемеровского технологического института пищевой промышленности, доктор технических наук, 8-903-943-93-12, k-sn@mail.ru.

Sergey N. Kravchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Applied Mechanics, Kemerovo Institute of Food Science and Technology.

Дементьев Юрий Никитович – доцент, исполняющий обязанности заведующего кафедрой механизации производственных процессов Кемеровского государственного сельскохозяйственного института, доцент, dun_mail@mail.ru.

Yury N. Dementiev – Associate Professor, Assistant Professor, Acting Head of the Department of Production Mechanization, Kemerovo State Agricultural Institute.

Кожура Анатолий Геннадьевич – аспирант Кемеровского технологического института пищевой промышленности.

Anatoly G. Kozhura – post-graduate student at Kemerovo Institute of Food Science and Technology.

Статья поступила в редколлегию 04.03.2014 г.