

Минералогия

УДК 612.466.1

СИМБИОЗ ЖИВОГО И КОСНОГО ВЕЩЕСТВА В УРОЛИТАХ

А.К. Полиенко, О.А. Севостьянова, А.А. Орлов

Томский политехнический университет
E-mail: PolienkoA@yandex.ru

Рассмотрен симбиоз живого и косного вещества в уролитах. Приведено обоснование сложных связей неорганических и органических составляющих в уролитах. Выявлены особенности их образования и внутреннего строения. Рассмотрено ритмическое чередование слоев органического и минерального вещества в уролитах. Показано, что уролиты являются классическим примером взаимосвязи косного и живого веществ, образующихся в мочевыводящей системе человека.

Ключевые слова:

Уролиты, ритмическая зональность, ядро, слой, зона, ритм.

Key words:

The urolithes, rhythmic, a kernel, a layer, a zone, a rhythm.

Многообразие земного бытия делится на мир косного (неорганического) вещества и мир живого вещества [1, 2]. Эти миры принципиально отличаются друг от друга. У каждого из них своя история развития, свое существование, своя специфика. Однако в пределах планеты Земля эти миры активно взаимодействуют друг с другом. Одной из форм взаимодействия косного и живого вещества является образование минералов, связанное с процессами жизнедеятельности организмов.

В.И. Вернадский со свойственной ему широтой и глубиной охвата явлений подчеркивал глобальное значение живого вещества в образовании различных минералов. В своих трудах [3] он писал: «Все минералы верхних частей земной коры – свободные алюмокремниевые кислоты (глины), карбонаты (известняки и доломиты), гидраты окиси железа и алюминия (бурые железняки и бокситы) и многие сотни других непрерывно создаются в ней только под влиянием жизни». Эти идеи получили дальнейшее развитие в работах по изучению скелетов ископаемых организмов [4], которые, накапливаясь, образовывали горные породы органогенного происхождения. Невозможно также недооценить роль бактерий в формировании различных минеральных скоплений, а также почв.

С течением времени умножались и расширялись знания относительно минералов органического

происхождения. Все это послужило стимулом для введения в обиход различными независимыми исследователями [5, 6] научных терминов «биоминералогия» или «биологическая минералогия».

В настоящее время биоминералогия оформилась как междисциплинарная наука. Ей посвящены книги [6, 7], а также статьи в журналах. В Санкт-Петербурге проведено несколько заседаний секции Всесоюзного минералогического общества, посвященных биоминералогии. Конференции по биоминералогии прошли также на Украине и в г. Сыктывкар. Все это свидетельствует о возросшем интересе у научной общественности к биоминералогии.

Одно из важных направлений биоминералогии изучает явление минерализации в организме человека в период его становления и при протекании различных заболеваний. Появление минеральных образований в мочевом, желчном пузырях, в почках, а также тончайших кристаллических образований в других органах само по себе является заболеванием, но на ранних стадиях минерализации оно не ощущается человеком. Появление минеральных образований служит сигналом, указывающим на нарушение баланса в организме, нормального функционирования его органов и влечет за собой нарушение обмена веществ со всеми вытекающими последствиями.

В течение двух последних десятилетий в Томском политехническом университете проводятся исследования по изучению мочевых камней (уролитов). Эта работа выполняется в тесном сотрудничестве с ведущими урологами Сибирского государственного медицинского университета, г. Томск, а также с руководителями урологических отделений больниц и клиник г. Томска. По материалам изучения мочевых камней опубликовано более 50 статей и тезисов докладов в отечественной и зарубежной литературе. Впервые в России опубликована монография «Онтогенез уролитов» [8], в которой отражены теоретические положения и особенности процесса минералообразования в мочевой системе человека. В 2004 г. издана еще одна монография — «Биоминерализация в организме человека» [9].

В данной статье речь пойдет о необычном симбиозе живого и косного вещества в мочевыводящей системе человека. Установлено, что неживое вещество (уролит) зарождается, развивается и изменяется в результате различных процессов, происходящих в живом организме. Термин уролит образован из двух слов: *uros* (моча) и *lithos* (камень). Уролиты заслуживают пристального внимания исследователей различного научного профиля — биологов, медиков, минералогов, кристаллографов, экологов и тех, кто интересуется окружающим миром и процессами, протекающими в нём.

Автор [10] утверждает, что геологическая наука XXI в. будет характеризоваться активным развитием биоминералогии, объекты изучения которой являются переходными между живой и неживой материей. Живой организм — это такая геологическая причина, которая играла, играет и будет играть важную роль не только в образовании, но и в преобразовании минеральной составляющей при формировании литосферы. Проблемы биоминералогии, как части минералогии, известны из научных работ [6, 10]. Большинство авторов разделяют биогенные минералы только на физиогенные и патогенные образования. Н.П. Юшкин [11], анализируя известную информацию о биоминералах, предложил выделить шесть генетических типов: биоинералы — организмы; биоинералы, формирующиеся в живых организмах; биоинералы, сформированные вне организмов; биоинералы, вросшие в организм; биоинералы, образованные в результате кристаллизации и химических преобразований органической составляющей; биоинералы, сформированные в результате кристаллизации биоинералоидов.

Минералы, сформировавшиеся в живых организмах, составляют три генетических типа: биоинералы, физиологически необходимые организму; патогенные минералы; биоинералы, которые выделяются в пространство как продукты жизнедеятельности организмов.

Питание патогенных минеральных образований предполагает патологическую смену в костях и зубах людей (кариес, подагра, остеофиты, остеокласты), рост камней мочевой системы, желчных

путей, слюнных желез, поджелудочной железы, зубных камней, глазных камней, биолиты кишечника и др. Среди всех этих патогенных образований наибольшее значение с точки зрения минералогии имеют конкременты (органоминеральные образования) мочевой системы и желчных путей.

Мочекаменная болезнь, наряду с другими заболеваниями, сопровождает людей с древних времён, о чём свидетельствует, например, информация о находках уролитов в египетской мумии, датированных 4800 г. до н. э., и в захоронениях Междуречья (Месопотамии) в Индии, которые датируются 1728–1686 гг. до н. э. Гиппократ уже в 430–347 гг. до н. э. обнаружил уролиты в мочевых путях греков. Приблизительно 150 лет до н. э. в Александрии была проведена хирургическая операция по удалению уролита из мочевого пузыря. Позднее, в наше время, мочекаменная болезнь отмечалась у римлян, а в средние века — у жителей Италии, Франции, Германии [12, 13]. Такая же информация имеется в трудах известного философа и врача Авиценны о распространении этого заболевания среди населения арабских стран и Средней Азии [5, 6].

Одним из величайших достижений естествознания XX в. считается учение В.И. Вернадского о биосфере, области жизни, объединяющей в едином взаимодействии живые организмы (живое вещество) и косное вещество [3]. В данной работе рассматриваются понятия живого и косного вещества. «Живое вещество есть совокупность живых организмов». Он отмечает два различных подхода к изучению явлений жизни — биогеохимический подход, когда живое вещество рассматривается как математически выраженная совокупность средних живых организмов, и подход других биологических наук, где изучаются главным образом отдельные усреднённые живые организмы. Наряду с живым веществом В.И. Вернадский вводит понятие косного вещества: «Материально-энергетическое вещество, строящее биосферу, резко неоднородно. Мы в нём с этой точки зрения должны различать главную массу вещества её, не входящую в живое вещество; вещество, которое я буду называть косным, не живым». Таким образом, косное вещество — горные породы, жидкие и газообразные тела, в совокупности с живым веществом образуют биосферу. Между живым и косным веществом существует непрерывная связь во время дыхания, питания, размножения живого вещества: миграция атомов из косных тел биосферы в живые и обратно [2].

Жизнь не может существовать без косного вещества. По своей сути сама жизнь есть не что иное, как постоянный обмен веществ между косным и живым.

В биологии когда-то возникло понятие симбиоза. Так называют сосуществование разных видов организмов, жизнедеятельность которых помогает взаимному выживанию. В.И. Вернадский распространил понятие симбиоза и на косную субстанцию. Как и всякое вещество биосферы, человек несет в себе как минимум два начала — косное и жи-

вое. Косная материя пассивна. Она сама по себе не ищет энергии для самовоспроизводства, не перестраивается для поддержания качества и потому часть косных тел обладает огромной прочностью в сравнении с живыми телами. Живая материя, напротив, активна. В борьбе за существование она осуществляет действия, направленные на поиск вещества и энергии, необходимых для воспроизводства собственной структуры. Живая материя относительно эластична (в сравнении с большинством косных тел), однако в случае, если воздействие на живое тело превышает некоторый порог, живое тело необратимо разрушается. Это делает необходимым «симбиоз» живого и косного начал для выживания первого [3].

Результаты исследований трех последних десятилетий [11] привели науку к новому взгляду на минерал как на кристаллический организм. Сущность нового взгляда заключается в следующем: «Минералы, т. е. кристаллы и зерна, в форме которых реально существуют природные химические соединения и физико-химические фазы, выступают в нашей науке как целостный организм, индивид, со своей анатомией, всегда по-своему живущий... Познание минерала как организма и его естественной истории, обуславливающей все качества, условия и места нахождения минералов, есть назначение, прерогатива минералогической науки» [14].

Подобный подход к минералам и агрегатам как к организму раскрывает такие стороны строения, формы и поведения минералов и такие их функции, которые раньше ускользали от внимания минералогов. В их числе можно назвать строго закономерную картину анатомии минеральных индивидов, динамическое поведение минералов в меняющихся условиях, существование сложных взаимосвязей между минералами и минералообразующей средой, подчиненность всеобщим законам развития и направлений эволюции, способность накапливать и хранить генетическую информацию в виде компонента структуры и др. Следовательно, минерал, в современном понимании, представляется как сложная целостная функциональная система, развивающаяся по минералогическим законам.

В литературе есть немало примеров, когда авторы пишут о жизни кристаллов. Например, указывается, что неперемными признаками жизни кристалла является следующее: 1) атомы и молекулы совершают колебательные движения; они участвуют в коллективном колебательном движении всего ансамбля атомов, образующих кристалл, причем интенсивность этого движения растёт с температурой; 2) атомы принимают участие и в иных колебаниях, интенсивность которых не зависит от температуры; 3) атомы в кристалле, подчиняясь законам термодинамики, обязаны блуждать по решётке, т. е. они обязаны диффундировать [15].

Авторы книги о кристаллах [16] сделали следующее заключение: «Мы привыкли считать камни неизменными, но на самом деле камни рождаются, растут, стареют, разрушаются и снова возрождаются

в виде новых камней. Один из первых русских минералогов, академик В.М. Севергин говорил о жизни камней: «Минералы подвержены общему с прочими вещами жребию; всё повинуетя времени: всё должно родиться, быть и умереть и всё обращается паки (снова, опять) в тот безмерный Океан, откуда оно произведено было...» [16].

Изучая уролиты, мы, прежде всего, отмечаем тесную связь между их органической и минеральной составляющими. Эта связь проявляется в первоначальной роли органического вещества в зарождении и дальнейшем росте мочевого камня, придавая ему часто ритмически-зональное строение. Более того, мы можем говорить о минеральном уровне органической материи и тем самым прокладывать мостик между живой и неживой материей, выявляя целый ряд закономерностей процессов зарождения, роста и формирования структуры уролитов.

Минеральная составляющая уролитов

Оксалаты. Оксалат кальция моногидрат – уэвеллит – $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; оксалат кальция дигидрат – уэдделлит – $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Из них чаще всего встречается уэвеллит.

Фосфаты. Фосфат кальция основной – гидроксил-апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$; сложный карбонат фосфата Ca – карбонат-апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_3\text{OH}$; кислый фосфат Ca двухводный – брусит $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; трехкальциевый фосфат – витлокит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; кислый фосфат Mg трехводный – ньюберит $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; фосфат Mg и NH_4 гексагидрат – струвит $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Из них наиболее распространенным является карбонат-апатит.

Ураты. Мочевая кислота $\text{Ca}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$; мочекислый дигидрат $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; аммонийурат $\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4(\text{NH}_4)_2$; натрийурат моногидрат $\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4\text{Na}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; кальцийурат дигидрат $\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Чаще всего из них в камнях встречаются мочевая кислота и её дигидрат.

Органические камни. Ксантин $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$; гипоксантин $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}$; цистин $\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ (серосодержащая аминокислота). В камнях преимущественно наблюдается цистин.

Карбонаты. Карбонат кальция (кальцит, очень редко фатерит) CaCO_3 .

Оксиды. Окислы и гидроокислы железа: магнетит Fe_3O_4 , гематит Fe_2O_3 , лепидокрокит FeOH . В составе мочевых камней в виде единичных находок встречаются такие минералы, как гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, гопеит $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и некоторые другие.

Общее представление о внешнем виде уролитов можно получить при рассмотрении приведенных фотографий. Поверхность уролитов нередко представлена микросферолитами (рис. 1), более часто наблюдаются поликристаллические (друзовидные) образования (рис. 2).

Мочекислые конкременты состоят из мочевой кислоты и ее солей – уратов, щавелевокислые – из кальциевых солей щавелевой кислоты, фосфорнокислые – из магния и аммония фосфата гексаги-

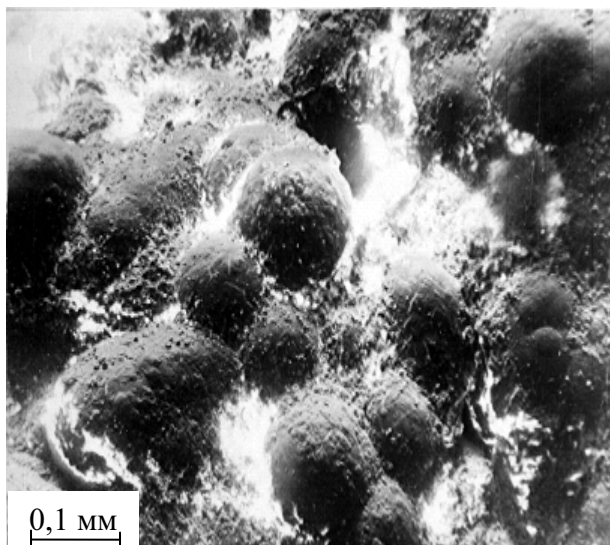


Рис. 1. Сферолитовая поверхность уrolита. Электронный снимок

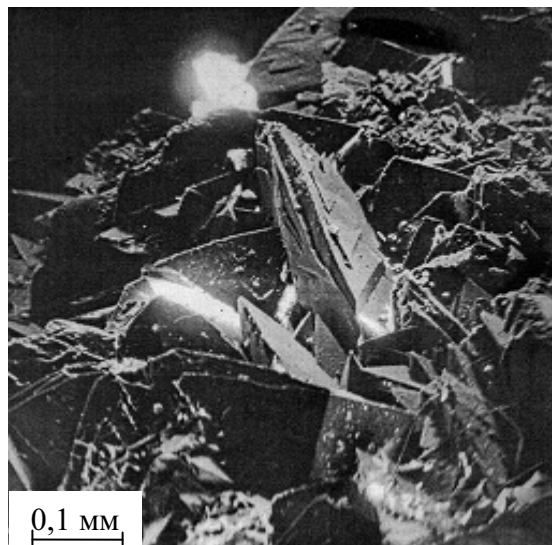


Рис. 2. Друзовидная поверхность уrolита. Кристаллы уэвеллита, электронный снимок



Рис. 3. Концентрически-зональная структура уrolита. Шлиф. Николи +

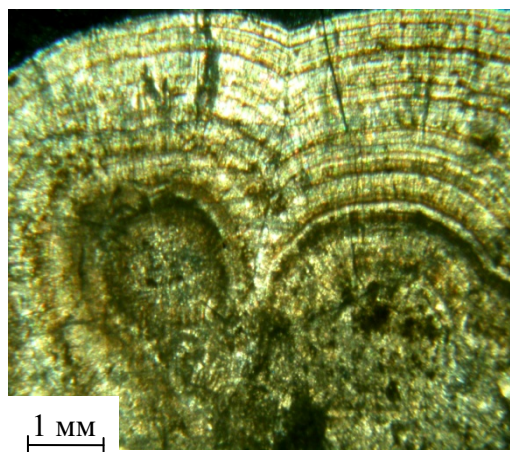


Рис. 4. Ритмически-слоистая структура уrolита. Шлиф. Николи +

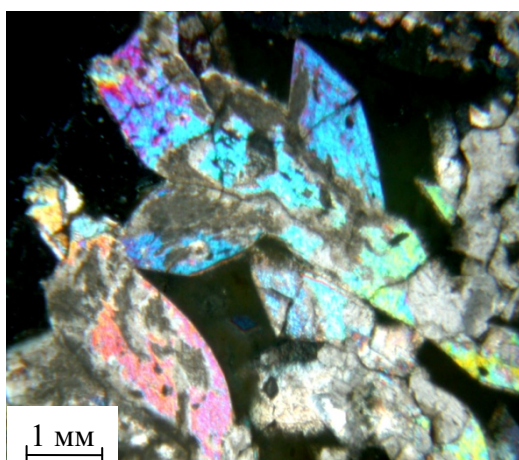


Рис. 5. Дендритоподобная структура уrolита. Шлиф. Николи +

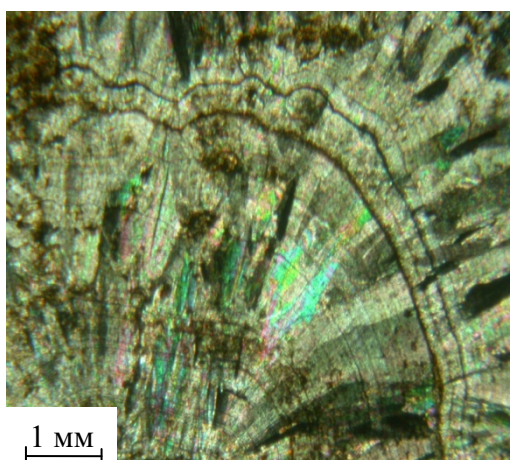


Рис. 6. Радиально-лучистая структура уrolита. Шлиф. Николи +

драта, кальция фосфата основного и других солей фосфорной кислоты. Изучение структурного строения камня дает представление об условиях его образования. Камни, состоящие из мочевой кислоты и ее солей (ураты), имеют концентрически-зональную структуру (рис. 3). На границах зон кристаллов всегда присутствует органическое вещество. Оксалатные камни имеют структуру, как правило, двух видов: кальция оксалат моногидрат – ритмически-слоистую структуру (рис. 4), кальция оксалат дигидрат – дендритообразную (рис. 5) и радиально-лучистую (рис. 6). Фосфорнокислые конкременты имеют преимущественно концентрически-зональную структуру с большим количеством органики на границах кристаллических зон.

Внутреннее строение уролитов довольно разнообразно и очень часто представлено ритмическим чередованием живого (органического) вещества и косного (минерального) вещества.

Регулятором процесса формирования уролитов, образования их неорганической и органической компоненты являются биохимические законы развития живой клетки, её мембранные свойства.

Взаимосвязь неорганической и органической составляющих уролитов основана на явлении эпитаксии матрицы и кристаллических индивидов, т. е. обусловлена наличием сходных составляющих в структуре обоих веществ. Это главное, что позволяет образоваться органо-минеральному агрегату. Следует отметить также некоторые особенности образования уролитов: одинаковое давление; множественность биохимических реакций, участвующих в зарождении и развитии органо-минерального агрегата; минимум энергетических затрат в реакциях; метастабильность условий формирования объекта, часто при низком пресыщении раствора. Все это становится возможным при наличии органической матрицы как подложки для роста кристаллов и эпитаксии включенных в неё кристаллических образований.

Органическая составляющая уролитов

В моче постоянно присутствует органика в виде растворимых соединений или коллоидных взвесей. При достижении степени насыщения она выпадает с образованием чёрного слоя в формирующемся агрегате. Этот слой подчёркивает ритмичность строения уролита.

Основными компонентами, образующими органическое вещество в уролитах, являются белки, гликопротеины и мукополисахариды.

Гликопротеины – сложные биополимеры, состоящие из белкового и углеводного компонентов, соединённых ковалентными связями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ферсман А.Е. Законы эволюции в химии земной коры // Природа. – 1930. – № 3. – С. 48–58.
2. Вернадский В.И. Избранные сочинения. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – Т. 5. – 422 с.

Мукополисахариды – сложные полисахариды – желеподобные вещества, выполняющие в организме животных и человека роль природного смазочного материала. Мукополисахариды входят в состав различных типов соединительной ткани и некоторых биологических жидкостей.

Полисахариды – высокомолекулярные углеводы, образованные остатками моносахаридов или их производных. Они присутствуют во всех организмах, выполняя функции запасных, опорных, защитных веществ.

На наш взгляд, именно вещества белковой природы оказывают влияние на процессы зарождения и роста уролита.

В составе уролитов идентифицированы следующие аминокислоты: треонин, серин, глицин, аланин, валин, метионин, глутамин, фенилаланин, лизин, триптофан, лейцин, изолейцин, аргинин, пролин [17].

В органо-минеральных агрегатах кратковременные остановки в росте фиксируются скоплениями тёмного органического вещества, покрывающими поверхность граней маломощными (тонкими) слоями. При возобновлении роста кристалла, выделение органики прекращается. Многократное повторение этого процесса придаёт формирующемуся органо-минеральному агрегату концентрически-зональное строение. Таким образом, органо-минеральные агрегаты (уролиты) служат классическим примером тесной взаимосвязи косного и живого веществ, образующихся в организме человека.

Выводы

1. Изучение структуры уролитов позволило установить тесную связь между их органической и минеральной составляющими. Эта связь проявляется в первостепенной роли органического вещества в зарождении и дальнейшем росте мочевого камня. Более того, можно говорить о минеральном уровне органической материи и тем самым прокладывать мостик между живой и неживой материей, выявляя целый ряд закономерностей процессов зарождения, роста и формирования структуры уролитов.
2. Выявлены причины ритмического чередования слоев органического и минерального вещества в уролитах. Многократное повторение цикла замедления и возобновления роста уролита придаёт формирующемуся органо-минеральному агрегату концентрически-зональное строение.
3. Показано, что органо-минеральные агрегаты (уролиты) служат классическим примером тесной взаимосвязи косного и живого веществ, образующихся в организме человека.

3. Вернадский В.И. О коренном материально-энергетическом отличии живых и косных тел биосферы // Владимир Вернадский: Жизнеописание. Избранные труды. Воспоминания современников. Суждения потомков / Сост. Г.П. Аксенов. – М.: Современник, 1993. – 546 с.

4. Самойлов Я.В. Минералогические очерки. – М.: Наука, 1933. – 144 с.
5. Мак-Коннелл Д. Биоминералогия фосфатов и физиологическая минерализация // Фосфор в окружающей среде. – М.: Мир, 1977. – С. 462–481.
6. Кораго А.А. Введение в биоминералогия. – СПб.: Недра, 1992. – 280 с.
7. Сребродольский Б.И. Биологическая минералогия. – Киев: Наукова думка, 1983. – 102 с.
8. Полиенко А.К., Шубин Г.В., Ермолаев В.А. Онтогенез уролитов. – Томск: Изд-во РИО «Пресс-Интеграл» ЦПК ЖК, 1997. – 128 с.
9. Волков В.Т., Волкова Н.Н., Смирнов Г.В., Полиенко А.К., Ермолаев В.А., Бакиров А.Г., Медведев М.А., Рихванов Л.П., Сухих Ю.И. Биоминерализация в организме человека и животных. – Томск: Тандем-Арт, 2004. – 498 с.
10. Зюзук Ф.В. Распространение мочекаменной болезни среди населения мира. – Луцк: Изд-во «Вежа» Волынского гос. ун-та, 2002. – Т. 1. – 408 с.
11. Юшкин Н.П. История минералогии и эволюция фундаментальных минералогических идей. (Преп. Сер. «Научные доклады» / АН СССР). – Сыктывкар, 1984. – Вып. 102. – 52 с.
12. Schneider H.-J. Aetiologie und Pathogenese der Urolithias // Antrittsvorlesungen. – Jena: Friedrich-Schiller- Univ., 1980. – S. 347–352.
13. Van Reen R. Geographical and nutritional aspects of endemic stones // Urinary Calculus: Intern. Urinary Stone Conf., Perth, Aug. 1979 / Ed. G. Brockis, B. Finlayson / Littelton, Mass: PS. 6 Publ. Co. 1981. – P. 177–184.
14. Григорьев Д.П. Минерал как организм // Проблемы генетической информации в минералогии. – Сыктывкар, 1976. – С. 6, 7.
15. Гегузин Я.Е. Живой кристалл. – М.: Наука. 1981. – 192 с.
16. Шаскольская М.П. Кристаллы. – М.: Наука, 1978. – 208 с.
17. Голованова О.А., Борбат В.Ф. Почечные камни. – М.: Медицинская книга, 2005. – 171 с.

Поступила 07.05.2010 г.

УДК 548.231+549.12

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РИТМИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ УРОЛИТОВ

О.А. Севостьянова, А.К. Полиенко, А.А. Орлов

Томский политехнический университет
E-mail: PolienkoA@yandex.ru

Изучена зональность уролитов пациентов медицинских округов Томского района. Установлена зависимость их состава от определенного физиологического состояния организма, заболеваний в отдельных системах и органах, а также зависимость кристаллизации различных минералов от рН урины.

Ключевые слова:

Уролиты, ритмическая зональность, ядро, слой, зона, ритм.

Key words:

The urolithes, rhythmic, a kernel, a layer, a zone, a rhythm.

Введение

Как отмечает большинство исследователей, зональность минералов и минеральных агрегатов обусловлена изменением условий минералообразования [1, 2] или параметров кристаллизации [3, 4]. В работе [3] К.Т. Вильке отмечает, что любые колебания температуры минералообразующего раствора, концентрации, скорости роста кристаллов и т. п. приводят к тому, что в растущем кристалле или агрегате появляются зоны роста, отличающиеся по химическому составу и физическим свойствам. Изучение зональности позволяет восстановить условия роста уролитов (мочевых камней) [2] и проводить ряд других минералогенетических реконструкций [1, 5].

Зональное строение уролитов имеет достаточно широкое распространение во всех образованиях, представленных оксалатами, фосфатами и другими минералами. Зональность подчеркнута ритмическим чередованием слоев различной окраски (от светлой до черной). Слоистость при этом проявля-

ется в виде очень тонких (рис. 1) или грубых (рис. 2) слоёв различной мощности.

Детальное исследование зональности уролитов не проводилось и в литературе не описано. На наш взгляд изучение особенностей ритмичности в слоистых образованиях уролитов может дать ценную информацию для определения механизма их образования.

Задачей, которую ставили перед собой авторы данной статьи, заключалась в исследовании зональности строения уролитов у населения Томского района, изучении условий их образования и влияния физиологического состояния организма человека и рН урины на состав и кристаллизацию различных минералов.

Материалы и методы исследования

Для изучения зональности использовались пробы уролитов пациентов из разных медицинских округов Томского района. Исследовалось 60 проб различного минерального состава.