

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. Зузук 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 / Littleton, 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.

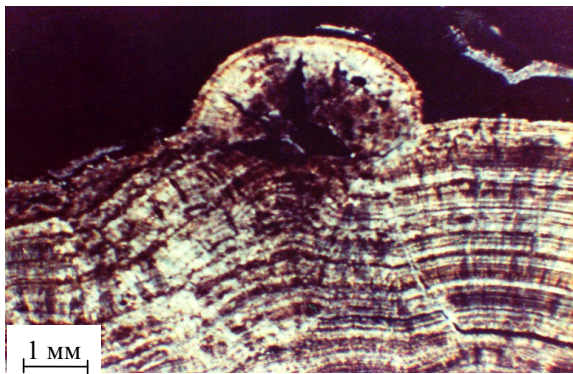


Рис. 1. Тонкая слоистость в уролите. Шлиф. Николи +

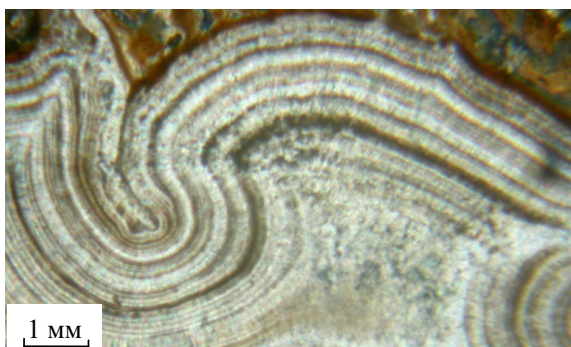


Рис. 2. Грубая слоистость в уролите. Шлиф. Николи +

Отбор уролитов осуществлялся врачами медицинских учреждений. Подготовка проб производилась в лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Института геологии и нефтегазового дела ТПУ.

Подготовка образцов и проб для исследований была связана с изготовлением прозрачных шлифов и пришлифовок отдельных участков мочевого камня, нанесением электропроводящего слоя на отдельные участки поверхности образца, отбором и подготовкой проб для электронно-микроскопического анализа.

Результаты микроскопического изучения структурно-текстурных особенностей уролитов систематизировались, выделялись наиболее характерные типы структур как уролита в целом, так и отдельных его частей. Уточнялся минеральный состав, выяснялись количественные соотношения различных минералов в образце. Определялся характер границ между зёрнами минералов, а также между микросферолитами, намечалась последовательность выделения индивидов в процессе формирования агрегата.

Затем проводились микроскопические исследования уролитов. Изучение минерального состава и структурно-текстурных особенностей уролитов в прозрачных шлифах проводили с применением поляризационно-оптического микроскопа Polar 210. Уточнялся минеральный состав, определялся характер взаимоотношений различных минералов друг с другом, изучалась текстура агрегата (его внутреннее строение — анатомия), структурные особенности отдельных индивидов, отмечалось наличие следов растворения агрегата и отдельных кри-

сталлов, производилась цифровая фотосъёмка особенностей структуры и текстуры. Исследовались несовершенства внутренней морфологии: секториальность, зональность, мозаичность, двойники, поры, разнообразные включения, деформации и прочие дефекты (структурные, неоднородность состава и строения без чётких границ и т. п.).

По фотографиям, полученным со сканирующего (растрового) электронного микроскопа, выявлялись признаки роста и растворения кристаллов.

Результаты всех исследований вносились в компьютерную базу данных.

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе изучения уролитов со слоистой структурой нами выделены следующие элементы их строения: ядро, слой, зона, ритм. Под ядром понимается центральная часть уролита, представленная либо сгустком органического вещества, либо скоплением зёрен кристаллов. На поверхности ядра происходит отложение из раствора мочи минерального или органического вещества в виде послойных образований различной конфигурации и выдержанности. Слой представляется в виде образования, однородного по составу, окраске, имеющего чёткие границы. Мощность слоев колеблется от 0,1 мкм до 1 мм. По составу слои представлены минеральным или органическим веществом, либо тем и другим вместе. Слои объединяются в группы. Число слоев в группе обычно от 2 до 8, иногда больше. Нередко группы слоев в составе уролита закономерно повторяются через определенные интервалы. Эти группы слоёв названы нами зонами. В свою очередь, зоны объединяются в более крупные подразделения, названные ритмами. Они включают в себя, как правило, до 4-х зон (при колебаниях от 2 до 5 зон).

Границей между двумя слоями минерального вещества является слой органического вещества значительно меньшей мощности по сравнению с мощностью минерального слоя. Две соседние зоны, состоящие из определённого количества слоев минерального и органического вещества определённого состава, отделяются друг от друга слоем органического вещества, имеющим большую мощность, чем граница между двумя слоями. Ритмы отделяются друг от друга также слоем органического вещества, имеющим еще большую мощность, чем граница между зонами. Нередко мощность границ между ритмами превышает 1,5 мм. Зоны, объединяющиеся в ритмы, создают ясную картину ритмически чередующихся слоистых образований (рис. 3).

Ритмичная зональность хорошо поддается исследованию в уролитах, время роста которых установлено достаточно точно. Исследование зональности нескольких камней из одной почки позволило нам рассчитать среднюю скорость роста уролита в день. При условии относительно равномерного роста размер уролита увеличивался примерно на 0,03 мм в день, а в осенний период скорость роста составляла 0,06 мм в день.



Рис. 3. Ритмическая зональность в уролите. Шлиф. Николи +

В работе [6] констатируется, что в организме человека имеется множество различных физиологических функций, для которых характерна суточная ритмичность. Суточные колебания физиологических процессов у человека, как правило, заключаются в постепенном повышении большинства функциональных показателей в утренние и вечерние часы и падении в ночные часы. Колебательный процесс подчинен строгим закономерностям и является одним из проявлений ритмичности жизнедеятельности. Жизненные функции любых биологических объектов претерпевают периодические колебания, называемые биологическими ритмами. О суточных и сезонных биоритмах в литературе имеется довольно обширная информация. Эти ритмы являются формой движения материи во времени. Период может исчисляться секундами, часами, сутками, сезонами, годами и десятилетиями. Примером суточного биологического ритма может служить колебание кислотно-щелочного равновесия в организме; к сезонным относятся: ритм обмена веществ, ритм системы кровоснабжения, нейроэндокринные и другие ритмы.

Наука располагает данными, что в течение суток в тканях тела человека изменяется кислотно-щелочное равновесие, в результате чего внутренняя среда организма в период с 3 до 15 ч находится преимущественно в кислой фазе, а с 15 до 3 ч — в щелочной фазе. Последнее обстоятельство может объяснить связь зональности (слоистости) уролитов с биоритмами в организме человека. Например, соли ортофосфорной кислоты кристаллизуются только при щелочной реакции мочи, а соли шавелевой кислоты — при кислой реакции мочи. Именно поэтому уролиты, имеющие зональное строение, характеризуются чередованием слоев разного состава (слои минерального вещества разного состава чередуются либо друг с другом, либо со слоями органического вещества). Изучение структуры уролитов позволило нам сделать вывод о зависимости их минерального состава от определенного физиологического состояния организма, заболеваний в отдельных системах и органах, а также о зависимости кристаллизации различных ми-

нералов от pH урины. Установлено, что самые мельчайшие структурные единицы уролита (микрослои) являются следствием *суточных* колебаний кислотно-щелочного равновесия в организме человека.

Осенью у человека интенсифицируется обмен веществ, повышается общий тонус организма, активизируются жизненные процессы, наблюдается подъем жизненных функций [6, 7]. Активизация всех жизненных процессов обуславливает протекание патологических явлений в разных системах организма, в том числе и в мочевой системе. Поэтому суточные ритмические колебания (биоритмы) кислотно-щелочного равновесия могут способствовать ритмическому отложению слоев различного минерального состава на определенной основе (матрице). Таким образом, суточным ритмам колебания кислотно-щелочного равновесия могут соответствовать два слоя в структуре уролита (оксалатного, мочеислого или фосфатного состава), разделённых тончайшим слоем органического вещества. Зоны, объединяющие группу слоев, могут соответствовать месячным и, возможно, сезонным биоритмам, а структурные ритмы в строении камня — сезонам года.

Нами установлено [8], что внутри структурного ритма периодичность чередования зон составляет в среднем 15,5 сут.

Необходимость изучения связи ритмичной зональности уролитов с биоритмами в организме человека очевидна. Как отмечал академик Н.А. Агаджанян, «...изучение суточных ритмов открывает большие перспективы для более глубокого познания функциональных особенностей организма не только в норме, но и в патологии, что позволяет выявить самые ранние стадии заболевания, наметить наиболее эффективные методы лечения и прогнозировать исход заболевания» [6].

Исследования показали, что слои располагаются вокруг ядер, представленных органическим веществом с включением мелких кристаллов гидроксил-апатита и мочевой кислоты (рис. 4).

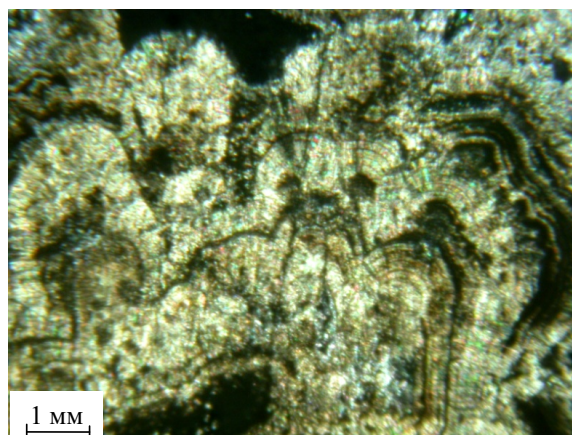


Рис. 4. Формирование слоёв минерального и органического вещества вокруг ядер-зародышей, представленных органикой. Шлиф. Николи +

Ритмическая зональность достаточно четко проявляется и в строении сферолитов, входящих в состав уролитов (рис. 5–7), и в строении отдельных кристаллов уэвеллита (одноводного оксалата кальция). Это выражается в закономерном чередовании зон, состоящих из 2, 8, 10 и более слоев. Минимальная мощность отдельных слоев не превышает 1,5...2,0 мкм.

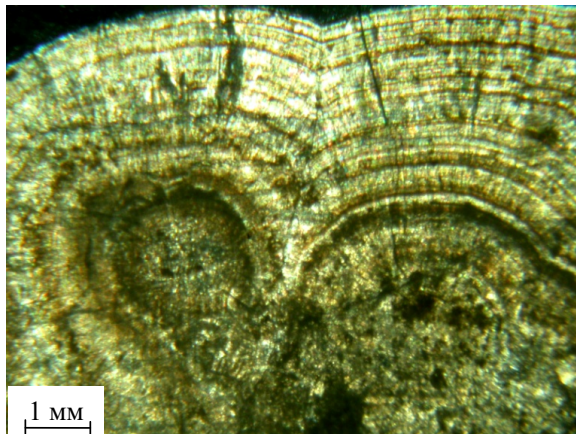


Рис. 5. Ритмическая зональность в сферолитах. Шлиф. Николи +

Зональность в кристаллах оксалата кальция в уролитах была обнаружена в работах И.С. Колпакова и Н.В. Глики, Е. Szabo [9, 10]. В частности, И.С. Колпаков [9] указал на «пирамидальную форму зональности» в кристаллах оксалата кальция, а Е. Szabo [10] определил зональность «в форме вложенных друг в друга конусов».

Зональность в кристаллах чаще всего выявляется при травлении соляной кислотой или в иммерсионных жидкостях. Она заключается в чередовании слоев, образующих кристалл: светлые слои минерального вещества разделяются между собой тончайшими темными микрослоями органического вещества. Необходимо отметить, что границы структурных элементов зональности (слой, зона, ритм) проводятся по присутствующим темным границам – прослоям.

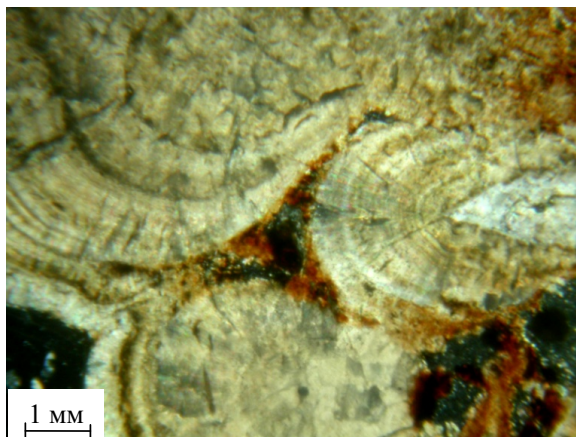


Рис. 6. Совместный рост сферолитов. Шлиф. Николи +

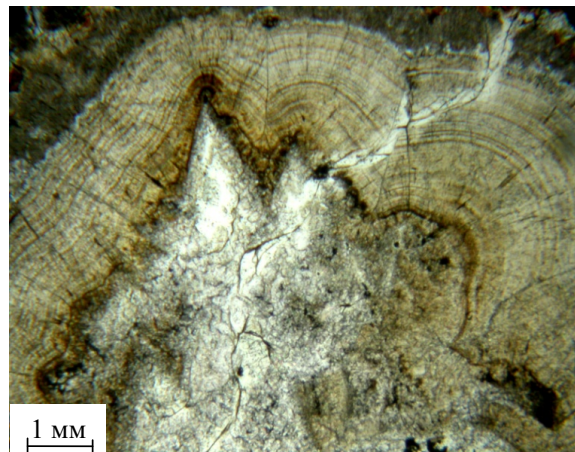


Рис. 7. Сферолиты на поверхности друзовидного уролита. Шлиф. Николи +

Границы между зонами в кристаллах представлены тонкодисперсным органическим материалом, осаждающимся на поверхности граней. Чаще всего границы представляют собой строго параллельные непрерывные линии. Однако, нередко границы между зонами имеют прерывистый характер. При значительных увеличениях (в 700...800 раз) граница представляется в виде полоски, состоящей из мельчайших округлых частиц темного цвета. Имеются примеры, когда на одном слое кристалла мелкодисперсный материал резко сменяется более крупными шаровидными образованиями, находящимися очень близко друг к другу. Однако и в этих случаях продолжает сохраняться прямолинейность границы слоя.

В уролитах пациентов среднего и старшего возраста мощность зон значительно больше, чем у пациентов молодого возраста. По нашим данным, у пациентов моложе 60 лет отмечается увеличение средней мощности зон уролитов, а после 60 лет наблюдается обратная зависимость. По нашему мнению, факт зависимости мощности зон уролитов от возраста пациента свидетельствует о наличии изменений процессов обмена веществ, протекающих в организме человека в течение его жизни.

В исследованном нами большом числе кристаллов уэвеллита выделена ритмическая зональность трёх порядков, которая:

- характеризуется чередованием зон, не имеющих в своем строении более мелких структурных единиц и отделяющихся друг от друга тончайшей черной пленкой органического вещества;
- представлена зонами, объединяющими элементы зональности первого порядка в более крупные структурные подразделения, разграничивающиеся мощными темными слоями органического вещества;
- объединяет серию структурных подразделений зональности второго порядка, разграниченных еще более мощными темными слоями органического вещества.

Зональность подчеркивает закономерность нарастания граней кристаллов в виде пирамид роста [2].

Анализ кристаллов уэвеллита и их обломков с учетом характера зональности позволил выявить три типа кристаллов: первый тип характеризуется зональностью только первого порядка, второй — зональностью двух порядков, а третий — наличием зон всех трёх порядков. Зональность выявлена путём травления кристаллов уэвеллита соляной кислотой. Фигуры травления в виде неравностороннего ромба состоят из зон трёх порядков. Характерно то, что каждая зона второго порядка включает в себя только две зоны первого порядка. Мощность каждой из зон второго порядка равняется 2,7 мкм, а первого порядка — 1,35 мкм. На основании изучения большого количества кристаллов уэвеллита в иммерсионных жидкостях и определения размеров зон разных порядков в кристаллах трёх выделенных типов нами установлено, что минимальная мощность зон первого порядка отмечается в кристаллах третьего типа и составляет 0,35 мкм. В кристаллах второго и первого типов этот показатель соответственно равняется 0,7 и 2,0 мкм. Мощность зон третьего порядка в кристаллах третьего типа находится в пределах от 18 до 54 мкм. Одновременно с измерением мощности зон производился подсчет их количества в различных кристаллах уэвеллита. Результаты этих исследований приведены в таблице.

В отдельных кристаллах уэвеллита наблюдается асимметрия роста граней. Принимая это обстоятельство во внимание, учитывая принцип Кюри, можно с определенной долей вероятности говорить

о направлении потоков, формирующих грани растущего кристалла. С большей скоростью растут грани, расположенные нормально к направлению движения минералообразующего раствора. В отдельных случаях рост некоторых граней кристалла тормозится гранями растущих по соседству кристаллов.

Таблица. Мощность и количество зон в кристаллах уэвеллита

Тип кристалла	Мощность (1), мкм и количество (2) зон											
	Первый порядок				Второй порядок				Третий порядок			
	min		max		min		max		min		max	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
I	2,0	2	10,0	15	—	—	—	—	—	—	—	—
II	0,7	2	3,5	15	9,0	2	21,0	7	—	—	—	—
III	0,35	2	1,3	10	1,8	2	2,7	20	18,0	2	54,0	—

Выводы

1. Изучено зональное строение уролитов жителей Томского района. Выделены структурные элементы зональности: ядро, слой, зона, ритм.
2. Показано, что зональность минералов и минеральных агрегатов обусловлена изменением условий минералообразования (параметров кристаллизации).
3. Установлено, что состав уролитов зависит от физиологического состояния организма, заболеваний в отдельных системах и органах, а кристаллизация различных минералов зависит от pH урины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Индивиды. — М.: Наука, 1975. — 340 с.
2. Леммлейн Г.Г. Морфология и генезис кристаллов. — М.: Наука, 1973. — 327 с.
3. Вильке К.Т. Выращивание кристаллов. — Л.: Наука, 1977. — 600 с.
4. Трейвус Е.Б. Кинетика роста и растворения кристаллов. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. — 248 с.
5. Юшкин Н.П. История минералогии и эволюция фундаментальных минералогических идей. (Преп. Сер. «Научные доклады» / АН СССР. Коми фил.). — Сыктывкар, 1984. — Вып. 102. — 52 с.
6. Агаджанян Н.А. Ритмы жизни и здоровье. — М.: Знание, 1975. — 95 с.
7. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. — М.: Медицина, 1985. — 288 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. Колпаков И.С., Глики Н.В. Морфология и генез мочевых камней по данным поляризационно-оптического исследования // Урология и нефрология. — 1965. — № 5. — С. 15–22.
10. Szabo E. Über die mikroskopische Analyse von Nierensteinen // Zeitschrift für urologie und nephrologie. — 1967. — Bd. 60, H. 7. — S. 473–486.

Поступила 07.05.2010 г.