

## Литература

1. Саркисян С.Г., Котельников Д.Д. Глинистые минералы и проблемы нефтегазовой геологии. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980. – 232 с.
2. Сергеев Е.Н. Введение в электронную микроскопию минералов. – М.: Издательство Московского университета, 1977. – 144 с.
3. Mineralogical society. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minersoc.org/gallery.php?id=2>, свободный.
4. Карпова Н.Н., Коровкин М.В. Определение вещественного состава карбонатных пород-коллекторов методом инфракрасной спектроскопии // Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 112–114.

**НЕОДНОРОДНОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА УРОЛИТА  
КАК СЛЕДСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ****М.И. Джумашев, А.С. Капанов**

Научный руководитель доцент А.К. Полиенко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Повышенный интерес исследователей к изучению патогенных биоминеральных образований в организме человека отмечен в последние тридцать лет. Одними из таких образований являются уролиты (мочевые камни), формирующиеся в мочевыделительной системе человека и являющиеся основной причиной весьма распространённого заболевания – мочекаменной болезни. В качестве одной из причин образования уролитов исследователи отмечают экологическое состояние среды обитания. Особенное внимание уделяется характеру распределения химических элементов в структуре уролитов. Изучение химического и биохимического состава уролитов, а также структурных особенностей их строения и, в частности, ритмической зональности отмечено в ряде работ [1–4]. Полученная информация имеет большое значение для понимания онтогении уролитов.

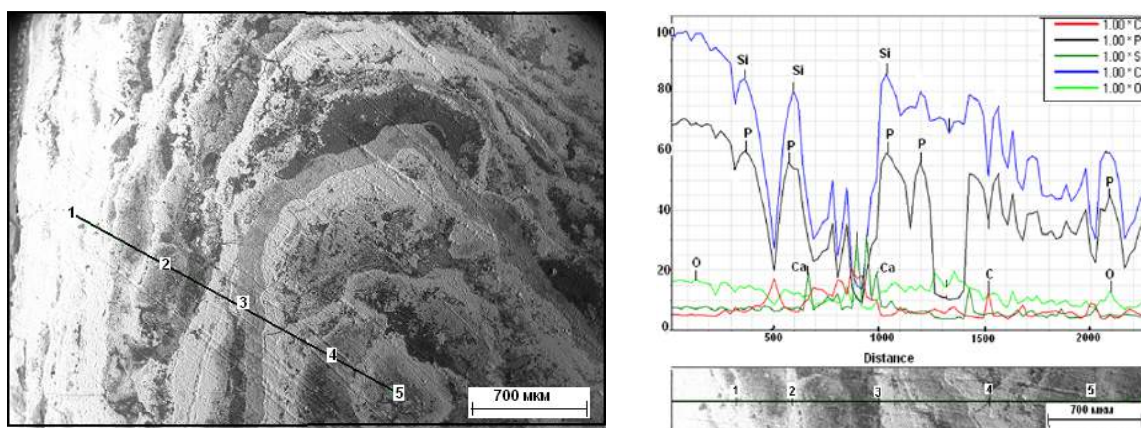
Целью научных исследований, некоторые результаты которых приводятся в настоящей статье, является изучение особенностей распространения химических элементов в структуре уролитов.

Для выполнения поставленной задачи в качестве объекта исследований использованы уролиты, полученные в результате удаления их из мочевой системы пациентов в урологическом отделении одной из городских больниц города Томска. Изучение уролитов проведено по комплексной методике, которая предполагает несколько этапов исследования. Вначале на бинокулярном микроскопе исследовалась морфология поверхности каждого уролита, изучался их минеральный состав, текстурно-структурные особенности, а затем были изготовлены шлифы. В шлифах уточнялся минеральный состав и характер взаимоотношений между отдельными зёрнами. Следующий этап исследований заключался в изучении распределения химических элементов в структуре уролитов. Эта работа выполнена с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Hitachi S-3400N с энерго-дисперсионной приставкой (ЭДС) Bruker XFlash 4010 для проведения рентгеноспектрального анализа. Микроскоп располагается в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного исследовательского научно-образовательного центра (МИНОЦ) кафедры геоэкологии и геохимии (ГЭГХ) Института природных ресурсов ТПУ. Съёмка (исследование) каждого шлифа осуществлялась в режиме обратно рассеянных электронов при низком вакууме ( $p = 30 \dots 40$  Па).

При исследовании шлифов были использованы следующие возможности сканирующего электронного микроскопа HITACHI S-3400N: определение наличия и содержания химических элементов в точках по профилю (линии); изучение распределения химических элементов по площади (в плоскости среза исследуемого объекта); представление информации в виде графического материала (содержание элементов).

Исследования с использованием названного выше оборудования выполнены нами впервые с получением данных, позволяющих сделать важные научные выводы о распределении отдельных химических элементов в структуре уролитов.

Для исследования выбран один из шлифов уролита G-4-2, предварительно изученный на поляризационно-оптическом микроскопе. Состав уролита сложный, в нём отмечены минералы фосфатного состава (карбонат-апатит), оксалаты кальция (производные щавелевой кислоты), а также в значительных количествах органическое вещество. Границы между структурными зонами выражены нечётко, однако присутствуют признаки, по которым можно наметить определённые точки для изучения характера распределения химических элементов.



**Рисунок. Профиль в шлифе уролита G-4-2 (по направлению от периферии к центру) (а); распределение химических элементов (углерода, фосфора, кремния, кальция, кислорода) по профилю (б)**

В исследуемом шлифе был намечен профиль (рис. а) по направлению от периферии к центру. Точки на профиле шлифа выбраны по некоторым характерным структурным признакам: на границах отдельных зон (нечётко выраженных), а также в центре уролита. В результате сканирования по профилю получен спектр элементов (рис. б) в выделенных характерных точках. На рисунке выражены пики, характеризующие присутствие и содержание элементов. Наиболее выразительные пики соответствуют содержанию кремния, затем по убыванию содержания следует пик, принадлежащий фосфору. Кислород, кальций и углерод отмечены менее выраженными пиками.

Таблица

**Содержание элементов в шлифе (наблюдения по 5 точкам)**

Элементы	Точки наблюдения				
	1	2	3	4	5
	Содержание, мас. %				
C	4,6	6,2	5,3	17,4	6,41
O	18,2	16,3	16,1	11,1	12,2
Na	*	*	*	*	*
Ca	*	12,5	13,0	*	*
Mg	*	*	*	*	*
Al	*	*	*	*	*
Si	81,7	79,8	82,1	*	*
P	60,0	55,5	58,6	51,7	43,2
K	11,1	19,1	3,4	12,4	*

\*ниже предела определения

Таким образом, нами были получены данные, свидетельствующие о неоднородном распределении химических элементов в структуре уролита. Преобладают элементы следующих групп периодической системы Д.И. Менделеева: I – Na, Ca, K; IV – C, Si; VI – O, S. Причина неоднородности в распределении элементов в структуре уролита заключается в периодическом изменении параметров среды минералообразования. В структуре уролита выделяются зоны, границы между которыми подчеркнуты выраженным преобладанием органического вещества по отношению к минеральному. Отмечено чередование зон, сложных по химическому составу и имеющих большие мощности по сравнению с относительно менее мощными зонами (преимущественно кальциевого состава). Содержание кальция в таких зонах возрастает при заметном снижении содержания углерода.

Взаимоотношение между соседними зонами закономерно и указывает на то, что в строении уролитов отчётливо выделяются ритмы. Ритмичность строения уролитов является главным и важным признаком, характеризующим процессы зарождения, роста и изменений органо-минеральных образований, к которым относятся уролиты.

Наблюдаются весьма существенные различия в содержании элементов как на границах между ритмами, так и в плоскости шлифа. Наибольшее содержание характерно для кислорода (среднее содержание 34,65 мас. %), азота (среднее содержание 12,06 мас. %), кальция (среднее содержание 9,98 мас. %), углерода (среднее содержание 9,02 мас. %).

Результаты исследований, полученные при изучении конкретного шлифа уролита, с определённой степенью осторожности могут быть экстраполированы на другие уролиты, не подвергнутые наблюдению.

#### Литература

1. Голованова О.А., Борбат В.Ф. Почечные камни. – М.: Медицинская книга, 2005. – 171 с.
2. Голованова О.А. Биоминералогия мочевых, желчных, зубных и слюнных камней из организма человека: Дис... д-ра геол.-минер. наук. – СПб, 2007. – 333 с.
3. Полиенко А.К., Грибанова А.А. Особенности биохимического состава мочевых камней. – Томск. политехн. ун-т. – Томск, 1997. – 6 с. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 31.12.97, № 3859-В-97.
4. Севостьянова О.А., Полиенко А.К. Структурные особенности ритмической зональности уролитов (мочевых камней) // Записки Российского минералогического общества. – 2010. Т. 4. – СХХХІХ. – № 5. – С. 93–100.

### ИНДИКАТОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ НИЗКОАЛМАЗОНОСНЫХ КИМБЕРЛИТОВ НА ПРИМЕРЕ ТРУБКИ МОРКОКА (ЯКУТИЯ)

Н.Р. Джумаян

Научный руководитель доцент Н.В. Грановская  
*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

Одними из важнейших критериев алмазоносности кимберлитов являются типоморфные особенности минералов, образующихся одновременно с алмазами. Такие минералы ранее называли спутниками алмазов, а в современной литературе – минералами индикаторами кимберлитов (МИК), к которым относятся пироп, ильменит, хромшпинелиды, оливин, рутил, энстатит, диопсид, коэсит.

В настоящее время установлено множество информативных минералогических признаков кимберлитов из высокоалмазоносных трубок [1 – 8]. При этом редки случаи, когда объектами изучения являются минералы из низкоалмазоносных кимберлитов. Решение проблемы отнесения МИК к кимберлитам различной продуктивности является актуальным при проведении шлиховых поисков алмазов, изучении вторичных коллекторов алмазов.

**Цель наших исследований** – на примере трубки Моркока определить важнейшие свойства индикаторных минералов низкоалмазоносных кимберлитов.

**Методика исследований** включала макроскопическое и микроскопическое изучение индикаторных минералов кимберлитов из трубки Моркока, которое проводилось автором во время прохождения производственной практики в аналитической лаборатории Амакинской ГРЭ и в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Центр исследований минерального сырья и состояния окружающей среды» Южного федерального университета. В исследованиях использовались бинокляр LEICA MZ 12, растровый электронный микроскоп VEGA II LMU фирмы Tescan, система энергодисперсионного микроанализа INCA ENERGY 450/XT и волнодисперсионного микроанализа INCA WAVE 700 фирмы OXFORD Instruments Analytical. Объекты исследования – зерна гранатов разной окраски (126 образцов), ильменита (21 образец), оливина (19 образцов). Основное внимание уделялось химическому составу минералов, их цветовым разновидностям, характеру поверхности минеральных зерен.

**Результаты исследований.** Трубка Моркока открыта в 1956 году, административно принадлежит к Мирнинскому району Якутии и в геологическом отношении приурочена к Далдыно-Алакитскому алмазоносному району. В пределах района находится два кимберлитовых поля: Далдынское и Алакит-Мархинское. Иногда в составе Алакит-Мархинского кимберлитового поля прогнозируют Моркокинское поле, где в настоящее время известна лишь единственная убого алмазоносная трубка Моркока [3]. Состав кимберлитов трубки – железисто-титанистый, с повышенным содержанием ильменита (причем распространены исключительно его марганцевые разновидности) и с полным отсутствием хромитов [2]. Типоморфные минералы в низкоалмазоносных трубках обычно редки, а если они присутствуют, то отличаются по ряду химических и структурно-морфологических признаков [8]. Но трубка Моркока, несмотря на то, что отнесена к убого алмазоносным, содержит, по разным литературным и фондовым источникам, до 29% минералов алмазного парагенезиса, что может свидетельствовать либо о неоднозначности использования свойств индикаторных минералов для прогнозирования алмазоносности, либо о потенциальной алмазоносности магматического первоисточника. На основании проведения минералогических исследований по данной трубке нами получены следующие данные.

При исследовании проб *граната* были выделены следующие цветовые разновидности: красные, оранжевые, лиловые и розовые. Размеры зерен – от 2 до 7 мм. Зерна изометричной формы, часть их представляет собой обломки и осколки, которые могли образоваться в результате разрушения первичных зерен из-за внутреннего напряжения. Лишь единичные зерна огранены, имеют форму неправильного ромбододекаэдра, часть граней которых, вероятно в результате вторичной переработки, стала более округлой. Основными типами поверхности являются матированная, шероховатая, на большинстве зерен отмечаются следы мантийного растворения и регенерации. Зерна трещиноватые, в различной степени замещены веществом реакционной келифитовой каймы. Такие каймы обычно образуются из-за воздействия на минерал флюидонасыщенного кимберлитового расплава [8]. Все минералы группы граната представлены пиропами, что помимо их цвета и оптических свойств, подтверждается химическим составом.

Микрозондовые исследования проведены по главным цветовым разновидностям граната. При изучении химического состава минералов основной акцент делался на определение содержания основных оксидов –