

УДК 616.604

*А. А. Руднева, А. Ю. Гойхман, И. И. Лятун, А. В. Козлов*

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ  
И ЭНЕРГОДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА МОЧЕВЫХ КАМНЕЙ**

*Приводятся результаты изучения химического состава мочевых конкрементов с помощью энергодисперсионного анализа. Показано, что данная методика позволяет анализировать элементный состав уролитов.*

*This article presents the results of a study of the chemical composition of uroliths using energy dispersing analysis. It is shown that this methodology makes it possible to analyse the elemental composition of uroliths.*

**Ключевые слова:** уролитиаз, камнеобразование, химический состав, энергодисперсионный анализ.

**Key words:** urolithiasis, stone formation, chemical composition, energy dispersive analysis.



## Введение

Мочекаменная болезнь (МКБ) — одно из наиболее распространенных хронических заболеваний, поражающих не менее 3 % населения земного шара [1; 9]. Изучение минерального состава и строения мочевых камней (уролитов) представляет значительный интерес не только для врачей, напрямую занимающихся диагностикой и лечением МКБ, но и специалистов в других областях науки — биоминералогии, химии, кристаллографии [2; 3]. Для изучения состава мочевых камней используют рентгенографический метод, ИК-спектроскопию, рентгенофлуоресцентный анализ, сканирующую электронную микроскопию и ряд других методов [4].

118

В то же время даже при использовании инфракрасной спектроскопии и рентгеноструктурного анализа при изучении сложных по составу камней ошибки могут превышать 10 % [13]. С этой точки зрения использование новых методологий при изучении состава мочевых камней может оказаться полезным для устранения ряда противоречий в результатах, получаемых различными методами.

**Целью** нашей работы была оценка возможности изучения состава мочевых камней методом сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного микроанализа.

## Материалы и методы

Работа проводилась в научно-образовательном центре «Функциональные наноматериалы» Инновационного парка БФУ им. И. Канта. Был изучен химический состав 90 уролитов, полученных у пациентов с диагнозом мочекаменная болезнь, проходивших лечение в различных медицинских учреждениях Калининграда и Калининградской области. Образцы существенно различались по массе, форме, поверхности и цвету (камни были предоставлены хирургами-урологами и самими пациентами). Химический состав конкрементов исследовался с помощью энергодисперсионного анализатора *Oxford Instruments X-Act* на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6390LV.

**Пробоподготовка.** Камни подвергали механическому дроблению с целью отделения ядра от оболочки конкремента. Образец камня с размером от 15 до 1 мм закрепляли на специальный держатель, помещали в электронный микроскоп. Для определения концентраций химических элементов, входящих в изучаемый образец, производился анализ рентгеновского спектра в специализированном программном обеспечении *Oxford Instruments INCA*.

Углерод и кислород исключались из спектров для снижения погрешности определения концентраций других химических элементов.

## Результаты и обсуждение

Поскольку на практике в мочевых камнях анализируют, как правило, ограниченный набор элементов, вклад которых в развитие уролитиаза установлен, мы ограничили количество определяемых элементов и сосредоточили свое внимание на встречающихся чаще, чем другие: Ca, P, K, Si, Na, Cl, Al, Mg.



Опыт работы по анализу состава мочевых камней с помощью энергодисперсионного анализатора *Oxford Instruments X-Act* на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6390LV дает возможность сформулировать ряд предварительных выводов.

*Вывод 1.* Процедура пробоподготовки и анализа благодаря использованию анализатора с соответствующего программного обеспечения занимает несколько минут и результаты исследования представляются в удобной для анализа графической форме. В связи с этим данный метод может претендовать на роль количественного экспресс-метода для анализа камней, содержащих различные количества отдельных составляющих и выявить ведущий компонент.

*Вывод 2.* Результаты определения элементного состава уролитов с помощью сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа позволяют оценить гетерогенность состава уролита (рис. 1–6).

Несмотря на то что нами не были обнаружены статистические различия между содержанием в уролитах Ca, K, S, Si, Na, Cl, Al, P, Mg — в коре и оболочке уролита (рис. 5–9), характер распределения концентрации отдельных составляющих в коре и оболочке камня указывает на то, что достоверные различия можно получить, если будут сгруппированы относительно однородные по составу камни [5; 7; 8]. Другим возможным объяснением отсутствия различий может стать то, что процесс образования камня не является линейным во времени, поскольку скорость нуклеации, роста кристаллов, их агрегация с последующим образованием конкремента зависят от сочетания множества факторов — чередования периодов ремиссии и рецидивов, эффективности медикаментозной терапии и др. [6; 10; 11]. В связи с этим эксперты Европейской ассоциации урологов (European Association of Urology, 2011) рекомендуют во всех случаях диагностирования МКБ а также у пациентов с ранним рецидивом на фоне медикаментозной терапии или в случае рецидива после длительной ремиссии МКБ, в ходе которой состав камня может меняться, проводить анализ конкрементов с помощью аналитических процедур, достоверность которых доказана [12; 14].

*Вывод 3.* На наш взгляд, апробируемый нами метод анализа уролитов найдет применение при поиске интегральных показателей риска кристаллообразования у людей с повышенным риском МКБ. В связи с тем, что непосредственно для анализа камня с помощью энергодисперсионного анализатора *Oxford Instruments X-Act* на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6390LV требуются небольшие количества образца, изучение процесса кристаллизации в модельных системах будет способствовать исследованию не столько метаболических факторов риска или модификаторов кристаллообразования, сколько выяснению характера их взаимодействия между собой при развитии МКБ.

*Вывод 4.* По нашему мнению, изучение состава мочевых камней с использованием метода сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа представляется перспективным для изучения эпидемиологических аспектов мочекаменной болезни — влияние местных климатических факторов, состава воды, характера питания и ряда других на минеральный состав камней.

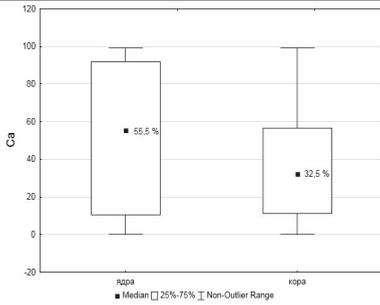


Рис. 1. Содержание Са в ядре и оболочке уратитов (%): по вертикали – процентное соотношение содержания элементов; по горизонтали – химические элементы;  $p > 0,05$  ( $p = 0,3069$ )

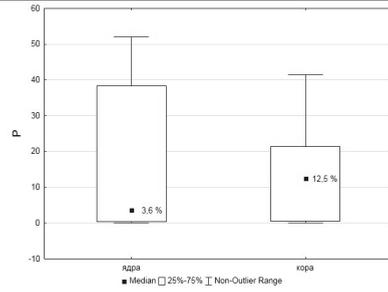


Рис. 2. Содержание Р в ядре и оболочке уратитов (%): по вертикали – процентное соотношение содержания элементов; по горизонтали – химические элементы;  $p > 0,05$  ( $p = 0,8694$ )

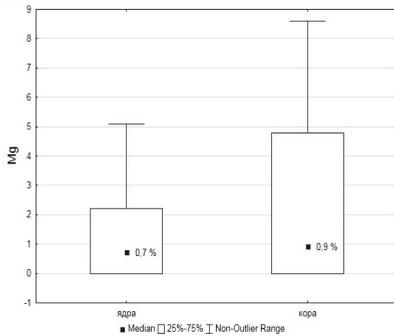


Рис. 3. Содержание Mg в ядре и оболочке уратитов (%): по вертикали – процентное соотношение содержания элементов; по горизонтали – химические элементы;  $p > 0,05$  ( $p=0,7636$ )

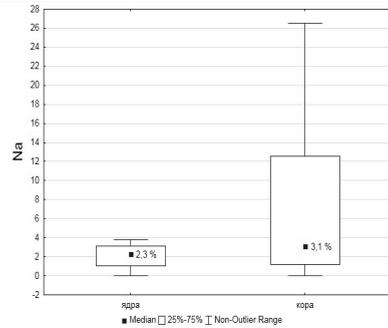


Рис. 4. Содержание Na в ядре и оболочке уратитов (%): по вертикали – процентное соотношение содержания элементов; по горизонтали – химические элементы;  $p > 0,05$  ( $p=0,2549$ )

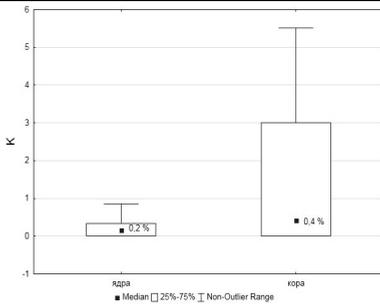


Рис. 5. Содержание К в ядре и оболочке уратитов (%): по вертикали – процентное соотношение содержания элементов; по горизонтали – химические элементы;  $p > 0,05$  ( $p=0,1160$ )

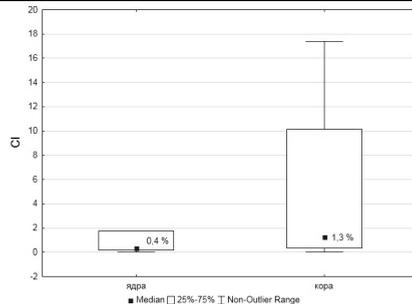


Рис. 6. Содержание Cl в ядре и оболочке уратитов (%): по вертикали – процентное соотношение содержания элементов; по горизонтали – химические элементы;  $p > 0,05$  ( $p=0,1389$ )



## Список литературы

1. Биохимия / под ред. Е. С. Северина. М., 2003.
2. Голованова О. А., Борбат В. Ф. Почечные камни. М., 2005.
3. Значение суточных колебаний рН мочи в распознавании химического состава мочевых камней / П. С. Серняк, В. М. Билобров, Л. М. Литвищенко [и др.] // Урология и нефрология. 1984. №3. С. 21–26.
4. Зузук Ф. В. Мінералогія уролітів : автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Львів, 2005.
5. Иванов М. А., Панин А. Г., Стецик О. В. Принципы структурно-вещественной классификации почечных камней // Тез. докл. междунар. науч. конф. «Федоровская сессия 2006». СПб., 2006. С. 18–20.
6. Карпенко В., Абрамов Ю. А., Кривошей Н. Ф. Амбулаторная урология. Киев, 1980.
7. Кораго А. А. Введение в биоминералогию. СПб., 1992.
8. Особенности минерального состава и структуры мочевых камней и их распространенность у пациентов из разных районов Новосибирской области / Н. А. Пальчик, В. Н. Столповская, И. В. Леонова [и др.] // Минералогия техногенеза-2001 : сб. докл. семинара. Миасс, 2001. С. 99–108.
9. Особенности химического состава и структуры мочевых камней и их распространенность в городах Москве и Берлине и Киргизской ССР / Г. Шуберт, М. В. Чудновская, Г. Брин [и др.] // Урология и нефрология. 1990. №5. С. 49–54.
10. Полженко А. К. Особенности онтогении почечных камней : автореф. дис. ... канд. геолог.-минерал. наук. Л., 1986.
11. Тиктинский О. Л., Александров В. П. Мочекаменная болезнь. СПб., 2000.
12. Чиглинцев А. Ю., Сокол Э. В., Нохрин Д. Ю. Структура, минеральный и химический состав мочевых камней. Челябинск, 2010.
13. Quality control in urinary stone analysis: results of 44 ring trials (1980–2001) / A. Hesse, R. Kruse, W. J. Geilenkeuser, M. Schmidt // Clin. Chem. Lab. Med. 2005. Vol. 43, №3. P. 298–303.
14. Millan A., Sohnel O., Grases F. The influence of crystal morphology on the kinetics of growth of calcium oxalate monohydrate // Crystal Growth. 1997. Vol. 179. P. 231.

## Об авторах

Анастасия Алексеевна Руднева — асп., СЗГМУ им. И. И. Мечникова, врач высшей категории Калининградской ОКБ.

E-mail: tank2605@mail.ru

Иван Игоревич Лятун — асп., мл. науч. сотр. научно-образовательного центра «Функциональные наноматериалы», Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Калининград.

E-mail: Lyatun@innopark.kantiana.ru

Александр Юрьевич Гойхман — канд. физ-мат. наук, директор научно-образовательного центра «Функциональные наноматериалы» Балтийский федеральный университет им. И. Канга, Калининград.

E-mail: AGoikhman@innopark.kantiana.ru

Антон Владимирович Козлов — д-р мед. наук, СЗГМУ им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург.

E-mail: kafedrabk@mail.ru

## About the authors

Anastasiya Rudneva, PhD student, I. I. Mechnikov Northwestern State Medical University; Board Certified Physician, Kaliningrad Regional Hospital.

E-mail: tank2605@mail.ru



Ivan Lyatun, PhD student, Junior Research Fellow, Functional Nanomaterials research and education centre, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: Lyatun@innopark.kantiana.ru

Dr Aleksandr Goikhman, Director of the Functional Nanomaterials research and education centre, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: AGoikhman@innopark.kantiana.ru

Prof. Anton Kozlov, I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University.

E-mail: kafedrask@mail.ru