

**Биоинералогический анализ мочевых камней человека****В. И. Силаев¹, А. А. Слюсарь², А. В. Слюсарь³, А. В. Кокин⁴, А. С. Шуйский¹, А. Ф. Хазов¹,
С. Н. Шанина¹, Б. А. Makeev¹, И. В. Смолева¹, Д. В. Киселева⁵**¹ Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия; silaev@geo.komisc.ru² РНИМУ им. Н. И. Пирогова, Москва, Россия³ РКБ ЮОМЦ ФМБА, Ростов на Дону, Россия⁴ РАНХиГС при Президенте РФ, Ростов на Дону, Россия⁵ Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

С использованием широкого спектра современных экспериментальных методов исследования была изучена эталонная коллекция образцов мочевых камней у мужчин и женщин в возрасте 27–83 лет, а также мочи пациентов с мочекаменной болезнью и хроническим пиелонефритом. Были проанализированы химический и фазовый состав, содержание микроэлементов, аминокислотный состав и содержание в белках, а также изотопный состав углерода и азота. В мочевых камнях были обнаружены биоинералы, охватывающие практически весь современный спектр типов минералов: элементарные вещества (металлы), халькогениды (сульфиды), галогениды (хлориды), оксиды (магнетит, фаза SiO₂), силикаты (алюмосиликаты) и кислородные соли. Помимо минералов камни также содержат так называемые минералоиды, представленные водными оксалатами кальция и мочевой кислотой. В исследованных образцах было идентифицировано пятнадцать белковых аминокислот, в том числе семь незаменимых. Три аминокислоты содержат небольшое количество D-энантиомера. Изотопный состав углерода и азота в органическом веществе, содержащемся в камнях и моче человека, уникален и отличается от состава органического вещества, содержащегося в костях человека, атмосфере Земли и в осадочных породах. Однако мочевые камни имеют сходство по изотопному составу углерода с органическими полимерами, образующимися в результате современного вулканизма.

Ключевые слова: мочевые камни, минералообразование в организме человека, биоинералы**Bioineralogical analysis of human urinary stones****V. I. Silaev¹, A. A. Slyusar², A. V. Slyusar³, A. V. Kokin⁴, A. P. Shuisky¹, A. F. Khazov¹,
S. N. Shanina¹, B. A. Makeev¹, I. V. Smoleva¹, D. V. Kiseleva⁵**¹ Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia³ Rostov Clinical Hospital, Southern District Medical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Rostov-on-Don, Russia⁴ South-Russian Institute of Management, Presidential Academy, Rostov-on-Don, Russia⁵ Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

We present a study of a reference collection of urinary stone samples from men and women aged 27–83 years, as well as urine from patients with urolithiasis and chronic pyelonephritis, using a wide range of modern experimental research methods. The chemical and phase composition, trace element content, amino acid composition and content in proteins, and the isotopic composition of carbon and nitrogen are analyzed. Bioineralogical analysis of human urinary stones shows that they cover virtually the entire modern range of mineral types: elementary substances (metals), chalcogenides (sulfides), halides (chlorides), oxides (magnetite, SiO₂ phase), silicates (aluminosilicates), and oxygen salts. In addition to minerals, the stones also contain so-called mineraloids, represented by hydrous calcium oxalates and uric acid. Fifteen protein amino acids, including seven essential ones, are identified in the studied samples. Three amino acids contain a small amount of the D-enantiomer. The isotopic composition of carbon and nitrogen in organic matter found in human stones and urine is unique and differs from that found in human bones, the Earth's atmosphere, and sedimentary rocks. However, urinary stones share a carbon isotopic composition similar to organic polymers formed by modern volcanism.

Keywords: urinary stones, mineral formation in the human body, bioineralogical**Введение**

Мочекаменная болезнь — широко распространённое заболевание, выражающееся в образовании в поч-

ках и мочевыводящих путях так называемых мочевых камней (уролитов). Считается, что основной причиной такого заболевания является нарушение обмена

Для цитирования: Силаев В. И., Слюсарь А. А., Слюсарь А. В., Кокин А. В., Шуйский А. С., Хазов А. Ф., Шанина С. Н., Makeev Б. А., Смолева И. В., Киселева Д. В. Биоинералогический анализ мочевых камней человека // Вестник геонаук. 2026. 2(374). С. 17–46. DOI: 10.19110/geov.2026.2.3

For citation: Silaev V. I., Slyusar A. A., Slyusar A. V., Kokin A. V., Shuisky A. P., Khazov A. F., Shanina S. N., Makeev B. A., Smoleva I. V., Kiseleva D. V. Bioineralogical analysis of human urinary stones. Vestnik of Geosciences, 2026, 2(374), pp. 17–46. DOI: 10.19110/geov.2026.2.3

веществ в организме, особенно водно-солевого обмена, и нарушения кислотно-щелочного равновесия в крови и других жидкостях организма человека вследствие инфекционных заболеваний печени и желудочно-кишечного тракта (Севостьянова, Полиенко, 2004). Заболевания желез внутренней секреции, регулирующих водный и солевой обмен (щитовидная железа, паращитовидные железы, гипофиз), также играют значительную роль в возникновении мочекаменной болезни. Развитию заболевания способствует состав пищи, например, растительно-молочная пища приводит к ощелачиванию урины, мясная, наоборот, к повышению её кислотности. Способствует возникновению мочекаменной болезни и недостаточное содержание в пище витаминов А и D. В конечном счете все упомянутые факторы приводят к возникновению у людей биоминерализации (Мак-Коннелл, 1977) вследствие кристаллизации в урине слаборастворимых солей. При нарушении физиологического равновесия, приводящем к снижению растворимости в жидкостях организма человека, из нее выделяются и начинают расти твердые зародыши, формируясь в разноразмерные органо-минеральные образования — объекты биоминералогических исследований (Бородулин, Глыбочко, 2009; Брик, Радчук, 2007; Волков, Волкова, 2004; Каткова, 1996; Каткова, Боровкова, 2007; Козловский, 1973; Кокин, 2020; Колониченко, 2007; Кораго, 1992; Полиенко, Ермолаев, 1996; Полиенко, Севостьянова, 2003, 2010, 2012; Полиенко, Шубин, 1997; Силаев, Кокин, 2017, 2021; Силаев, Пономарев, 2016; Сребродольский, 1983; Юшкин, 1999, 2002, 2006, 2007).

В настоящее время установлено, что абсолютное большинство уролитов имеет сложный фазовый состав (Боровкова, Филиппов, 2009; Козловский, 1973; Лебедев, Смирнова, 2021; Нигматулина, Сокол, 2004; Ракин, Каткова, 2006; Севостьянова, Полиенко, 2004). К числу наиболее часто встречающихся минералоподобных фаз относятся оксалаты кальция — узеллит и узеллит; урициты (мочевая кислота); фосфаты — брушит, струвит, ньюберит, бабьеррит, гопеит, биоапатит; сульфаты — гипс и др. Среди смешаннофазных камней наиболее распространены мочекислотно-оксалатные, фосфато-оксалатные, фосфатомочекислотные. Очевидно, что уже достигнутый уровень изученности уролитов не является окончательным и может быть существенно повышен благодаря непрерывно развивающимся методам экспериментальных минералогических исследований.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов наших исследований (табл. 1) выступили: 1) 12 образцов *мочевых камней* мужчин и женщин в возрасте 27–83 лет с максимальным размером (5.5 ± 2.3) мм ($V_x = 43\%$) и массой (160.9 ± 201.4) мг ($V_x = 125\%$); 2) сопряженные с камнями 10 образцов *мочи-1*; 3) два дополнительных образца *мочи-2* пациентов с пиелонефритом. В ходе исследований был использован широкий комплекс методов: оптическая микроскопия (компьютеризированный комплекс OLYMPUS BX51); химический анализ горных пород; определение содержания $C_{орг}$ методом кулонометрического титрования по величине pH на анализаторе Ан-7529М; термический анализ на автоматическом

дериватографе Shimadzu DTG-60A/60AH; рентгеноструктурный анализ с использованием дифрактометра Shimadzu XRD-6000; ИК-спектроскопия с применением прибора «Люмекс ИнфраЛИУМ ФТ-02»; раман-спектроскопия с использованием прибора Horiba LabRam HR 800; ЭПР на спектрографе SE/X-2547; рентгенолюминесцентная спектроскопия на основе рентгеновского аппарата УРС-1.0 (трубка БСВ-2, Ферантикатод, напряжение на катоде 50 кВ, анодный ток 14 мА), монохроматора ААС-1 (Carl Zeiss, Jena) и регистрирующего узла с ФЭУ-106; аналитическая сканирующая электронная микроскопия с применением комплекса Jeol JSM-6400; рентгенофлуоресцентный анализ на ЭД-спектрометре MESA-500W; определение изотопного состава углерода и азота в углеродистом веществе на аналитическом комплексе Flash EA, соединенном с масс-спектрометром Delta V Advantage; газовая пирохроматография с использованием пиро-литического устройства и хроматографа «Цвет-800»; масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой с использованием масс-спектрометра ELAN 9000 (Perkin Elmer). ИСП-МС-анализы на микроэлементы в образцах мочи выполнены в ЦКП «Геоаналитик» Института геологии и геохимии УрО РАН в рамках госбюджетной темы № 123011800012-9.

Для определения содержания аминокислот в белках мочи 1.0 мл пробы помещали в пробирку Eppendorf, добавляли 0.4 мл 40 % раствора трихлоруксусной кислоты (ТХУ) и встряхивали в течение 10 мин. Для отделения белков, выпадающих в осадок, пробирки помещали в микроцентрифугу и подвергали вращению со скоростью 12000 об./мин в течение 5 мин. Супернатант аккуратно сливали. Белковый осадок промывался от ТХУ, для чего к нему добавляли 1 мл смеси метанола и диэтилового эфира в объемной пропорции 1:1. Пробирка подвергалась встряхиванию в течение 1 мин, после чего ее центрифугировали с последующим аккуратным сливанием супернатанта. Операция повторялась трижды. Дальнейшая методика анализа аминокислот была стандартной.

Объекты для исследований были представлены ассистентом кафедры терапии медико-биологического факультета РНИМУ им. Н. И. Пирогова А. А. Слюсарь и врачом-урологом высшей категории Ростовской клинической больницы ЮОМЦ ФМБА России А. В. Слюсарем. В число этих объектов вошли пять образцов мочевых камней и скоррелированные с ними пять образцов мочи мужчин в возрасте 27–71 лет (в среднем 52 года), а также пять образцов мочевых камней и мочи женщин в возрасте 40–83 лет (в среднем 64 года). Масса камней: у мужчин — 236.7 ± 235.9 мг (у более пожилых камни массивнее); у женщин — 104.8 ± 137.2 мг (у более пожилых камни менее массивные). Кроме того, исследовались два образца мочи пациентов с хроническим пиелонефритом. Все образцы мочи варьировались по окраске от бесцветных до бурых.

Морфология, внутреннее строение и химико-фазовый состав

Исследованные мочевые камни характеризовались преимущественно светлой окраской и округлой формой, не обнаруживая корреляции ни с возрастом больных, ни с местом извлечения камней, ни с их раз-



Таблица 1. Реестр пациентов с мочекаменной болезнью (1–10), хроническим пиелонефритом (11, 12) и общая характеристика объектов исследований

Table 1. Registry of patients with urolithiasis (1-10), chronic pyelonephritis (11, 12) and general characteristics of the study subjects

№	Пациент / Patient	Объекты исследований / Research objects		Параметры конкрементов Stone parameters	
		конкременты / stones	моча / urine	размеры, мм dimensions, mm	масса, мг weight, mg
1	Женщина, 40 лет Female, 40 years old	из правой почки, изометричный темно-бурый from the right kidney, isometric dark brown	буровато-желтая brownish-yellow	10 × 3.5 × 6.7	335.5
2	Мужчина, 60 лет Male, 60 years old	из мочевого пузыря, изометричный светло-бурый from the bladder, isometric light brown	бесцветная colorless	4 × 1.6 × 2.1	616.2
3	Женщина, 82 года Female, 82 years old	из левой почки, угловатый светлый from the left kidney, angular light	буроватая brownish	5.1 × 5 × 4.9	21
4	Мужчина, 71 год Male, 71 years old	из левой почки, угловатый и изометричный серый from the left kidney, angular and isometric gray	бурая brown	6.9 × 3.9 × 5.3	200
5	Мужчина, 27 лет Male, 27 years old	из правой почки, вытянутый желтый from the right kidney, elongated yellow	бесцветная colorless	3.6 × 3.5 × 3.5	2.7
6	Женщина, 83 года Female, 83 years old	из левой почки, угловатый светлый from the left kidney, angular, light-colored	бесцветная colorless	7.8 × 7 × 6.5	2.7
7	Мужчина, 65 лет Male, 65 years old	из мочевого пузыря, угловатый светлый from the bladder, angular, light-colored	светло-желтая light yellow	6.4 × 5.6 × 3.4	284.3
8	Мужчина, 35 лет Male, 35 years old	из правой почки, округлый и угловатый светлый from the right kidney, round and angular, light-colored	бесцветная colorless	8 8 × 8 × 7	94.5
9	Женщина, 70 лет Female, 70 years old	из левой почки, неправильной формы, светлый from the left kidney, irregularly shaped, light-colored	светло-желтая light yellow	5.3 × 5.1 × 5	40
10	Женщина, 44 года Female, 44 years old	из правой почки, неправильной формы, светлый from the right kidney, irregularly shaped, light-colored	желтая yellow	2.9 × 2.5 × 2.5	12.5
11	Женщина, 50 лет Female, 50 years old	н. о.	буроватая brownish	н. о.	н. о.
12	Мужчина, 56 лет Male, 56 years old	н. о.	светло-желтая light yellow	н. о.	н. о.

н. о. — не обнаружено (здесь и далее) / not detected (from now on)

мером (рис. 1). Уролиты широко варьировались по внутреннему строению благодаря сочетанию участков со скрытокристаллической, микрозернистой, пластинчатой, лучистой, лучисто-слоистой структурами (рис. 2–11), что вообще характерно для таких образований (Боровкова, 2004).

По валовому составу исследуемые камни близки к составу карбонатапатита, но по результатам рентгеноспектрального микронзондового анализа (табл. 2) в их составе выявлено до 14 фаз (в последовательности снижения частоты встречаемости, %): 1) органическое вещество, включая эритроциты и урициты (100); 2) водные кальциевые оксалаты (100); 3) силикаты и алюмосиликаты (90); 4) металлоорганические соединения (80); 5) самородные металлические фазы (60); 6) водород (H)-сульфаты и фосфаты (60); 7) биоапатит (40); 8) эритроциты (30); 9) фосфато-сульфаты ба-

рия (30); 10) сульфиды (10); 11) гидроксид (OH)- и гидроксен-хлориды (20); 12) сульфато-силикатофосфаты (10); 13) магнетит (10); 14) кремниевая (SiO₂) фаза (10). По данным рентгеноструктурного анализа, часть микрофаз в составе исследованных камней характеризуется кристаллическостью. В число таких фаз входят (d, в скобках индексы hkl):

Вевелит, CaC₂O₄·H₂O = 5.94–5.95 (10–1); 5.81 (110); 4.78 (200); 4.53 (101); 3.78 (21–1); 3.64–3.65 (020); 3.11 (12–1); 2.97 (10–2); 2.91 (310); 2.84 (121); 2.49 (112); 2.52 (301); 2.49–2.51 (112); 2.45 (31–2); 2.42 (32–1); 2.38 (400); 2.35 (130); 2.30 (11–2); 2.26 (202); 2.24 (031); 2.21 (40–2); 2.13 (23–1); 2.09 (10–3); 2.08 (321); 1.996 (50–1); 1.976–1.978 (30–3); 1.95 (411); 1.933 (013); 1.890 (42–2); 1.858 (312); 1.845 (610); 1.837 (510); 1.824 (040); 1.814 (12–3); 1.793 (132); 1.737 (32–3); 1.691 (520); 1.639 (213); 1.589 (600); 1.573 (20–4); 1.573 (20–4); 1.548–1.549 (033).

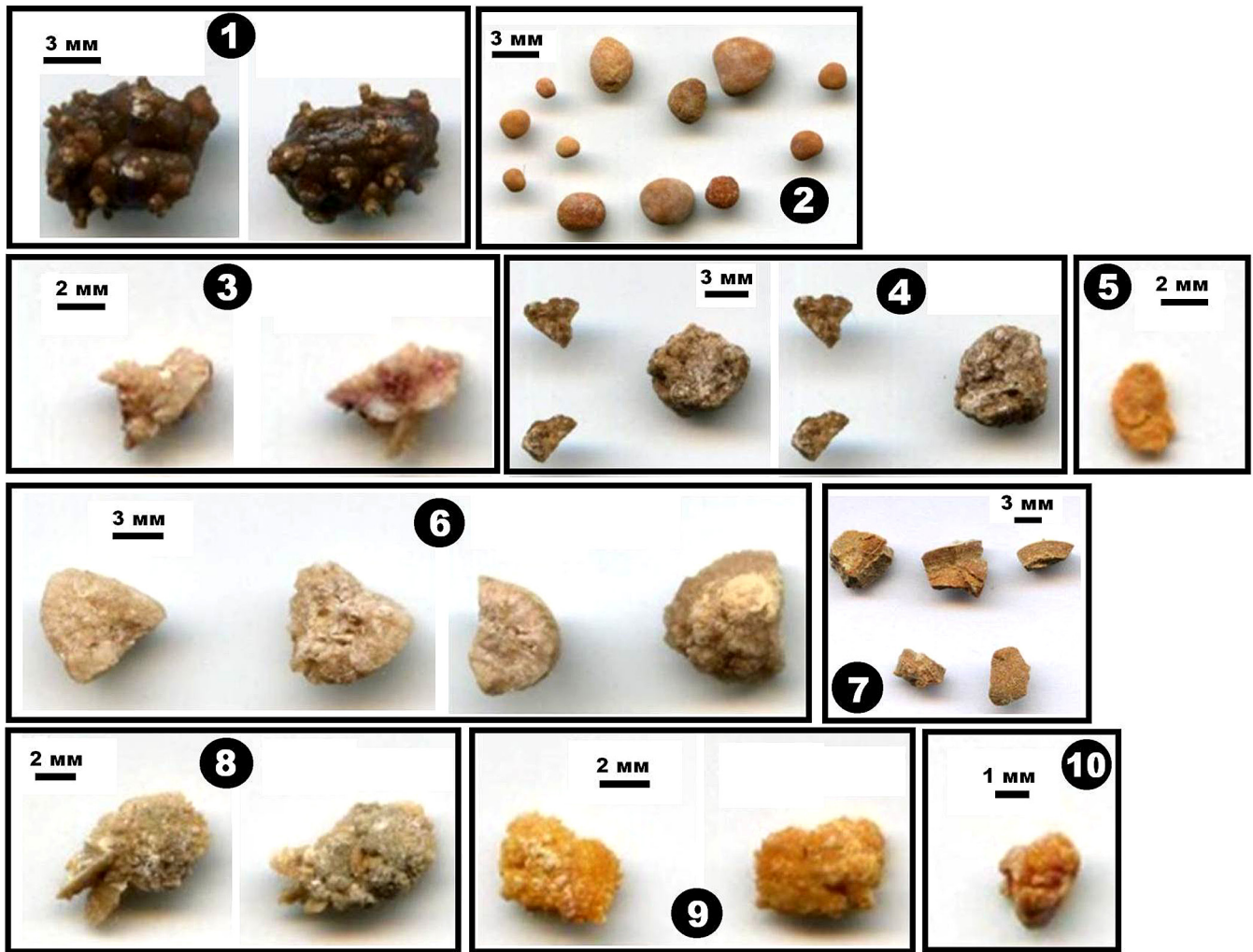


Рис. 1. Фотоизображения исследуемых мочевых камней. Номера изображений совпадают с номерами образцов в табл. 1
Fig. 1. Images of the studied urinary stones. The image numbers correspond to the sample numbers in Table 1

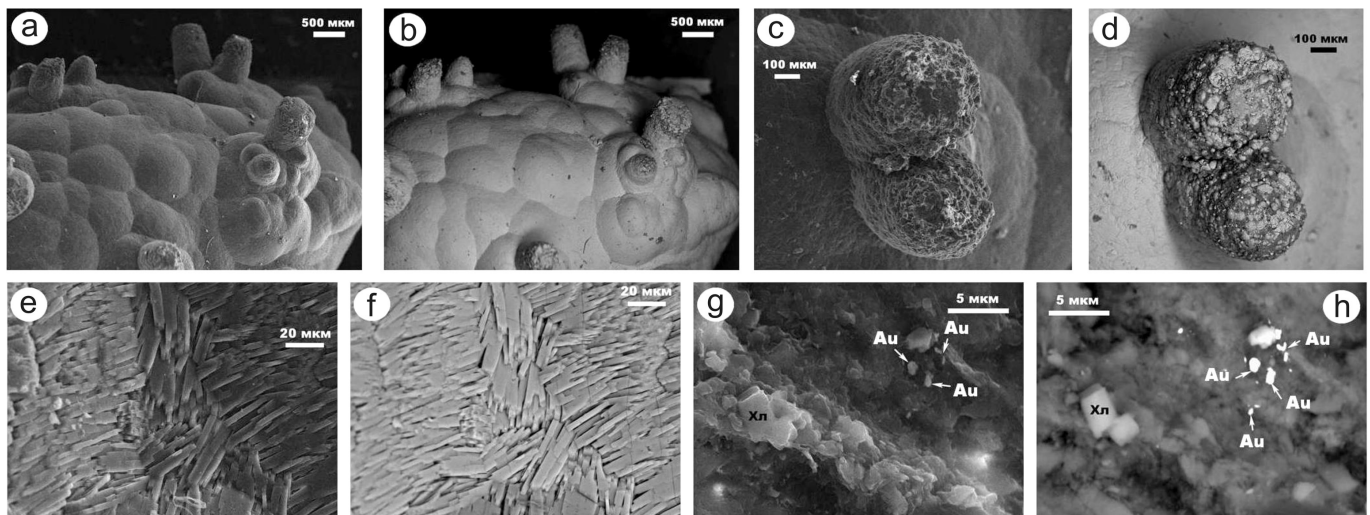


Рис.2. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 1 мочевых камней в режимах вторичных (а, с, е, г) и упруго-отраженных (b, d, f, h) электронов. Фазы: Au — выделения самородного золота
Fig. 2. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 1 in the secondary (a, c, e, g) and elastically reflected (b, d, f, h) electron modes. Phases: Au — native gold precipitates

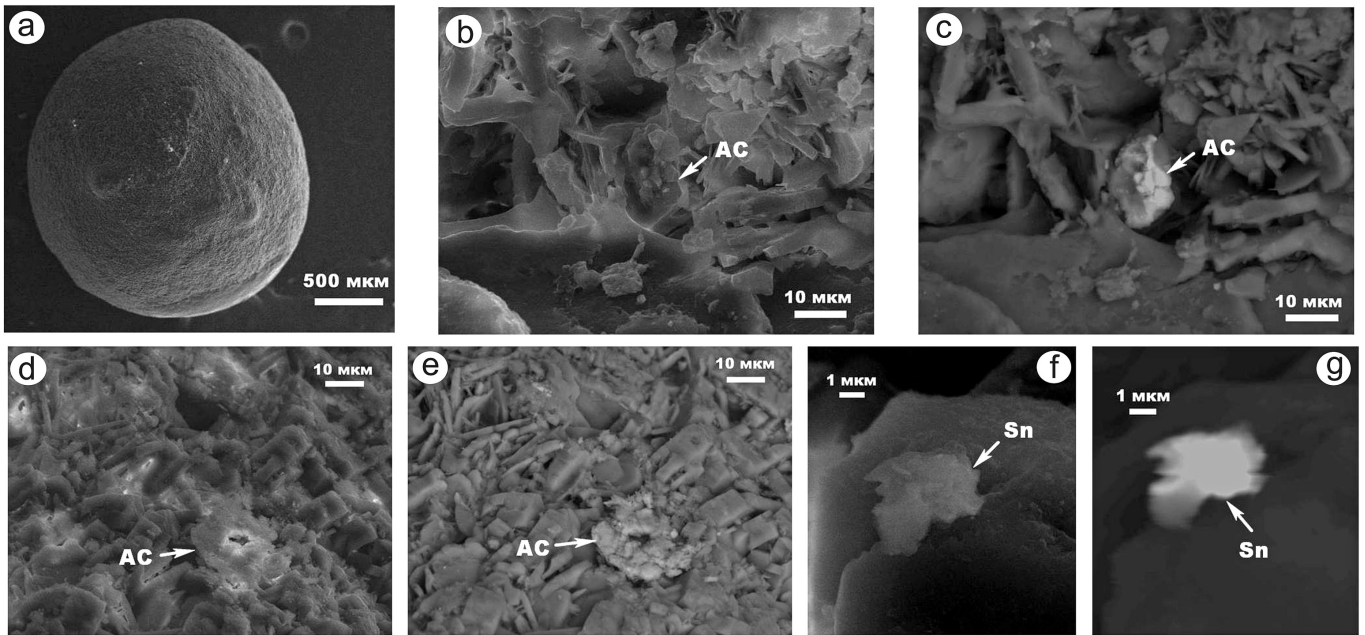


Рис. 3. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 2 мочевых камней в режимах вторичных (a, b, d, f) и упруго-отраженных (c, e, g) электронов. Фазы: AC — силикаты и алюмосиликаты, Sn — выделения самородных металлов

Fig. 3. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 2 in the modes of secondary (a, b, d, f) and elastically reflected (c, e, g) electrons. Phases: AC — silicates and aluminosilicates, Sn — precipitates of native metals

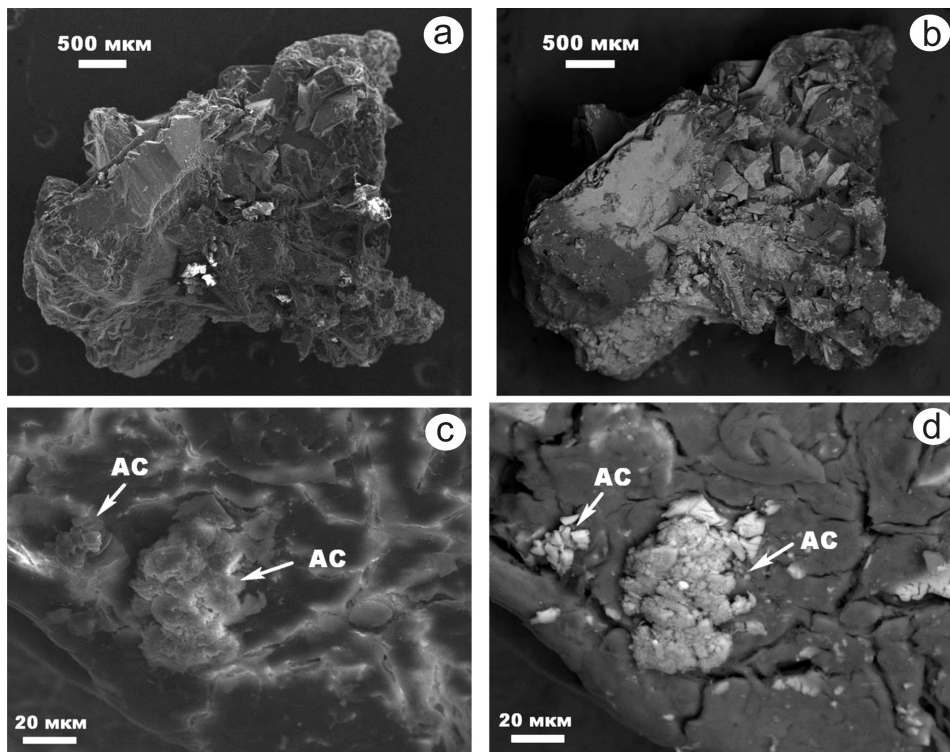


Рис. 4. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 3 мочевых камней в режимах вторичных (a, c) и упругоотраженных (b, d) электронов. Фазы: AC — силикаты и алюмосиликаты

Fig. 4. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 3 in the secondary (a, c) and elastically reflected (b, d) electron modes. Phases: AC — silicates and aluminosilicates

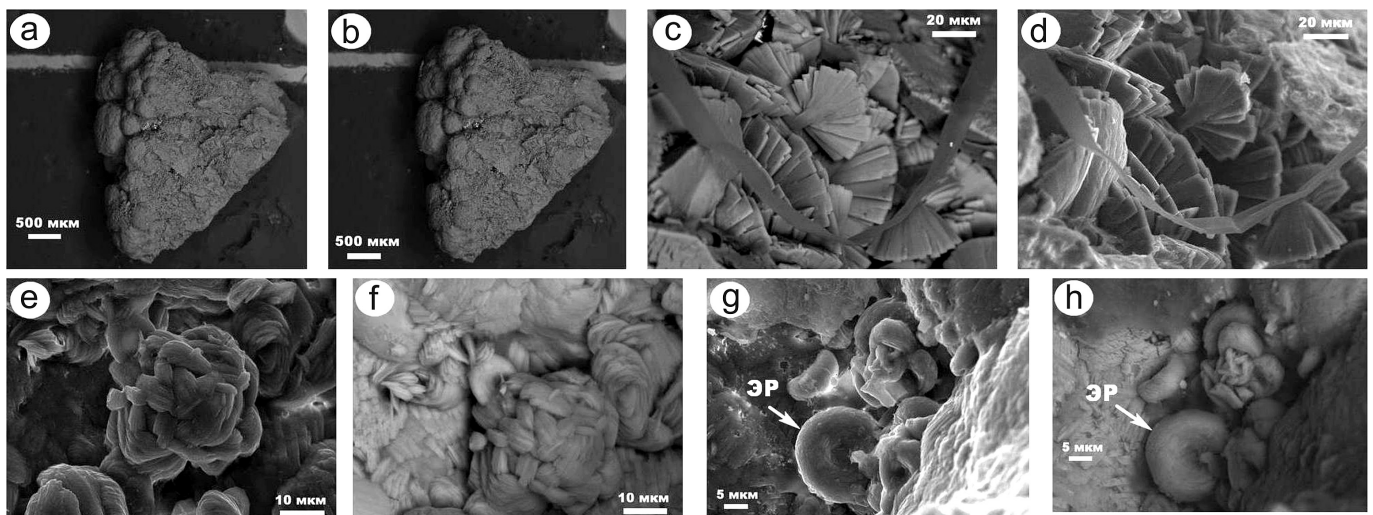


Рис. 5. СЭМ-изображения внутреннего строения образца № 4 мочевых камней в режимах вторичных (а, с, е, г) и упругоотраженных (b, d, f, h) электронов. Фазы: ЭР — эритроциты

Fig. 5. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 4 in the secondary (a, c, e, g) and elastically reflected (b, d, f, h) electron modes. Phases: ЭР — erythrocytes

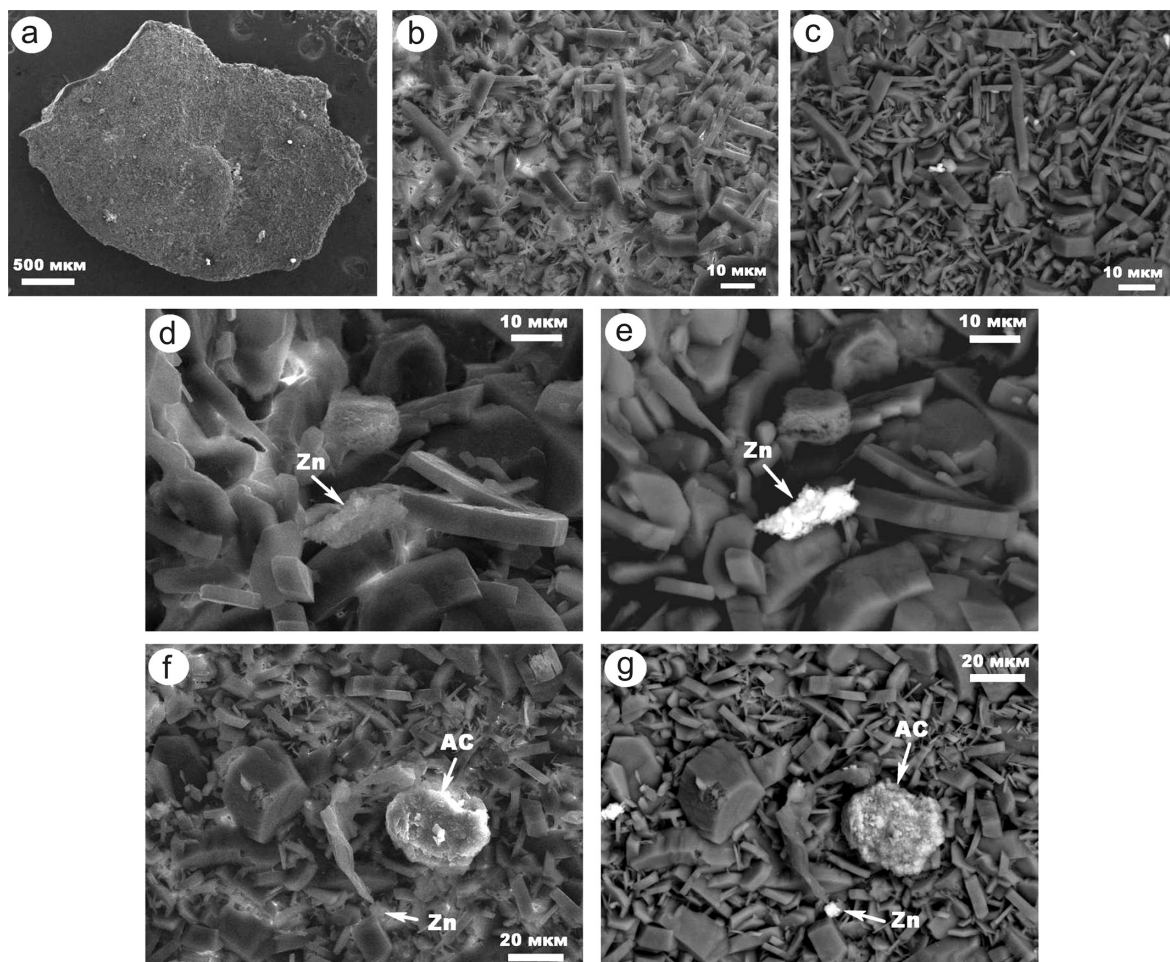


Рис. 6. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 5 мочевых камней в режимах вторичных (а, b, d, f) и упругоотраженных (с, е, г) электронов. Фазы: АС — силикаты и алюмосиликаты, Zn — выделение самородных металлов

Fig. 6. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 5 in the secondary (a, b, d, f) and elastically reflected (c, e, g) electron modes. Phases: АС — silicates and aluminosilicates, Zn — native metal precipitation

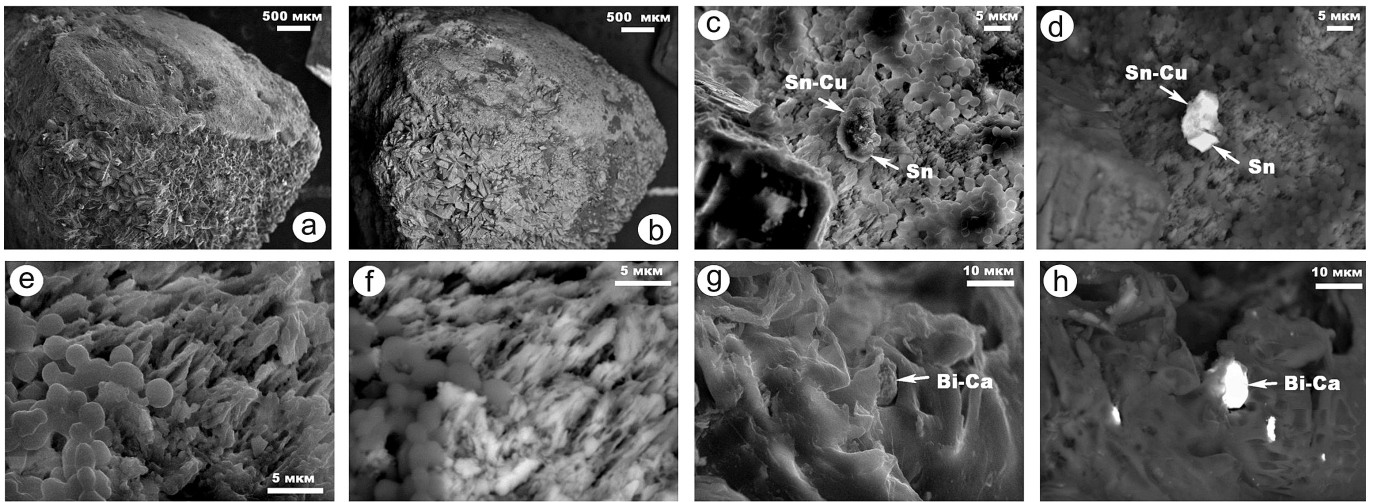


Рис. 7. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 6 мочевых камней в режимах вторичных (а, с, е, г) и упруго-отраженных (b, d, f, h) электронов. Фазы: Sn-Cu и Sn – выделения самородных металлов; Bi-Ca – металлоорганические соединения

Fig. 7. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 6 in the secondary (a, c, e, g) and elastically reflected (b, d, f, h) electron modes. Phases: Sn-Cu and Sn are precipitates of native metals; Bi-Ca are organometallic compounds

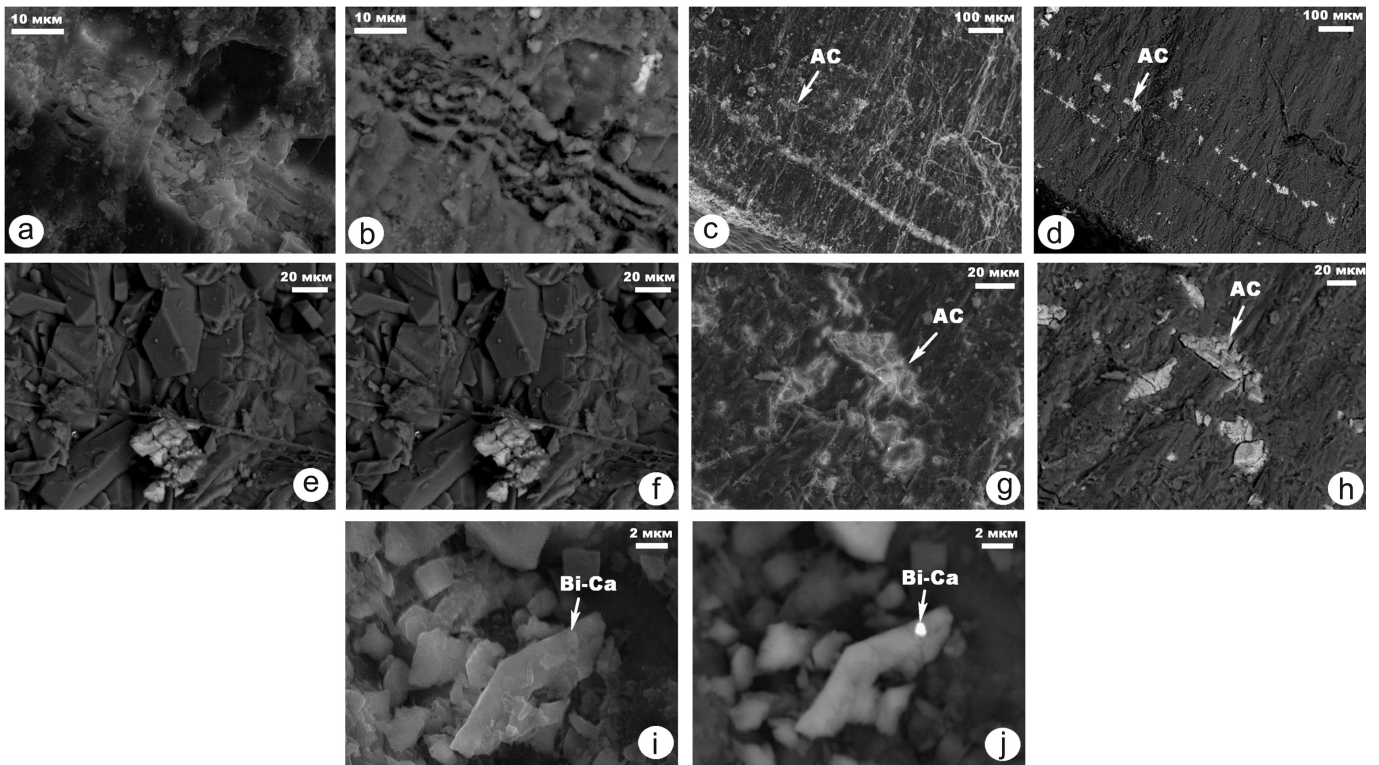


Рис. 8. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 7 мочевых камней в режимах вторичных (а, с, е, г, i) и упруго-отраженных (b, d, f, h, j) электронов. Фазы: AC – силикаты и алюмосиликаты; Bi-Ca – металлоорганические соединения

Fig. 8. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 7 in the secondary (a, c, e, g, i) and elastically reflected (b, d, f, h, j) electron modes. Phases: AC – silicates and aluminosilicates; Bi-Ca – organometallic compounds

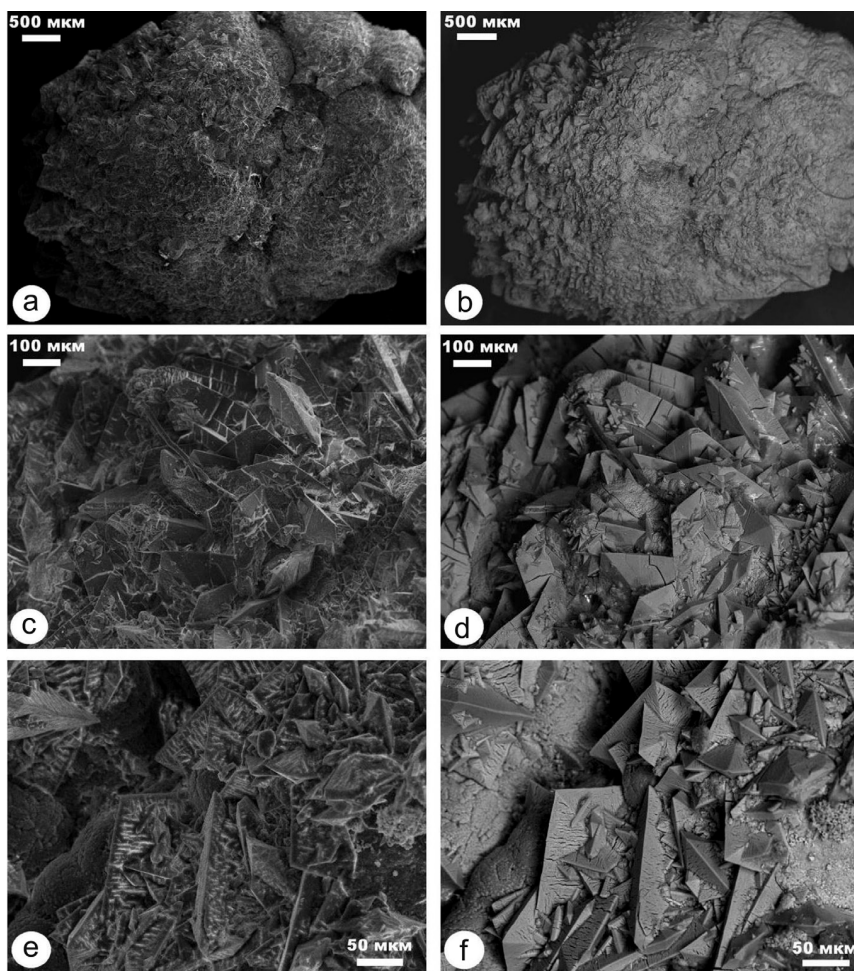


Рис. 9. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 8 мочевых камней в режимах вторичных (а, с, е) и упругоотраженных (b, d, f) электронов

Fig. 9. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 8 in the secondary (a, c, e) and elastically reflected (b, d, f) electron modes

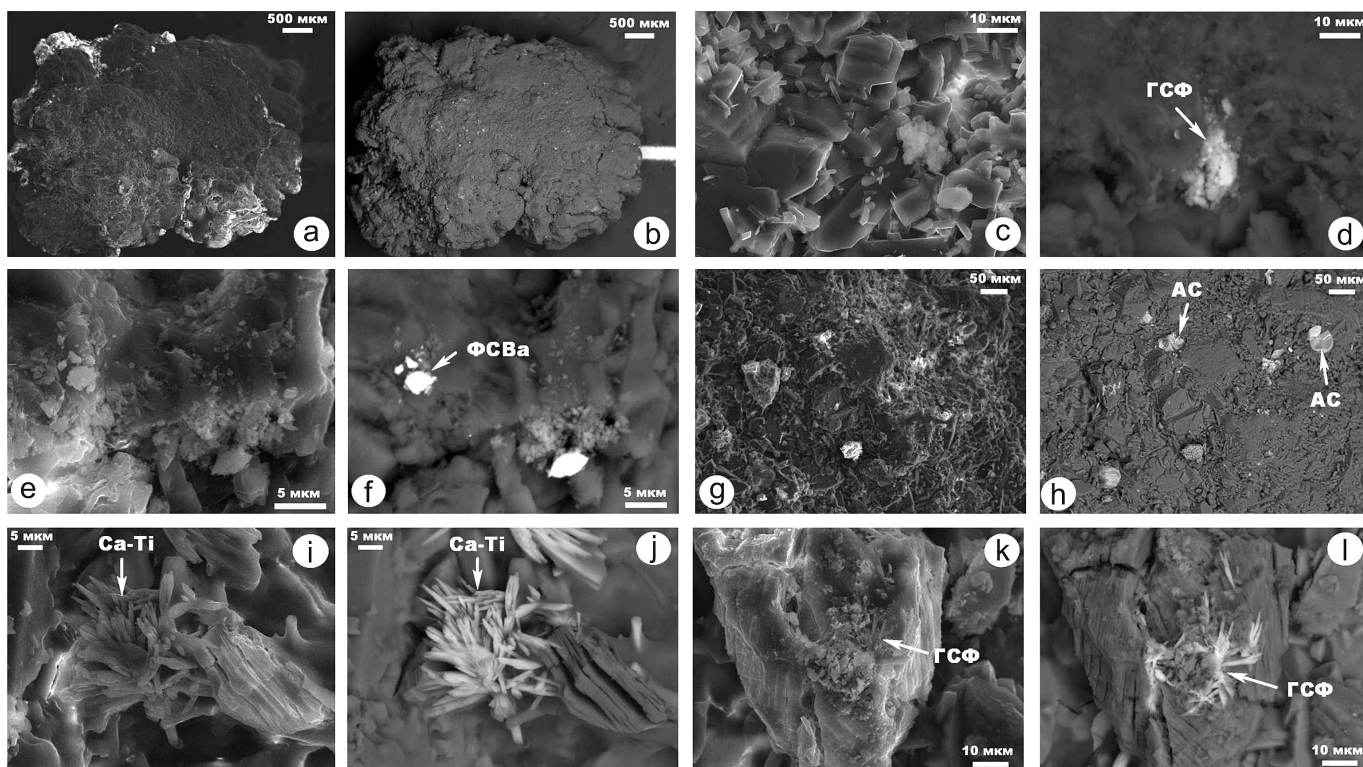


Рис. 10. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 9 мочевых камней в режимах вторичных (а, с, е, г, и, к) и упругоотраженных (b, d, f, h, j, l) электронов. Фазы: Ca-Ti — сульфато-силикатофосфаты; ФСВа — фосфатосульфаты бария; ГСФ — гидроген-сульфатофосфаты

Fig. 10. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 9 in the secondary (a, c, e, g, i, k) and elastically reflected (b, d, f, h, j, l) electron modes. Phases: Ca-Ti — sulfate-silicatephosphates; ФСВа — barium phosphate-sulfates; ГСФ — hydrogen sulfate-phosphates

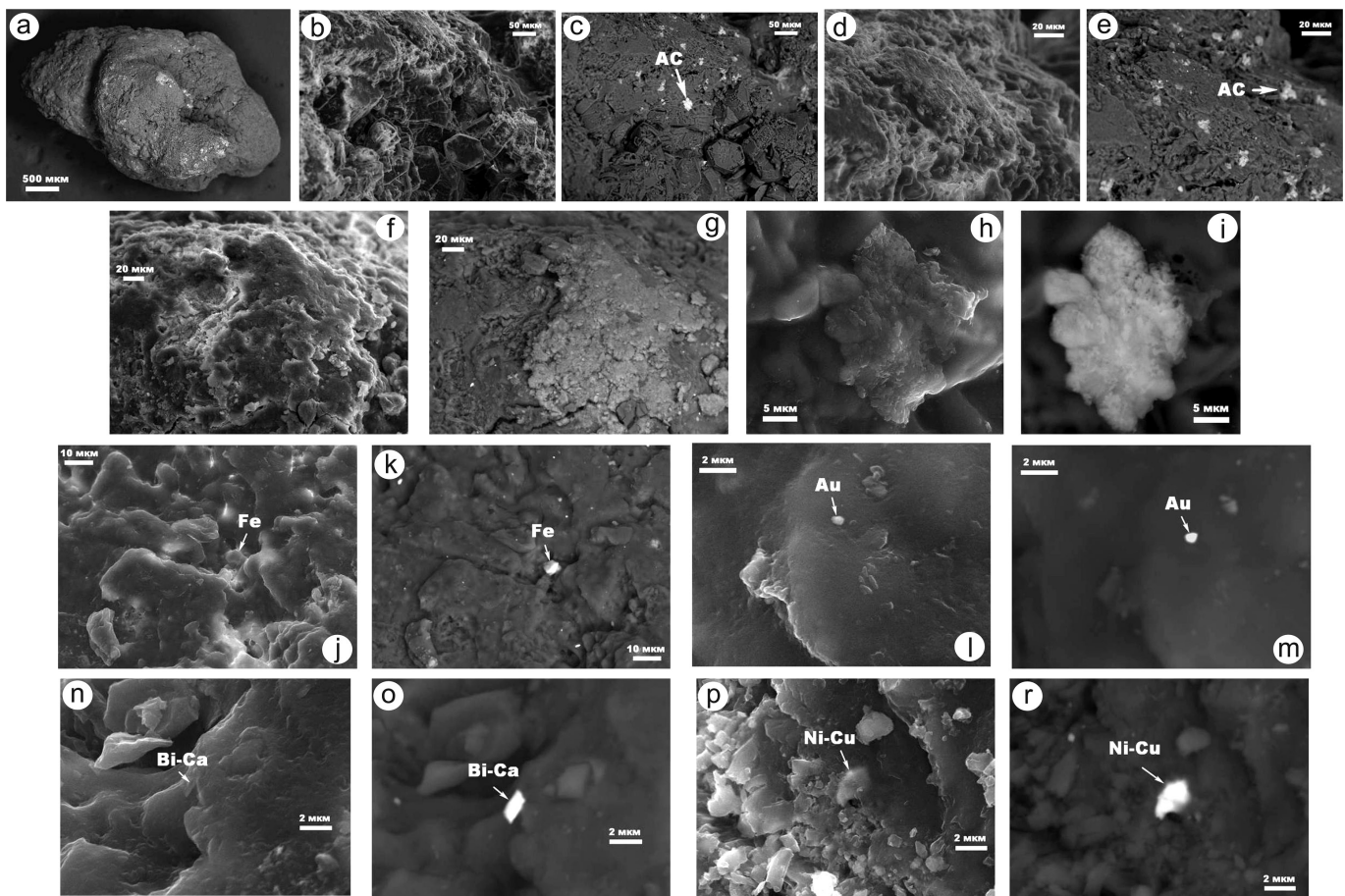


Рис. 11. СЭМ-изображения внутреннего строения обр. № 10 мочевых камней в режимах вторичных (a, b, d, f, h, j, l, n, p) и упругоотраженных (c, e, g, i, k, m, o, r) электронов. Фазы: AC — силикаты и алюмосиликаты; Fe, Au — выделения самородных металлов; Bi-Ca, Ni-Cu — металлоорганические соединения

Fig. 11. SEM images of the internal structure of urinary stones of sample No. 10 in the secondary (a, b, d, f, h, j, l, n, p) and elastically reflected (c, e, g, i, k, m, o, r) electron modes. Phases: AC — silicates and aluminosilicates; Fe, Au — precipitates of native metals; Bi-Ca, Ni-Cu — organometallic compounds

Ведделлит, $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = 8.76–8.77 (110); 6.19 (200); 4.42–4.43 (211); 4.36 (220); 3.91 (310); 3.68 (002); 3.39 (112); 3.16 (202); 3.09 (400); 2.81–2.82 (222); 2.78 (411); 2.67 (312); 2.42 (510); 2.41 (103); 2.37 (402); 2.34 (501); 2.28 (331); 2.24 (213); 2.21 (422); 2.12 (530); 2.02 (512); 1.994 (323); 1.957 (611); 1.898 (413); 1.836–1.837 (532); 1.797 (602); 1.787 (631); 1.762 (204); 1.741 (503); 1.711 (640); 1.695 (224); 1.624 (730); 1.624 (730); 1.578 (712); 1.564 (613); 1.552 (642).

Урицит (мочевая кислота), $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ = 6.59–6.63 (200); 5.66–5.68 (001); 4.94–4.96 (210); 4.78–4.80 (111); 4.50–4.51 (011); 3.87–3.89 (11–1); 3.72–3.74 (020); 3.6 (20–1); 3.28–3.29 (400); 3.20–3.21 (121); 3.11–3.12 (021); 3.01 (410); 2.88 (12–1); 2.80 (402); 2.63–2.64 (012); 2.58(421); 2.46–2.47 (420); 2.42–2.43 (40–1); 2.41 (11–2); 2.32 (230); 2.28–2.29 (521); 2.25 (022); 2.19–2.24 (600); 2.15 (13–1); 2.10 (12–2); 2.03 (42–12); 1.918–1.919 (332); 1.879–1.881 (003); 1.801–1.809 (721); 1.796 (731); 1.77 (322); 1.746 (123); 1.667–1.668 (623); 1.641–1.642 (800); 1.616–1.617 (62–1); 1.594–1.598 (242); 1.553–1.554 (042).

Тиннункулит (урицит дигидрат), $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = 8.84 (200); 5.99 (101); 5.67 (210); 4.23 (211); 3.78 (410); 3.72 (311); 3.42 (220); 3.25 (411); 3.20 (021); 3.15 (121); 3.06 (221); 2.8 (302); 2.72 (610); 2.61 (312); 2.58 (402); 2.50 (611); 2.43 (412); 2.37 (716); 2.19 (800); 2.15 (430).

Брушит, $\text{CaH}[\text{PO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ = 7.6 (020); 4.93 (–111); 4.24 (021); 3.80 (040); 3.64 (–131); 3.05 (041); 3.93 (–221); 2.86 (–112); 2.67 (150); 2.62 (220); 2.60 (–202); 2.52 (–132); 2.42 (–241); 2.41 (022); 2.27 (061); 2.25 (240); 2.17 (151); 2.15 (–242); 2.12 (042); 2.10 (–152); 2.08 (–311); 2.02 (170); 2.0 (171); 1.976 (112); 1.898 (08); 1.876 (260); 1.858 (–223); 1.815 (241); 1.797 (062); 1.787 (081); 1.741 (330).

Именно эти кристаллические фазы считаются в почечных камнях наиболее ранними и наиболее влияющими на регулирование режима пересыщения минералообразующих растворов в организме человека (Изатулина, Гуржий, 2014). Не исключено, что число окристаллизованных фаз не ограничивается оксалатами, урицитами и гидроген-фосфатами, но рентгеновский результат сильно лимитируется содержанием фаз и размером их индивидов.

ИК-поглощение в среднем ИК-диапазоне в основном определяется органическим веществом, на что указывают следующие группы полос в направлении снижения длины волны: 1) 428–540 cm^{-1} — деформационные колебания химических связей C–H (ароматические функциональные группы); 2) 710–770 cm^{-1} — внеплоскостные колебания химических связей C–C (ароматические функциональные группы); 3) 990–1135 cm^{-1} — деформационные колебания химических связей C–H, $-\text{CH}_2=\text{CH}_2=\text{CH}_2-$ и $-\text{CH}_2-\text{CH}_3-$

Таблица 2. Химико-фазовый состав мочевых камней по данным рентгеноспектрального микрозондового анализа

Table 2. Chemical-phase composition of urinary stones according to X-ray spectral microprobe analysis

№	Фазы / Phases	Объекты исследований / Objects of study									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Дисперсное органическое вещество, включая урициты Dispersed organic matter, including uric acid	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	Органическое вещество в форме эритроцитов Organic matter in the form of red blood cells	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	+	+	+
3	Водные оксалаты кальция (вевеллит и ведделлит) Hydrogenated calcium oxalates (whewellite and weddellite)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Металлоорганические соединения Organometallic compounds	+	+	н. о.	+	+	+	+	н. о.	+	+
5	Самородные металлические фазы Native metallic phases	н. о.	+	»	+	+	+	н. о.	+	+	н. о.
6	Сульфиды / Sulfides	»	н. о.	»	н. о.	+	н. о.	»	н. о.	н. о.	»
7	SiO ₂ -фаза / SiO ₂ phase	»	+	»	»	н. о.	»	»	»	»	»
8	Магнетит / Magnetite	»	+	»	»	»	»	»	»	»	»
9	Силикаты и алюмосиликаты Silicates and aluminosilicates	+	+	+	+	+	+	+	»	+	+
10	Сульфато-силикатофосфаты кальция-титана Calcium-titanium sulfate-silicate-phosphates	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	»	+	н. о.
11	Гидроген-гидроксильные фосфатосульфаты бария Barium hydrogen-hydroxyl phosphate-sulfates	»	»	»	+	»	»	»	»	+	+
12	Гидрокси- и гидроген-хлориды Hydroxy- and hydrogen chlorides	+	»	+	н. о.	»	»	»	»	н. о.	н. о.
13	Гидроген-сульфаты и гидроген-фосфаты, включая брушит Hydrogen sulfates and hydrogen phosphates, including brushite	н. о.	+	н. о.	»	+	+	»	+	+	+
14	Биоапатит / Bioapatite	+	»	»	+	н. о.	+	»	+	н. о.	н. о.

Примечание. + – присутствуют, н. о. – не обнаружены.

Note. + – present, н. о. – not detected.

CH₃-CH₂- (фенольные гидроксилы, спирты, алифатические эфиры); 4) 1300–1387 см⁻¹ – деформационные колебания групп OH в химических связях CH₂(OH)-CO-CH₂(OH) (алифатические группы); 5) 1642–1674 см⁻¹ – деформационные колебания химических связей CO-OH (группы аминов, карбонильные группы) в органическом веществе и биоминералах – биоапатите и сульфатах; 6) 2800–2820 см⁻¹ – валентные колебания химических связей CH и CH₂

(алифатические функциональные группы); 7) 3006–3481 см⁻¹ – валентные колебания химических связей NH и групп OH (группы аминов и гидроксильные группы). Валовый элементный состав органического вещества в исследованных камнях приведен в табл. 3. Полученные для них данные примерно соответствуют данным и для желчных камней (Каткова, Боровкова, 2007), и для человеческого организма в целом (Колониченко, 2007).

Таблица 3. Элементный состав частиц органического вещества, мас. %

Table 3. Elemental composition of organic matter particles, wt. %

Компоненты Components	2/1	2/2	2/3	7/1	7/2	7/3	7/4	9/1	9/2	9/3	9/4	Статистика Statistic X ± S _x (V _x , %)
C	59.91	60.7	63.28	62.88	59.16	60.39	61.32	61.89	62.24	59.36	60.57	61.06 ± 1.38 (2.3)
N+H	23.74	25.79	23.42	24.02	26.29	24.5	28.86	24.67	24.35	27.99	26.83	25.5 ± 1.81 (7.1)
O	16.35	13.51	13.3	13.1	14.55	15.11	9.82	13.44	13.41	12.65	12.6	13.44 ± 1.64 (12.2)

Примечание. Статистические данные: X – среднее арифметическое, S_x – стандартное отклонение (СКО), V_x – коэффициент вариации. Атомный состав / Atomic composition: 2/1 – C_{0.66}(N+H)_{0.21}O_{0.13}; 2/2 – C_{0.66}(N+H)_{0.23}O_{0.11}; 2/3 – C_{0.69}(N+H)_{0.2}O_{0.11}; 7/1 – C_{0.68}(N+H)_{0.21}O_{0.11}; 7/2 – C_{0.65}(N+H)_{0.23}O_{0.12}; 7/3 – C_{0.66}(N+H)_{0.21}O_{0.13}; 7/4 – C_{0.67}(N+H)_{0.25}O_{0.08}; 9/1 – C_{0.67}(N+H)_{0.21}O_{0.12}; 9/2 – C_{0.68}(N+H)_{0.21}O_{0.11}; 9/3 – C_{0.65}(N+H)_{0.25}O_{0.1}; 9/4 – C_{0.66}(N+H)_{0.23}O_{0.11}.

Note. Statistical data: X – arithmetic mean, S_x – standard deviation (SD), V_x – coefficient of variation.



Таблица 4. Химический состав неорганической компоненты в обычных урицитсодержащих частицах органического вещества и эритроцитах (*), мас. %

Table 4. Chemical composition of the inorganic component in ordinary uric acid-containing particles of organic matter and erythrocytes (*), wt. %

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Сумма / Sum
1/1	1.61	н. о.	н. о.	н. о.	4.08	н. о.	0.25	н. о.	3.24	2.67	11.85
1/2	0.3	»	»	»	4.54	»	»	0.36	2.57	2.32	10.09
1/3	0.35	»	»	»	4.03	»	0.25	0.6	3.03	1.33	9.59
1/4	н. о.	»	»	»	3.18	0.91	0.32	0.34	2.88	1.34	8.97
1/5	0.46	»	»	»	0.59	н. о.	0.35	0.25	2.54	2.84	7.03
2/1	0.41	»	»	»	0.32	»	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	0.73
2/2	1.11	0.54	»	»	0.16	»	»	»	»	»	1.81
2/3	0.3	н. о.	»	»	0.19	»	0.25	»	0.44	»	1.18
2/4	0.23	»	»	»	н. о.	»	0.23	»	н. о.	»	0.46
3/1	0.25	»	»	»	*	»	н. о.	2.18	1.45	0.01	3.89
3/2	0.43	»	»	»	0.68	»	1.35	2.96	1.87	0.01	7.3
5/1	0.24	»	»	»	н. о.	»	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	0.24
5/2	4.16	»	»	0.85	5.41	2.16	0.75	2.72	9.36	0.1	25.51
5/3	1.19	»	»	н. о.	0.36	н. о.	0.22	0.29	0.39	0.92	3.37
5/4	н. о.	»	»	»	7.22	»	0.92	4.89	5.62	0.08	18.73
5/5	«	»	»	»	н. о.	»	н. о.	н. о.	н. о.	3.69	3.69
6/1	0.6	»	»	»	3.16	»	»	2.03	0.4	н. о.	6.19
7/1	0.29	»	»	»	н. о.	»	»	н. о.	н. о.	»	0.29
7/2	н. о.	»	»	»	0.14	»	0.14	»	»	»	0.28
X	0.63	0.03	0	0.04	1.79	0.16	0.26	0.87	1.78	0.81	6.38
S _x	0.96	0.12	0	0.19	2.3	0.53	0.37	1.4	2.43	1.21	6.79
9/1*	0.4	н. о.	2.86	н. о.	0.31	н. о.	0.89	н. о.	0.4	0.29	5.15
9/2*	0.93	»	н. о.	»	0.54	»	1.63	*	0.39	0.47	3.96
10/1*	0.86	»	»	»	0.3	0.79	1.0	0.78	1.43	1.01	6.17
10/2*	0.31	»	»	»	н. о.	н. о.	н. о.	0.37	н. о.	н. о.	0.68
10/3*	0.28	»	»	»	»	1.11	»	0.95	4.04	1.41	7.79
X	0.56	0	0.57	0	0.23	0.38	0.7	0.42	1.25	0.64	4.75
S _x	0.31	0	1.28	0	0.23	0.53	0.7	0.44	1.65	0.57	2.67

На кривых нагревания присутствуют экзотермические эффекты, отвечающие выгоранию органического вещества: пик В1 = (282—349 °С) отражает «липидный» этап ДТА (выгорание углеводов); В2 = (365—476 °С) — «аминокислотный» этап ДТА (выгорание белков) (Силаев, Юшкин, 2019). Кроме того, на кривых нагревания наблюдаются и три эндотермических эффекта: 1) экстремум при 55—100 °С (потеря гигроскопической воды); 2) перелом при 660—665 °С (возможно, конституционная вода в алюмосиликатах); 3) экстремум при 800—831 °С (вероятно, диссоциация кислородных солей (Архипенко, Бокий, 1982)).

По характеру распределения выявленных фаз исследуемые мочевые камни подразделяются на два типа. К первому — преобладающему — типу (№ обр. 1, 2, 4—6, 9, 10) относятся многофазные (от 6 до 14 фаз) камни, равномерно распределенные между мужчинами и женщинами с возрасте 27—83 лет. Второму — более редкому — типу (№ обр. 3, 7, 8) соответствуют ограниченно-фазные (3—5 фаз), преимущественно мужские. В целом полученные нами данные значительно расширяют известные представления о фазовом составе данного вида минерализаций (Боровкова, Филиппов, 2009; Изатулина, Гуржий, 2014; Ламанова, 2007; Лебедев, Смирнова, 2021; Мак-Коннелл, 1977; Машина, 2017; Нигматулина, Сокол, 2004; Ракин, Каткова, 2006; Севостьянова, Полиенко, 2004; Huskic, Resov, 2016).

Органическое вещество составляет до трети вещества мочевых камней, будучи равномерно рассеянным по объему камня в виде микровключений, линзочек и прослоев. По элементному составу — C_{0.65–0.68}(N+H)_{0.2–0.25}O_{0.08–0.13} (табл. 3) — оно примерно со-

ответствует смеси урицитов и бактериального вещества. Довольно часто наряду с обычными частицами органического вещества встречаются формы, похожие на эритроциты (клетки крови). Как правило, во всех этих органических образованиях присутствует поликомпонентная неорганическая примесь (табл. 4), вполне отражающая сложный минерально-фазовый состав камней. Эритроциты при этом такими примесями беднее раза в 1.5.

В части биоминералов в исследованных камнях преобладают водные оксалаты кальция, часто представленные хорошо окристаллизованными пластинчатыми формами (моноклинно-призматическими). При этом оксалаты характеризуются сильно примесным составом, комплексно отражающим всю сложность фазового состава камней (табл. 5).

Широкое распространение и разнообразие по составу в мочевых камнях имеет металлоорганические соединения, которые современными физиками рассматриваются как вполне закономерные формы конденсации металлов в живых организмах (Миронова, 2006). В нашем случае в камнях выявлены до восьми видов и разновидностей таких форм (табл. 6), которые в последовательности снижения частоты встречаемости металлических компонент могут быть представлены следующим образом: 1) оловянно-медные — Cu_{0.38–0.58}Sn_{0.05–0.44}Zn_{0–0.36}Pb_{0–0.04}Ni_{0–0.05}Fe_{0–0.06}Si_{0–0.09}Al_{0–0.07}Ca_{0–0.02}P_{0–0.22}S_{0–0.07}Cl_{0–0.12}; 2) золотые — Au_{0.51–0.77}Cu_{0–0.07}Pb_{0–0.01}Ni_{0–0.06}Si_{0–0.18}Al_{0–0.31}Ca_{0–0.06}K_{0–0.03}Cl_{0–0.06}; 3) железные — Fe_{0.88–1}P_{0–0.02}S_{0–0.03}Cl_{0–0.07}; 4) железистые — Fe_{0.42–0.47}Cu_{0–0.06}Zn_{0.06}Ni_{0–0.03}Pb_{0–0.01}Au_{0.01}Si_{0.19–0.25}Al_{0.02–0.21}Ca_{0.03–0.04}



Таблица 5. Химический состав неорганической компоненты в водных оксалатах кальция, мас. %

Table 5. Chemical composition of the inorganic component in aqueous calcium oxalates, wt. %

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CuO	ZnO	CaO	BaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Сумма / Sum
1/1	0.6	н. о.	н. о.	н. о.	31.17	н. о.	н. о.	0.97	0.67	0.17	33.58
1/2	0.71	»	»	»	32.55	»	0.2	0.83	0.69	0.15	35.13
2/1	0.6	»	»	»	31.17	»	н. о.	0.97	0.67	0.17	33.58
2/2	0.71	»	»	»	32.55	»	0.2	0.83	0.69	0.15	35.13
2/3	6.2	5.53	»	»	24.86	»	0.32	1.45	1.24	1.08	40.68
2/4	18.71	16.0	»	»	21.77	»	0.13	0.73	1.22	0.52	59.08
3/1	н. о.	н. о.	»	»	34.41	»	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	34.41
3/2	»	»	»	»	27.26	»	»	»	»	»	27.26
3/3	»	»	»	»	35.52	»	»	»	0.67	»	36.19
3.4	»	»	1.31	0.77	30.85	»	»	»	н. о.	»	32.93
3/5	1.19	0.97	н. о.	н. о.	26.44	»	»	»	»	»	28.6
4/1	н. о.	н. о.	»	»	31.31	»	»	0.59	0.51	»	31.9
4/2	0.56	»	»	»	33.87	»	»	н. о.	5.55	»	34.43
4/3	н. о.	»	»	»	30.91	»	»	1.15	0.32	»	32.57
4/4	0.84	»	»	»	32.06	9.87	»	н. о.	0	»	48.32
4/5	н. о.	»	»	»	31.57	н. о.	»	»	0.32	»	31.89
4/6	0.47	»	»	»	33.67	»	»	0.64	н. о.	»	34.78
4/7	1.49	1.03	»	»	29.45	»	»	н. о.	0.6	»	32.57
6/1	н. о.	н. о.	»	»	32.14	»	»	0.79	0.63	0.19	33.75
6/2	»	»	»	»	32.78	»	»	0.39	н. о.	н. о.	33.17
7/1	0.7	»	»	»	38.18	»	»	н. о.	»	»	33.88
7/2	0.42	»	»	»	33.49	»	»	0.4	»	»	34.31
7/3	0.46	»	»	»	36.79	»	»	н. о.	»	»	37.25
7/4	0.63	»	»	»	37.76	»	»	»	»	»	38.39
8/1	н. о.	»	»	»	35.57	»	»	0.38	»	»	35.95
8/2	»	»	»	»	35.11	»	»	0.77	»	»	35.88
8/3	»	»	»	»	34.42	»	»	н. о.	»	»	34.42
9/1	»	»	»	»	32.3	»	»	0.84	0.94	0.3	34.38
9/2	»	»	»	»	34.26	»	»	0.61	н. о.	н. о.	34.87
9/3	»	»	»	»	35.35	»	»	1.19	0.95	0.41	37.9
9/4	»	»	»	»	32.54	»	»	0.92	0.43	н. о.	33.89
9/5	0.32	»	»	»	33.09	»	»	0.91	н. о.	»	34.32
9/6	н. о.	»	»	»	33.59	»	»	0.39	0.46	»	34.44
9/7	»	»	»	»	34.1	»	»	0.84	0.45	»	35.39
9/8	»	»	»	»	30.98	»	»	0.8	0.65	0.34	32.77
9/9	1.46	»	»	»	35.29	»	»	0.78	0.75	0.29	38.57
9/10	н. о.	»	»	»	29.13	»	»	0.49	0.6	0.34	30.56
9/11	»	»	»	»	32.67	»	»	0.89	0.65	0.25	34.46
9/12	0.68	»	»	»	29.45	»	0.16	0.68	0.83	0.54	32.34
9/13	н. о.	»	»	»	33.8	»	н. о.	0.98	0.55	н. о.	35.33
9/14	»	»	»	»	31.97	»	»	0.74	н. о.	0.13	32.84
9/15	»	»	»	»	32.13	»	»	0.85	0.41	0.13	33.52
X	0.88	0.57	0.03	0.02	31.86	0.24	0.02	0.54	0.51	0.12	35.13
S _x	2.99	2.62	0.2	1.12	4.61	1.32	0.07	0.42	0.88	0.22	4.99

K_{0.01–0.02}S_{0–0.01}Cl_{10.02–0.03}; 5) цинковые — Zn_{0.44–0.95}Si_{0.01–0.08}Al_{0–0.04}Mg_{0–0.42}Ca_{0.01–0.03}K_{0–0.02}P_{0–0.12}S_{0–0.1}; 6) цинково-медные — Cu_{0.55–0.74}Zn_{0.24–0.44}Fe_{0.01–0.02}; 7) медистые — Cu_{0.44}Pb_{0.04}Fe_{0.01}Sn_{0.02}Si_{0.04}Al_{0.04}Ca_{0.02}K_{0.01}P_{0.2S}S_{0.01}Cl_{0.19}; 8) никель-оловянные — Sn_{0.53}Ni_{0.13}Zn_{0.1}Cu_{0.04}Cl_{0.2}.

Наряду с металлоорганическими соединениями в исследованных камнях обнаружены собственно *металлические* фазы, подразделяющиеся на четыре разновидности (в порядке снижения частоты встречаемости): оловянистые — Sn_{0.6–0.94}Cu_{0.01–0.3}Fe_{0–0.23}Zn_{0–0.11}Ni_{0–0.03}Cr_{0–0.02}; железные — Fe; висмутовые — Bi_{0.94–1}Ca_{0–0.04}Si_{0–0.02}; железистые — Fe_{0.95–0.98}Mn_{0–0.04}Zn_{0–0.02}Cr_{0–0.01}(Si,Na,K)_{0–0.01} (табл. 7). В микроассоциации с металлическими фазами в мочевых камнях обнаружены редкие включения *сульфидов*, представленные пиритом (Fe = 46.13; S = 53.89 мас. %; эмпирическая формула — Fe_{0.98}S₂) и галенитом (Pb = 86.59; S = 13.41 мас. %; PbS).

Довольно распространенным биоминералом в изученных камнях выступает *магнетит*, широко варьирующий по составу (табл. 8). Его можно представить следующей эмпирической формулой: (Fe_{0.59–1}Cu_{0–0.22}Mg_{0–0.16}Mn_{0–0.13}Ni_{0–0.03}Zn_{0–0.02})(Fe_{0.55–2}Al_{0–0.6}Cr_{0–0.81}Ti_{0–0.04})₂O₄. По минимальному составу этот минерал подразделяется на четыре разновидности — преобладающую магнетитовую, герцинит-магнохромит-купрошпинель-магнетитовую, яacobсит-магнетитовую и франклинит-магнетитовую.

Широко распространены в исследованных мочевых камнях *силикатные* и *алюмосиликатные* микрофазы (табл. 9), чаще всего приуроченные к выделениям органического вещества. По составу и минералогической номенклатуре они могут быть сопоставлены (в последовательности снижения частоты встречаемости) с каолинитом, плагиоклазами, слюдами, анортотом, клинопироксенами, гранатами. Кроме того, в ассоциации с алюмосиликатами встречаются зерна



Таблица 6. Химический состав (мас. %) металлоорганических соединений

Table 6. Chemical composition (wt.%) of organometallic compounds

№	Au	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Sn	Si	Al	Mg	Ca	Na	K	P	S	Cl	Сумма / Sum
1/1	2.41	22.7	2.07	н. о.	3.29	0.9	н. о.	5.95	6.41	н. о.	1.23	н. о.	0.54	н. о.	н. о.	0.93	46.43
1/2	1.39	26.18	2.01	»	4.2	н. о.	»	5.86	6.48	»	1.79	»	0.43	»	0.37	1.04	49.75
1/3	71.7	н. о.	н. о.	»	н. о.	1.98	»	3.41	3.51	»	0.89	»	0.46	»	н. о.	0.47	88.42
1/4	51.72	»	»	»	»	н. о.	»	4.23	4.39	»	1.27	»	0.68	»	»	0.98	63.27
2/1	н. о.	»	»	2.5	»	»	3.3	н. о.	н. о.	»	н. о.	»	н. о.	»	»	0.31	6.11
2/2	»	»	0.58	1.7	4.61	»	5.02	»	»	»	»	»	»	»	»	0.5	12.41
2/3	»	»	н. о.	3.66	0.82	»	7.86	»	»	»	»	»	»	»	»	0.26	12.6
2/4	»	»	0.55	4.37	4.26	»	2.91	»	»	»	»	»	»	»	»	0.5	12.59
2/5	»	0.93	н. о.	16.45	н. о.	4.48	4.1	1.46	1.02	»	0.52	»	0.11	4.01	0.46	0.74	34.28
2/6	»	0.57	»	20.0	»	5.39	2.18	0.88	87	»	0.6	»	0.18	4.43	0.34	0.96	36.4
2/7	»	1.56	»	18.92	»	1.46	7.69	1.16	0.52	»	н. о.	»	н. о.	1.78	н. о.	н. о.	33.09
2/8	»	1.9	»	19.3	»	2.44	11.31	1.17	0.8	»	»	»	»	2.14	»	0.22	39.28
2/9	»	0.8	»	9.35	»	0.58	3.83	0.5	0.5	»	»	»	»	0.66	0.44	н. о.	16.66
4/1	»	0.39	»	15.58	5.28	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	»	»	»	»	н. о.	н. о.	»	21.25
4/2	»	0.52	»	22.93	18.38	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	41.83
5/1	»	н. о.	»	н. о.	33.28	»	»	0.34	»	1.18	0.93	»	0.46	»	3.36	»	39.55
5/2	»	»	»	»	58.32	»	»	0.27	»	н.о.	0.36	»	0.17	0.81	н.о.	»	59.93
5/3	»	0.2	»	»	36.48	»	»	2.12	1.02	1.32	1.1	»	0.65	3.35	0.56	»	46.8
5/4	»	н. о.	»	»	55.43	»	»	0.24	н. о.	н. о.	0.36	»	н. о.	0.89	н. о.	»	56.92
10/1	»	11.78	»	»	н. о.	»	»	н. о.	»	»	н. о.	»	»	0.18	0.24	0.53	12.73
10/2	»	50.34	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	н. о.	н. о.	н. о.	50.34
10/3	14.89	н. о.	0.33	0.41	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	15.63

Таблица 7. Химический состав (мас. %) металлических фаз

Table 7. Chemical composition (wt.%) of metallic phases

№	Sn	Cr	Zn	Cu	Fe	Ni	Mn	Si	K	Bi	Ca	Cl
2/1	н. о.	0.43	н. о.	н. о.	95.25	н. о.	4.32	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
2/2	»	н. о.	1.68	»	98.32	»	н. о.	»	»	»	»	»
2/3	»	»	0.72	»	98.46	»	0.82	»	»	»	»	»
2/4	»	»	н. о.	»	100	»	н. о.	»	»	»	»	»
2/5	»	»	»	»	100	»	»	»	»	»	»	»
2/6	»	»	»	»	100	»	»	»	»	»	»	»
2/7	»	»	»	»	96.08	»	3.92	»	»	»	»	»
2/8	96.7	»	»	3.3	н. о.	»	н. о.	»	»	»	»	»
2/9	90.0	»	4.17	4.37	»	1.46	»	»	»	»	»	»
2/10	93.1	1.12	5.03	0.75	»	н. о.	»	»	»	»	»	»
2/11	85.22	н. о.	6.86	7.04	»	0.88	»	»	»	»	»	»
6/1	76.67	»	н. о.	19.4	3.93	н. о.	»	»	»	»	»	»
6/2	75.45	»	»	11.15	13.4	»	»	»	»	»	»	»
6/3	н. о.	»	»	н. о.	н. о.	»	»	»	»	100	»	»
6/4	»	»	»	»	»	»	»	0.31	»	98.98	0.71	»
6/5	»	»	»	»	»	»	»	н. о.	»	99.7	0.3	»
9/1	»	»	»	»	97.09	0.03	0.5	0.37	0.18	н. о.	1.62	0.21

Примечание. Виды и разновидности металлических фаз (в скобках V_x — частота встречаемости, %): 2/4—2/6 — железные (25), 2/1—2/3, 2/7, 9/1 — железистые (16.7), 2/8—2/11 — оловянистые (58.3), 6/3—6/5 — висмутовые (25).

Note. Types and varieties of metallic phases (V_x in brackets is the frequency of occurrence, %): 2/4—2/6 — iron (25), 2/1—2/3, 2/7, 9/1 — ferrous (16.7), 2/8—2/11 — tin (58.3), 6/3—6/5 — bismuth (25).

кремниевой фазы состава (мас. %): SiO₂ = 97.63, Al₂O₃ = 2.37 — с эмпирической формулой (Si_{0.97}Al_{0.03})O₂.

Кислородные соли в составе мочевых камней представлены прежде всего биоапатитом (табл. 10), состав которого характеризуется следующей эмпирической брутто-формулой: (Ca_{9.31–9.51}Mg_{0.09–0.29}Na_{0.2–0.5}K_{0–0.05}Ni_{0–0.04}Zn_{0–0.07})₁₀[P_{5.38–6}S_{0–0.21}C_{0–0.41}O₂₄F_{0–1.59}Cl_{0–0.04}(OH)_{0–1.85}]. Судя по приведенной формуле, в камнях мы имеем дело главным образом с фтор-, фторгидроксил- и хлоргидроксилапатитом. Изредка встречается фторкарбонатапатит А-типа.

Наряду с биоапатитом в мочевых камнях обнаружена серия так называемых гибридных соединений, в составе которых сочетаются несколько комплексных анионов — силикатных, фосфатных, сульфатных. К таким соединениям отнесены титано-кальциевые суль-

фато-силикатофосфаты с эмпирической брутто-формулой: (Ca_{0.47–0.62}Ti_{0.19–0.75})_{0.81–1.22}[PO₄]_{0.55–0.76}[SiO₄]_{0.21–0.42}[SO₄]_{0.02–0.03} (табл. 11) — и гидроген-гидроксильные фосфатосульфаты бария (табл. 12), которым отвечают следующие эмпирические формулы: (Ba_{0.79–0.99}Ca_{0.03–0.25}Sr_{0–0.05}K_{0–0.05})_{0.87–1.24}H_{0–0.41}[SO₄]_{0.9–1}[PO₄]_{0–0.1}(OH)_{0–0.48} и (Ba_{0.67–0.68}Ca_{0.02–0.04}Ni_{0.06–0.08}Na_{0–0.37}K_{0–0.05}Cu_{0–0.08})_{0.79–1.27}H_{0–0.53}[SO₄]_{0.87–0.89}[PO₄]_{0.11–0.13}(OH)_{0–0.48}.

В качестве галогенидов в мочевых камнях выступают гидрокси- и гидроген-хлориды с незначительной примесью сульфатного и фосфатного анионов (табл. 13). По катионному составу эти минералы можно подразделить на четыре разновидности: натрий-кальций-кальциевые гидроксиды — (K_{0.9–0.99}Na_{0–0.09}Ca_{0.05–0.27})_{1.03–1.86}[SO₄]_{0.01–0.02}[PO₄]_{0–0.02}Cl_{0.97–0.99}(OH)_{0.07–0.81};



Таблица 8. Химический (мас. %), минеральный (мол. %) составы и эмпирические формулы магнетита
Table 8. Chemical (wt.%), min. (mol.%) compositions and empirical formulas of magnetite

Компоненты / Components	2/1	2/2	2/3	2/4	2/5	2/6	2/7	2/8
Fe ₂ O ₃	67.07	95.62	98.53	98.63	100	100	100	96.43
TiO ₂	0.57	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Al ₂ O ₃	6.89	»	»	»	»	»	»	»
Cr ₂ O ₃	13.84	0.43	»	»	»	»	»	»
CuO	7.73	н. о.	»	»	»	»	»	»
NiO	1.06	»	»	»	»	»	»	»
ZnO	н. о.	»	1.47	0.58	»	»	»	»
MnO	»	3.95	н. о.	0.79	»	»	»	3.57
MgO	2.84	н. о.	»	н. о.	»	»	»	н. о.
Миналы / Minerals								
Магнетит FeFe ₂ O ₄	37.5	86.5	87	95	100	100	100	88
Ульвит Fe ₂ TiO ₄	2	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Якобит MnFe ₂ O ₄	н. о.	13	н. о.	3	»	»	»	12
Франклинит ZnFe ₂ O ₄	»	н. о.	13	2	»	»	»	н. о.
Треворит NiFe ₂ O ₄	3	»	н. о.	н. о.	»	»	»	»
Хромит FeCr ₂ O ₄	4.5	0.5	»	»	»	»	»	»
Магнохромит MgCr ₂ O ₄	16	н. о.	»	»	»	»	»	»
Герцинит FeAl ₂ O ₄	15	»	»	»	»	»	»	»
Купрошпинель CuFe ₂ O ₄	22	»	»	»	»	»	»	»

Примечание/Note. Эмпирические формулы магнетита / Empirical formulas of magnetite: 2/1 – (Fe_{0.59}Cu_{0.22}Mg_{0.16}Ni_{0.03})(Fe_{0.55}Al_{0.6}Cr_{0.81}Ti_{0.04})₂O₄; 2/2 – (Fe_{0.87}Mn_{0.13})(Fe_{1.99}Cr_{0.01})₂O₄; 2/3 – (Fe_{0.87}Zn_{0.13})Fe₂O₄; 2/4 – (Fe_{0.95}Mn_{0.03}Zn_{0.02})Fe₂O₄; 2/5 – 2/7 – FeFe₂O₄; 2/8 – (Fe_{0.88}Mn_{0.12})Fe₂O₄.

Таблица 9. Химический состав микровключений силикатов и алюмосиликатов
 в органическом веществе, мас. %

Table 9. Chemical composition of microinclusions of silicates and aluminosilicates in organic matter, wt. %

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	NiO	ZnO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Сумма / Sum
1/1*	24.22	0.31	18.39	0.42	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	3.46	1.53	0.54	н. о.	0.75	1.14	50.76
1/2*	36.99	н. о.	28.38	0.51	»	»	»	»	3.57	3.28	1.17	»	0.46	0.97	75.33
1/3*	30.09	»	23.29	0.32	»	»	»	»	6.7	н. о.	н. о.	»	0.39	0.48	61.27
1/4*	39.66	0.24	31.79	0.43	»	»	»	»	0.34	»	»	»	н. о.	0.33	72.79
1/5*	23.54	0.49	18.96	н. о.	»	»	»	»	7.19	»	1.29	»	0.42	1.43	53.32
2/1*	38.53	0.56	29.54	»	»	»	»	»	0.18	»	н. о.	»	н. о.	н. о.	58.81
2/2*	33.76	н. о.	25.87	0.44	»	»	»	»	0.67	»	»	»	0.46	»	61.1
2/3*	47.77	»	37.75	0.32	»	»	»	»	0.3	»	»	»	н. о.	»	86.14
2/4*	39.72	0.25	30.29	0.35	»	»	»	»	н. о.	»	0.25	»	0.37	»	71.23
3/1*	44.98	0.57	36.63	0.58	»	»	»	»	0.59	0.49	н. о.	»	н. о.	»	38.86
3/2*	52.29	0.41	41.72	0.96	»	»	»	»	н. о.	0.42	»	»	»	»	95.8
6/1*	45.64	0.73	36.63	0.55	»	»	»	»	3.66	н. о.	0.3	4.56	0.69	»	92.76
6/2*	49.78	н. о.	39.9	0.44	»	»	»	»	3.49	»	0.2	3.46	н. о.	»	07/27
7/1*	53.94	0.68	40.99	0.34	»	»	»	»	н. о.	»	0.24	н. о.	0.47	»	66.66
7/2*	44.08	н. о.	35.72	0.53	»	»	»	»	»	»	н. о.	»	н. о.	»	80.93
9/1*	38.16	0.51	31.23	0.35	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0.13	70.38
9/2*	42.8	0.32	34.67	0.61	»	»	»	»	»	»	»	»	»	н. о.	78.4
10/1*	44.17	0.9	35.2	0.34	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	80.61
10/2*	41.14	0.85	32.84	0.41	»	»	»	»	»	»	»	0.48	»	»	75.72
10/3*	48.66	0.52	38.54	0.41	0.48	»	»	»	»	»	»	н. о.	»	»	88.59
1/6**	44.92	0.38	1.69	13.75	н. о.	»	0.69	14.23	11.78	»	»	»	»	»	87.44
4/1***	20.21	0.35	17.1	н. о.	»	»	н. о.	н. о.	18.97	»	»	1.03	0.49	»	58.16
5/1***	62.12	н. о.	16.66	0.93	»	1.77	»	»	1.06	3.25	6.95	1.45	0.83	»	95.02
5/3***	48.92	»	12.93	0.73	»	»	»	»	0.8	5.93	0.49	0.48	0.42	»	30.7
9/3***	61.57	»	20.58	н. о.	»	»	»	»	3.36	9.12	0.19	н. о.	н. о.	»	80.61
5/4****	25.42	»	10.66	3.0	»	»	»	»	10.65	н. о.	н. о.	»	1.06	»	56.72
9/4****	38.95	»	16.39	3.78	»	»	»	1.08	0.39	»	7.89	»	0.53	»	75.72
5/5****	36.5	»	18.1	4.96	»	»	»	2.56	4.77	»	4.24	1.94	1.43	»	74.51
5/6****	52.25	»	20.54	5.71	»	»	»	4.6	0.6	»	4.06	1.65	1.84	»	94.7

Примечание. Минералоподобие включений: * каолинит, ** клинопироксены, *** плагиоклазы, анортотоклаз, **** гранат, ***** слюды.

Note. Mineral-like inclusions: * kaolinite, ** clinopyroxenes, *** plagioclases, anorthoclase, **** garnet, ***** micas.



Таблица 10. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы микровключений биоапатита
Table 10. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas of bioapatite microinclusions

№	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	NiO	ZnO	P ₂ O ₅	SO ₃	F	Cl
1/1	52.99	0.38	1.46	0.19	0.24	н. о.	41.66	0.97	3.11	н. о.
1/2	54.38	0.35	1.37	н. о.	н. о.	»	39.15	1.73	3.02	»
4/1	53.68	0.76	1.6	»	»	»	42.82	1.14	н. о.	»
6	53.62	1.18	0.62	»	»	»	43.74	0.72	»	0.12
8/1	51.86	0.53	1.34	0.25	»	0.44	41.82	3.16	»	н. о.
8/2	53.28	0.82	1.47	н. о.	»	н. о.	43.41	н. о.	1.02	»

Примечание / Note. Эмпирические формулы / Empirical formulas: 1/1 — (Ca_{9.35}Mg_{0.1}Na_{0.47}K_{0.04}Ni_{0.04})₁₀[P_{5.91}S_{0.09}O₂₄]F_{1.58}; 1/2 — (Ca_{9.48}Mg_{0.09}Na_{0.43})₁₀[P_{5.38}S_{0.21}C_{0.41}O₂₄]F_{1.37}; 4/1 — (Ca_{9.31}Mg_{0.19}Na_{0.5})₁₀[P_{5.86}S_{0.14}O₂₄](OH)_{1.7}; 6 — (Ca_{9.51}Mg_{0.29}Na_{0.2})₁₀[P_{5.91}S_{0.09}O₂₄]Cl_{0.04}(OH)_{1.85}; 8/1 — (Ca_{9.32}Mg_{0.13}Na_{0.43}K_{0.05}Zn_{0.07})₁₀[P_{5.93}S_{0.07}O₂₄]F_{1.59}; 8/2 — (Ca_{9.33}Mg_{0.2}Na_{0.47})₁₀[P₆O₂₄]F_{0.53}(OH)

Таблица 11. Химический состав (мас. %) микровключений титано-кальциевых сульфато-силикатофосфатов бария

Table 11. Chemical composition (wt.%) of microinclusions of titanium-calcium sulfate-silicate-phosphates of barium

№	SiO ₂	TiO ₂	CaO	P ₂ O ₅	SO ₃	Сумма / Sum
9/1	12.69	16.05	22.27	32.77	1.34	85.12
9/2	14.43	20.86	19.14	29.31	1.22	84.96
9/3	8.33	10.03	23.18	35.81	1.67	79.02
9/4	10.73	15.38	22.99	35.93	1.23	86.26
9/5	13.41	31.59	14.02	20.78	1.99	80.79

Таблица 12. Химический состав (мас. %) микровключений гидроген-гидроксильных фосфатосульфатов бария
Table 12. Chemical composition (wt.%) of microinclusions of hydrogen-hydroxyl barium phosphate sulfates

№	BaO	CaO	SrO	NiO	CuO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
9/1	62.0	0.68	2.09	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	35.23
9/2	61.83	5.63	н. о.	»	»	»	»	»	32.54
10/1	59.35	0.75	»	»	»	»	1.16	3.41	35.33
10/2	49.76	0.94	»	2.24	2.49	5.57	1.06	4.28	33.66
10/3	53.34	0.67	»	2.85	1.75	н. о.	0.82	3.94	36.63
10/4	54.11	1.15	»	3.03	н. о.	»	н. о.	4.23	37.48

Таблица 13. Химический состав (мас. %) и эмпирические формулы микровключений гидроксид- и гидрогенхлоридов

Table 13. Chemical composition (wt.%) and empirical formulas of microinclusions of hydroxy- and hydrogen chlorides

№	Ca	Na	K	Fe	Ti	Cl	S	P	Сумма
1/1	1.54	1.49	29.06	н. о.	н. о.	25.75	0.22	н. о.	58.06
1/2	14.14	0.93	17.52	»	»	15.37	0.19	0.31	48.46
1/3	5.91	н. о.	19.49	»	»	18.38	0.26	0.18	44.223
1/4	2.05	11.63	0.96	»	»	37.6	н. о.	н. о.	52.24
1/5	7.11	5.14	0.57	»	»	25.56	0.21	»	38.59
1/6	5.79	н. о.	20.95	»	»	17.81	0.21	0.14	44.59
1/7	1.93	4.13	0.48	»	»	44.72	н. о.	н. о.	51.26
1/8	2.14	4.47	0.63	»	»	45.29	»	»	52.53
1/9	10.96	1.2	н. о.	»	»	16.95	0.31	0.3	29.72
1/10	6.78	5.35	0.48	»	»	25.43	н. о.	н. о.	38.04
3/1	0.35	7.69	10.72	0.24	0.27	18.8	»	»	38.07
3/2	0.86	3.83	5.29	0.24	0.28	3.8	»	»	14.3

калий-натриевые гидроксидхлориды — (Na_{0.62–1.53}K_{0.25–0.51}Ca_{0–0.02}Fe_{0.01–0.04}Ti_{0.01–0.05})_{1.17–3.07}Cl(OH)_{0.21–2.41}; натрий-кальциевые гидроксидхлориды — (Ca_{0.54}Na_{0.1})_{0.64}[SO₄]_{0.02}[PO₄]_{0.02}Cl_{0.96}(OH)_{0.12}; кальций-натриевые гидроген-хлориды — (Na_{0.14–0.47}K_{0.01–0.02}Ca_{0.04–0.28})_{0.19–0.57}H_{0.15–0.77}[SO₄]_{0–0.01}[PO₄]_{0–0.01}Cl_{0.98–1}.

Таким образом, в составе изученных нами мочевых камней обнаружены биоминералы, охватывающие практически всю современную номенклатуру минеральных типов: простые вещества (металлы), халькогениды (сульфиды), галогениды (хлориды), оксиды (магнетит, SiO₂-фаза), силикаты (алюмосилика-

ты), кислородные соли. В дополнение к минералам в камнях присутствуют так называемые минералоиды, представленные водными оксалатами кальция и урицитами.

Моча, сопряженная с мочевыми камнями и принадлежащая пациентам с пиелонефритом, исследовалась на валовый химический состав. Полученные данные для обеих коллекций мочи оказались схожими (мас. %, в скобках — среднее): H₂O = 75–77 (76.3), Cl = 6–12 (9), SO₃ = 1.5–4 (2.8), P₂O₅ = 2.5–7 (4.4), Na₂O = 3–5 (4), K₂O = 2–4 (2.7), CaO = 0.2–0.3 (0.26), MgO = 0.05–0.25 (0.14), NH₄ = 0.6–1.5 (1.5).

Микроэлементы

Определялись в образцах мочевых камней и моче пациентов с мочекаменной болезнью (*моча-1*) и пиелонефритом (*моча-2*).

В составе исследованных мочевых камней выявлены 18 микроэлементов, из которых к определяющим сумму относятся $Zn > Sr > Ti$ (табл. 14). Доля (%) групп органофильных элементов (Солонин, 1991) в среднем составляет для эссенциальных (жизненно необходимых) — 46.2, физиогенно-активных — 53.7. Доля элементов-антибионтов крайне незначительна — 0.1 %. Из приведенных данных следует, что в составе мочевых камней абсолютно доминируют именно органофильные микроэлементы. При этом суммарное содержание этих элементов в камнях отрицательно коррелируется с массой камней ($r = -0.39$) и возрастом человека ($r = -0.73$). По сравнению с микроорганизмами в человеческих конкрементах (Павлович, Кокин, 2019) общее содержание микроэлементов в исследованных камнях выше в 30—1580 раз. Согласно вычисленным кларкам концентрации, степень обогащения камней эссенциальными и физиогенно-активными микроэлементами несколько уступает таковой в земной коре ($КК < 1$), но многократно (до $КК = 100$) превышает степень концентрации тех же элементов в базовых органических субстанциях (Войткевич, Кокин, 1990) в последовательности «наземные растения < бактерии < наземные животные < живое вещество». При этом в сравнении с большинством органических субстанций в мочевых камнях физиогенно-активные микроэлементы значительно преобладают над эссенциальными (рис. 12).

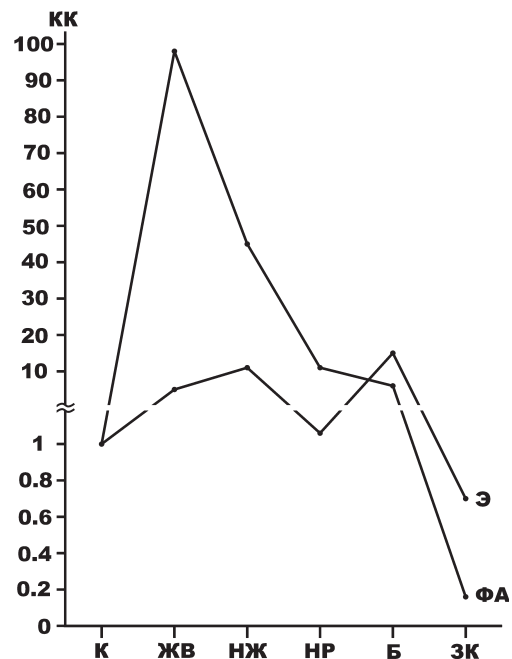


Рис. 12. Усредненные кларки концентрации микроэлементов в мочевых камнях (К). Объекты сопоставления (по: Войткевич, Кокин, 1990): ЖВ — живое вещество, НЖ — наземные животные, НР — наземные растения, Б — бактерии, ЗК — земная кора

Fig. 12. Averaged clark values of microelement concentrations in urinary stones (K). Objects of comparison (according to: Voitkevich, Kokin, 1990): ЖВ — living matter, НЖ — terrestrial animals, НР — terrestrial plants, Б — bacteria, ЗК — earth's crust

Таблица 14. Содержание микроэлементов в камнях, г/т

Table 14. Content of microelements in stones, g/t

Элементы / Elements	Объекты / Objects								
	1	2	3	4	5	6	8	9	$X \pm S_x (V_x, \%)$
Ag	0.05	0.05	0.05	0.09	0.05	0.05	0.05	0.05	$0.06 \pm 0.01 (17)$
Cd	0.05	0.05	0.05	0.05	1.4	0.05	0.05	0.05	$0.22 \pm 0.48 (218)$
Zn	13	0.7	45	32	2-3	1.9	194	0.05	$61.21 \pm 86.27 (141)$
Rb	0.05	0.21	0.05	0.05	0.05	0.37	0.05	0.05	$0.11 \pm 0.12 (109)$
Pb	0.68	0.11	0.81	1.5	3.8	0.05	3.3	0.73	$1.37 \pm 1.42 (104)$
Bi	0.05	0.05	0.05	0.05	2.1	0.05	0.05	0.05	$0.31 \pm 0.72 (232)$
Сумма элементов эссенциальных (Э) Sum of essential elements (E)	13.88	1.17	46.01	33.74	210.4	2.47	197.5	0.98	$63.27 \pm 88.4 (140)$
Cs	0.34	0.09	0.35	0.1	0.43	0.04	0.13	0.38	$0.23 \pm 0.13 (57)$
Sr	50	0.49	71	47	156	0.72	66	0.05	$48.91 \pm 31.02 (63)$
Ba	0.05	0.05	0.05	0.05	9.1	0.05	0.88	0.05	$1.29 \pm 1.28 (99)$
Ti	4.7	2.6	11	6.6	80	1.5	19	0.05	$15.68 \pm 11.51 (73)$
Zr	0.76	0.3	1.2	0.82	1.2	0.45	1.1	2.8	$1.08 \pm 0.91 (84)$
V	0.05	0.35	0.05	1.2	3.5	0.63	0.05	8.4	$1.78 \pm 3.34 (188)$
Cr	0.05	0.05	0.05	0.05	3.6	0.05	0.05	0.05	$0.49 \pm 0.53 (108)$
Co	2.2	0.05	2.3	2	2.3	0.05	2.3	0.05	$1.41 \pm 0.96 (68)$
Ni	3.6	0.05	2.6	3.8	4.2	0.05	4.7	0.05	$2.38 \pm 1.93 (81)$
Cu	0.45	3.1	0.05	0.37	0.05	3.1	0.05	0.05	$0.9 \pm 1.25 (139)$
Сумма элементов физиогенно-активных (ФА) Sum of physiogenically active elements (PA)	62.2	7.13	88.65	61.99	260.38	6.64	94.26	11.93	$74.15 \pm 41.52 (56)$
Ta	0.06	0.04	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	$0.05 \pm 0.01 (20)$
Gd	0.05	0.05	0.05	0.39	0.05	0.05	0.05	0.05	$0.09 \pm 0.12 (133)$
Сумма элементов-антибионтов (АБ) Sum of abiont elements (AB)	0.11	0.09	0.1	0.46	0.1	0.1	0.1	0.1	$0.15 \pm 0.13 (87)$
Итого / Total	76.19	8.39	134.46	96.19	470.88	9.21	291.86	13.01	$137.56 \pm 164.35 (119)$



В образцах мочи-1 пациентов с мочекаменной болезнью выявлен 41 микроэлемент (табл. 15), что более чем в 2 раза превышает число микроэлементов в соответствующих образцах мочевых камней. К определяющим сумму в моче малым элементам относятся: $Ti > Rb > Zn > Sr > V > As$. В отличие от камней, моча содержит 9 лантаноидов, при этом содержание элементов иттриевой подгруппы превышает содержание элементов цериевой подгруппы в 3 раза. Проанализированная моча по сравнению с образцами камней валово обога-

щена микроэлементами в среднем в 26 раз. По суммарной их концентрации она отрицательно коррелируется с камнями (-0.73) и возрастом больных ($r = -0.33$). Доли (%) групп элементов органофилов в моче составляют в среднем для эссенциалов — 86.4, физиогенно-активных — 12.9, элементов-антибионтов — 0.7. То есть в составе мочи, так же как и в камнях, сильно доминируют именно органофильные микроэлементы. Согласно кларкам концентрации, степень обогащения мочи эссенциальными и физиогенно-активными микроэле-

Таблица 15. Содержание микроэлементов в образцах мочи-1, сопряженной с мочевыми камнями, г/л
Table 15. Content of trace elements in urine-1 samples compared to urinary stones, g/l

Элементы Elements	Объекты / Objects										X ± S _x (V _x , %)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Li	110	40	50	23	9	23	31	9	26	40	36.1 ± 29.11 (81)
Rb	1500	380	700	1000	250	280	900	300	460	1100	687 ± 425.21 (62)
Be	0.05	0.05	0.23	0.05	0.8	0.05	0.05	0.05	0.4	0.22	0.2 ± 0.24 (120)
Mo	60	12	50	70	12	17	44	19	19	50	35.3 ± 21.79 (62)
Ag	0.52	0.05	0.05	0.05	0.91	0.4	0.109	0.16	0.05	0.05	0.23 ± 0.29 (126)
Zn	800	0.05	400	210	80	40	0.05	1400	300	1500	473.01 ± 569.08 (120)
Cd	0.26	0.12	0.05	0.05	1.5	1.2	0.25	0.5	0.3	0.05	0.43 ± 0.51 (119)
Pb	1.9	0.05	2.4	0.14	9	8	0.05	0.05	0.05	0.9	2.25 ± 3.41 (152)
As	308	90	107	91	109	92	158	127	93	150	132.5 ± 66.43 (50)
Se	66	89	54	44	38	66	87	11.2	77	67	59.92 ± 23.89 (40)
Th	0.14	0.05	0.13	0.05	0.05	0.05	0.3	0.05	0.05	0.3	0.12 ± 0.1 (83)
Сумма элементов Э Sum of E elements	2846.87	611.37	1363.86	1438.34	510.26	527.7	1220.81	1867.01	975.85	2908.52	1427 ± 879.97 (62)
Cs	4.2	1	3.1	1.9	1.7	8.3	2.2	0.8	1.6	3.9	2.87 ± 2.22 (77)
Sr	500	0.05	400	0.05	0.05	19	170	120	0.05	500	170.92 ± 213.83 (125)
Ba	0.05	0.05	2.2	0.05	0.7	0.05	0.13	0.05	0.05	4.8	0.81 ± 1.56 (193)
Y	0.22	0.05	0.05	0.05	0.09	0.04	0.05	0.2	0.1	0.07	0.09 ± 0.06 (67)
Ti	3900	900	2100	600	500	160	2300	1900	1500	3000	1686 ± 1192.09 (71)
Zr	1.2	1.3	0.4	1	1	1.2	0.5	0.4	0.04	0.7	0.77 ± 0.43 (56)
Hf	0.15	0.33	0.04	0.38	0.05	0.06	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13 ± 0.13 (100)
V	220	150	160	110	140	130	240	50	140	200	154 ± 55.42 (36)
Cr	100	7	70	70	19	17	180	19	50	90	62.2 ± 52.88 (85)
Co	1.2	0.05	1.5	0.7	0.05	0.05	0.05	0.26	1.4	0.8	0.61 ± 0.59 (97)
Ni	24	7	28	4	8	14	12	10	16	20	14.3 ± 7.7 (54)
Cu	31	7	9	8	3.8	0.05	10	4	0.05	26	9.89 ± 10.45 (106)
Ga	19	1.7	7	3	1.6	0.05	11	8	5	11	6.73 ± 5.79 (86)
Sn	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.23	0.22	0.05	0.12	0.3	0.12 ± 0.1 (83)
Sb	2.5	4	2.2	1.7	2.8	1.7	2	2.4	3.1	4	2.64 ± 0.84 (32)
Te	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.22	0.07 ± 0.05 (71)
Сумма элементов ФА Sum of PA elements	4803.62	1079.63	2783.59	800.93	678.94	351.79	2928.22	2115.26	1717.64	3861.9	2112.15 ± 1472.58 (70)
Sc	19	2.7	11	10	4.3	0.7	11	15	5	14	9.29 ± 5.9 (64)
Nb	0.02	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.22	0.13	0.06	0.25	0.09 ± 0.08 (89)
W	0.15	0.004	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.12	0.06 ± 0.04 (67)
Tl	0.11	0.05	0.03	0.05	0.02	0.05	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05 ± 0.03 (60)
Ge	4	0.05	0.05	2	1.4	1.3	1.9	2.2	0.49	1.7	1.51 ± 1.18 (78)
La	0.09	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.06 ± 0.02 (33)
Ce	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05 ± 0.01 (20)
Pr	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05 ± 0.01 (20)
Nd	0.06	0.02	0.05	0.01	0.05	0.03	0.01	0.05	0.05	0.08	0.04 ± 0.02 (50)
Sm	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.08	0.05	0.05	0.01	0.05 ± 0.02 (40)
Gd	0.06	0.05	0.05	5	0.16	0.07	0.2	0.05	0.05	0.21	0.59 ± 1.55 (263)
Dy	0.05	0.05	0.05	0.05	0.001	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.04 ± 0.02 (50)
Er	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05 ± 0.004 (80)
Yb	0.05	0.05	0.05	0.07	0.13	0.08	0.05	0.02	0.05	0.02	0.06 ± 0.03 (50)
Сумма элементов АБ Sum of AB elements	23.8	3.49	11.63	17.54	6.41	2.61	13.8	17.85	6.06	16.67	11.54 ± 7.12 (62)
Итого / Total	7698.09	1697.98	4170.7	2274.35	1202.02	884.71	4176.63	4017.97	2705.61	6803.76	3563.18 ± 2289.49 (64)

ментами превышает таковую в базовых органических субстанциях в 10–850 раз в последовательности «бактерии < наземные растения < живое вещество < наземные животные». Относительно земной коры моча в среднем немного уступает по физиогенно-активным микроэлементам, но в 10 раз превышает по эссенциальным (рис. 13).

Таким образом, получается, что моча у пациентов с мочекаменной болезнью по валовой концентрации аномально обогащена органофильными микроэлементами как относительно камней, так и эталонных органических субстанций. При этом в ней многократно преобладают не физиогенно-активные, как в камнях, а эссенциальные элементы.

В образцах мочи-2 пациентов с пиелонефритом тоже выявлен 41 микроэлемент, к определяющим сумму элементов в этом случае относятся $Ge > Sc > Te > Rb > Cd > Li$. В составе 9 лантаноидов содержание элементов иттриевой подгруппы преобладает над содержанием элементов цериевой подгруппы в 9 раз (табл. 16). По валовому содержанию микроэлементов рассматриваемая моча уступает почечным камням почти в два раза, а моче пациентов с мочекаменной болезнью — в 49 раз. Доля (%) групп элементов-органов в образцах мочи-2 составляет в среднем для эссенциальных микроэлементов — 75, физиогенно-активных — 23, элементов-антибионтов — 2. То есть в составе мочи пациентов с пиелонефритом, так же как и в моче пациентов с мочекаменной болезнью, абсолютно преобладают элементы-эссенциалы при ничтожной доле элементов-антибионтов. Согласно вычисленным кларкам концентрации, степень обогаще-

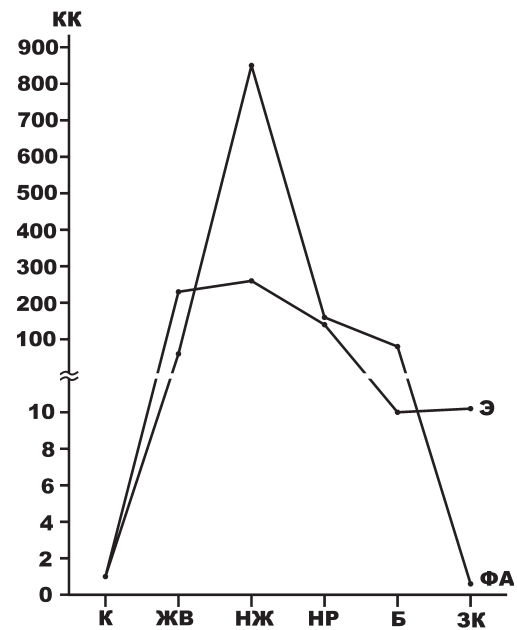


Рис. 13. Усредненные кларки концентрации микроэлементов в образцах мочи-1. Объекты сопоставления (по: Войткевич, Кокин, 1990): К — мочевые камни, ЖВ — живое вещество, НЖ — наземные животные, НР — наземные растения, Б — бактерии, ЗК — земная кора

Fig. 13. Averaged clark values of microelement concentrations in urine-1 samples. Objects of comparison (according to: Voitkevich, Kokin, 1990): К — urinary stones, ЖВ — living matter, НЖ — terrestrial animals, НР — terrestrial plants, Б — bacteria, ЗК — earth's crust

Таблица 16. Содержание микроэлементов (г/л) в образцах мочи-2 пациентов с пиелонефритом (11, 12)

Table 16. Content of trace elements (g/l) in urine-2 samples of patients with pyelonephritis (11, 12)

Элементы / Elements	Пациенты / Patients		Статистика / Statistics: $X \pm S_x$
	11	12	
Li	0.5	4.17	0.34 ± 2.59
Be	0.02	0.08	0.05 ± 0.04
As	21.06	28.64	24.85 ± 5.36
Se	0.49	0.16	0.33 ± 0.23
Rb	6.5	6	6.25 ± 0.35
Zn	1.63	3.75	2.69 ± 1.5
Mo	10.5	13.5	12 ± 2.12
Ag	1.26	0.45	0.86 ± 0.57
Cd	8.33	0.83	4.58 ± 5.3
Pb	0.15	0.05	0.1 ± 0.07
Th	0.009	0.007	0.008 ± 0.001
Сумма элементов Э Sum of E elements	50.45	57.64	54.04 ± 5.08
Hf	0.04	0.01	0.025 ± 0.02
Sn	0.01	0.05	0.03 ± 0.03
Sb	1.38	1.1	1.24 ± 0.2
Te	5	18	11.5 ± 9.19
Cs	0.36	0.75	0.56 ± 0.28
Ba	0.003	0.0001	0.002 ± 0.002
Sr	0.53	0.38	0.46 ± 0.11
Y	9.001	0.002	4.5 ± 0.36
Zr	0.005	0.007	0.006 ± 0.001
Ga	0.2	0.33	0.27 ± 0.09
Ti	0.38	0.55	0.47 ± 0.12
V	1.38	1.77	1.58 ± 0.28
Cr	0.6	0.35	0.48 ± 0.18
Co	0.05	0.02	0.04 ± 0.02
Ni	0.14	0.11	0.13 ± 0.02
Cu	0.19	0.001	0.1 ± 0.13



Продолжение таблицы 16
Continuation of table 16

Элементы / Elements	Пациенты / Patients		Статистика / Statistics: $X \pm S_x$
	11	12	
Сумма элементов ФА Sum of PA elements	19.27	23.43	21.35 ± 2.94
Nb	0.003	0.003	0.03
W	0.03	0.025	0.027 ± 0.004
Tl	0.07	0.04	0.055 ± 0.021
Ge	0.2	0.45	0.325 ± 0.177
Sc	0.21	0.4	0.305 ± 0.134
La	0.001	0.001	0.001
Ce	0.001	0.001	0.001
Pr	0.01	0.0002	0.005 ± 0.007
Nd	0.004	0.004	0.004
Sm	0.01	0.008	0.009 ± 0.001
Gd	0.065	0.023	0.044 ± 0.03
Dy	0.053	0.011	0.032 ± 0.03
Er	0.02	0.02	0.02
Yb	0.133	0.016	0.07 ± 0.08
Сумма элементов АБ Sum of AB elements	0.81	1.0	0.9 ± 0.14
Итого / Total	70.53	82.07	76.29 ± 8.16

ния мочи-2 эссенциальными микроэлементами превышает кларки в большинстве органических субстанций в 18–45 раз в последовательности «наземные растения < живое вещество < наземные животные». Рассматриваемая моча почти на два порядка уступает земной коре по содержанию элементов-антибиотиков и в 5 раз — по содержанию физиогенно-активных элементов, но в 1.5 раза превосходит ее по элементам-эссенциалам (рис. 14).

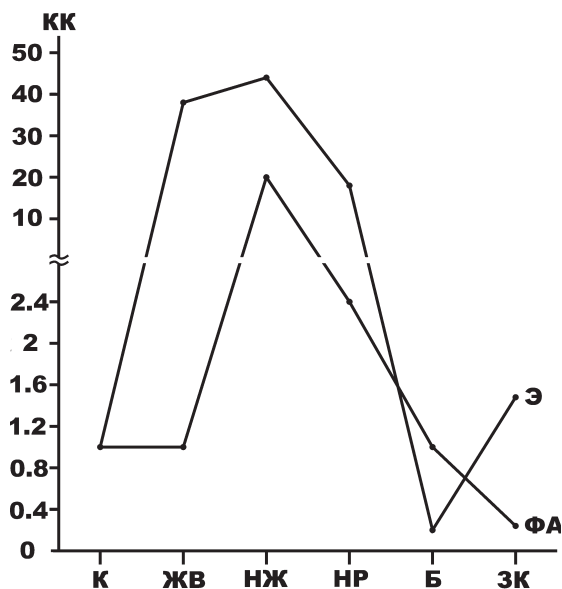


Рис. 14. Усредненные кларки концентрации микроэлементов в образцах мочи-2. Объекты сопоставления (по: Voitkevich, Kokin, 1990): К — мочевые камни, ЖВ — живое вещество, НЖ — наземные животные, НР — наземные растения, Б — бактерии, ЗК — земная кора

Fig. 14. Averaged clark values of microelement concentrations in urine-2 samples. Objects of comparison (according to: Voitkevich, Kokin, 1990): К — urinary stones, ЖВ — living matter, НЖ — terrestrial animals, НР — terrestrial plants, Б — bacteria, ЗК — earth's crust

Белковые аминокислоты

Важное значение в современных исследованиях органического вещества имеет анализ аминокислотного состава их белков (Амосова, Машина, 2020; Амосова, Шанина, 2018; Анищенко, Шанина, 2009, 2010; Бельская, Голованова, 2007; Изатулина, Голованова, 2007; Каткова, Симаков, 1998; Каткова, Шанина, 2019; Котельникова, 2018; Машина, Шанина, 2022; Шанина, Бушнев, 2016; Шанина, Голубев, 2022; Юшкин, 1999; Юшкин, Бушнев, 2006; Fuch, Berger, 2005; Kimura, Namase, 2016). В рамках нашего исследования аминокислотный состав органического вещества определялся в мочевых камнях, образцах мочи-1 и мочи-2, а также непосредственно в белках мочи-1.

В мочевых камнях установлено 15 аминокислот, в том числе 7 незаменимых (табл. 17). Сумма содержания всех кислот колеблется в пределах 13–37 мг/г, незаменимых — 4.67–14.38 мг/г. Размах колебаний групповых концентраций составляет в среднем около 15. Среднестатистический коэффициент вариации содержания аминокислот составляет (59 ± 23) %. Доля незаменимых кислот составляет в среднем 0.85. Последовательность снижения концентрации групп аминокислот: алифатические > кислые > имино > ароматические > гидроксильные > основные > алифатические серосодержащие. Аналогичный ряд для незаменимых кислот: лейцин > метионин > лизин > фенилаланин > треонин > валин > изолейцин. В нашем случае, что характерно для органического вещества в организме человека (Каткова, Шанина, 2019), только три аминокислоты — аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты — представлены обоими энантиомерами, отношения D/L (показатель хиральности) составляют в них соответственно 0–0.013, 0.038–0.055, 0–0.011.

В образцах мочи-1 установлены те же аминокислоты (табл. 18). Сумма содержания всех кислот варьируется в пределах 0.0552–0.4407 мг/г, а незаменимых кислот — 0.0235–0.1913 мг/г, что уступает данным для камней соответственно в 84–235 и 75–199 раз. Размах колебаний групповых концентраций аминокислот со-



Таблица 17. Содержание белковых аминокислот в мочевых камнях, мг/г

Table 17. Content of protein amino acids in urinary stones, mg/g

Аминокислоты / Amino acids	Объекты / Objects				X ± S _x , (V _x , %)
	2	4	6	7	
Глицин / Glycine	2.464	2.001	0.836	2.606	1.977 ± 0.803 (41)
L-аланин / L-alanine	0.677	3.36	0.987	1.273	1.574 ± 1.215 (77)
D-аланин / D-alanine	0	0	0.013	0.016	0.007 ± 0.008 (114)
L-валин* / L-valine*	0.822	1.456	0.469	1.107	0.964 ± 0.419 (43)
L-лейцин* / L-leucine*	1.46	4.031	1.247	2.231	2.242 ± 1.265 (56)
L-изолейцин* / L-isoleucine*	0.334	1.048	0.303	0.475	0.54 ± 0.347 (64)
Алифатические / Aliphatic	5.757	11.896	3.855	7.708	7.304 ± 3.442 (47)
L-метионин* / L-methionine*	0	1.416	0.306	0.235	2.086 ± 0.632 (30)
Алифатические серосодержащие / Aliphatic sulfur-containing	0	1.416	0.306	0.235	0.489 ± 0.632 (30)
L-фенилаланин* / L-phenylalanine*	0.764	2.059	0.725	1.096	1.161 ± 0.621 (53)
L-тирозин / L-tyrosine	0.806	3.72	1.225	1.462	1.803 ± 1.306 (72)
Ароматические / Aromatic	1.57	5.779	1.95	2.558	2.964 ± 1.92 (65)
L-лизин* / L-lysine*	0.764	3.593	1.314	1.946	1.904 ± 1.225 (64)
Основные / Essential	0.764	3.593	1.314	1.946	1.904 ± 1.225 (64)
L-аспарагиновая кислота / L-aspartic acid	1.107	3.201	1.335	1.665	1.827 ± 0.944 (52)
D-аспарагиновая кислота / D-aspartic acid	0.042	0.127	0.053	0.091	0.078 ± 0.039 (50)
L-глутаминовая кислота / L-glutamic acid	1.634	5.307	1.749	3.368	3.14 ± 1.721 (55)
D-глутаминовая кислота / D-glutamic acid	0	0.046	0	0.036	0.021 ± 0.024 (114)
Кислые / Acidic	2.783	8.682	3.137	0.297	3.725 ± 3.539 (95)
L-серин / L-serine	1.14	2.553	0.904	1.393	1.498 ± 0.731 (49)
L-треонин* / L-threonine*	0.862	1.829	0.642	1.179	1.128 ± 0.517 (46)
Гидроксильные / Hydroxyl	2.002	4.382	1.546	2.572	2.625 ± 1.243 (47)
L-пролин / L-proline	0.726	1.282	0.637	1.048	0.923 ± 0.297 (32)
Гидрокси-L-пролин / Hydroxy-L-proline	0.123	0	0.077	0.194	0.098 ± 0.081 (83)
Имино / Imino	0.849	1.282	0.714	1.242	1.022 ± 0.283 (28)
Сумма / Total	13.725	37.029	12.822	24.558	22.034 ± 11.33 (51)

Примечание. Звездочкой отмечены незаменимые кислоты, жирным шрифтом — группы аминокислот.

Note. Essential acids are marked with an asterisk; amino acid groups are shown in bold.

Таблица 18. Содержание аминокислот в образцах мочи-1, мг/г

Table 18. Amino acid content in urine-1 samples, mg/g

Аминокислоты / Amino acids	Объекты / Objects										X ± S _x , (V _x , %)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Глицин / Glycine	0.0048	0.0096	0.0112	0.012	0.0081	0.021	0.0041	0.0124	0.0037	0.007	0.0094 ± 0.0051 (55)
L-аланин / L-alanine	0.0097	0.0206	0.0115	0.0256	0.0118	0.0448	0.0106	0.0135	0.0096	0.0157	0.0173 ± 0.0109 (63)
D-аланин / D-alanine	0.001	0.0006	0.0009	0.0014	0.0009	0.0011	0	0	0.0003	0.0009	0.0007 ± 0.0005 (66)
L-валин* / L-valine*	0.0019	0.0294	0.0034	0.0104	0.0023	0.0244	0.0149	0.0033	0.0016	0.0034	0.0095 ± 0.0102 (185)
L-лейцин* / L-leucine*	0.0043	0.0146	0.008	0.0215	0.0053	0.0517	0.006	0.008	0.0038	0.0094	0.0133 ± 0.0145 (100)
L-изолейцин* / L-isoleucine*	0.0012	0.0053	0.0017	0.0062	0.001	0.0123	0.0006	0.0012	0.0008	0.0026	0.0033 ± 0.0037 (113)
Алифатические / Aliphatic	0.0229	0.0801	0.0367	0.0771	0.0294	0.1553	0.0331	0.0364	0.198	0.039	0.0739 ± 0.0664 (90)
L-метионин* / L-methionine*	0.0058	0.0137	0.0043	0.0063	0	0	0.0035	0	0.0086	0.0053	0.0048 ± 0.0043 (91)
Алифатические серосодержащие / Aliphatic sulfur-containing	0.0058	0.0137	0.0043	0.0063	0	0	0.0035	0	0.0086	0.0053	0.0048 ± 0.0043 (91)
L-фенилаланин* / L-phenylalanine*	0.003	0.0078	0.0046	0.0132	0.0032	0.0285	0.002	0.0057	0.0031	0.0056	0.0077 ± 0.0008 (104)
L-тирозин / L-tyrosine	0.0019	0.0021	0.0055	0.013	0.0038	0.0355	0.0007	0.0075	0.002	0.0074	0.0079 ± 0.0104 (131)
Ароматические / Aromatic	0.0049	0.0099	0.0101	0.0262	0.007	0.064	0.0027	0.0132	0.0051	0.013	0.0156 ± 0.0182 (117)



Продолжение таблицы 18

Continuation of table 18

Аминокислоты Amino acids	Объекты / Objects										$X \pm S_x (V_x, \%)$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
L-лизин* L-lysine*	0.0054	0.0128	0.0135	0.0277	0.0077	0.0482	0.0024	0.0162	0.0057	0.0154	0.0155 ± 0.0136 (88)
Основные Essential	0.0054	0.0128	0.0135	0.0277	0.0077	0.0482	0.0024	0.0162	0.0057	0.0154	0.0155 ± 0.0136 (88)
L-аспарагиновая кислота L-aspartic acid	0.003	0.011	0.008	0.0192	0.0057	0.0358	0.0021	0.0063	0.0033	0.0087	0.0103 ± 0.0102 (99)
D-аспарагиновая кислота D-aspartic acid	0.0001	0.0004	0.0003	0.0006	0	0.0009	0	0	0	0.0002	0.0002 ± 0.0003 (124)
L-глутаминовая кислота L-glutamic acid	0.0063	0.0171	0.0132	0.029	0.0103	0.0544	0.0057	0.0131	0.0071	0.0143	0.0171 ± 0.0148 (87)
D-глутаминовая кислота D-glutamic acid	0.0001	0.001	0.0009	0.0014	0	0	0	0	0	0.0011	0.0004 ± 0.0006 (127)
Кислые / Acidic	0.0095	0.0295	0.0224	0.0502	0.016	0.0911	0.0078	0.0194	0.0104	0.0243	0.0281 ± 0.0254 (90)
L-серин / L-serine	0.003	0.0075	0.009	0.0123	0.0068	0.0307	0.0024	0.0053	0.0035	0.0062	0.0087 ± 0.0083 (96)
L-треонин* L-threonine*	0.0019	0.0069	0.0043	0.0109	0.0022	0.0262	0.0019	0.003	0.0069	0.0048	0.0075 ± 0.0076 (102)
Гидроксильные Hydroxyl	0.0049	0.0144	0.0133	0.0232	0.009	0.0569	0.0043	0.0083	0.0104	0.011	0.0156 ± 0.0155 (99)
L-пролин L-proline	0.0026	0.0067	0.0048	0.0116	0.0029	0.0236	0.0014	0.0037	0.0024	0.0045	0.0064 ± 0.0067 (104)
Гидрокси- L-пролин Hydroxy-L-proline	0.0005	0.0007	0.0006	0.0015	0.0009	0.0016	0	0.0008	0.0007	0.0008	0.0008 ± 0.0005 (57)
Имино / Imino	0.0031	0.0074	0.0054	0.0131	0.0038	0.0252	0.0014	0.0045	0.0031	0.0053	0.0072 ± 0.0071 (98)
Сумма / Total	0.0565	0.1678	0.1057	0.2238	0.0729	0.4407	0.0552	0.098	0.2413	0.1133	0.1575 ± 0.1191 (76)

ставляет в среднем около 10. Среднестатистический коэффициент вариации содержаний кислот составляет $(93 \pm 33) \%$. Доля незаменимых кислот определяется в среднем как 0.93, т. е. в моче пациентов с мочекаменной болезнью доля незаменимых аминокислот выше, чем в собственно камнях. Последовательность снижения концентраций групп аминокислот: алифатические > кислые > ароматические > гидроксильные > основные > имино > алифатические серосодержащие. Этот ряд почти совпадает с аналогичным рядом для камней, отличаясь только дефицитом группы имино. Последовательность снижения концентраций незаменимых кислот имеет в рассматриваемом случае следующий вид: лизин > лейцин > валин > фенилаланин > треонин > метионин > изолейцин. То есть моча-1 отличается от камней дефицитом метионина. Так же как в камнях, в этой моче аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты представлены обоими энантиомерами, отношения D/L в них составляют соответственно $0-0.103$, $0-0.038$, $0-0.159$.

В собственно белках мочи-1 (табл. 19) сумма содержаний всех аминокислот достигает $27.74-286.43$ мг/г, а незаменимых — $11.55-124.28$ мг/г, что превышает данные для камней соответственно в 2–8 и 2.5–9 раз, а для мочи-1 соответственно в 533–650 и 491–650 раз. Размах колебаний групповых концентраций составля-

ет в среднем около 10. Среднестатистический коэффициент вариации содержаний аминокислот оценивается в $(92 \pm 27) \%$. Доля незаменимых кислот в проанализированных белках составляет в среднем 0.42, что гораздо ниже, чем в моче-1 и камнях. Последовательность снижения концентрации групп аминокислот в мочевых белках: алифатические > кислые > ароматические > основные > гидроксильные > имино > алифатические серосодержащие. Это практически совпадает с последовательностью в моче. Аналогичная последовательность незаменимых кислот в белках тождественна таковой в моче: лизин > лейцин > валин > фенилаланин > треонин > метионин > изолейцин. В мочевых белках, так же как в камнях и моче, аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты представлены обоими энантиомерами, отношения D/L в них составляют соответственно $0-0.105$, $0-0.04$, $0-0.07$.

В образцах мочи-2 больных хроническим пиелонефритом (табл. 20) установлен тот же набор аминокислот. Сумма содержаний всех аминокислот составляет $0.0974-0.233$ мг/г, что в 1.5 раза меньше, чем в моче-1. Размах колебаний групповых концентраций достигает в среднем 19, что почти в два раза больше, чем в моче-1. Среднестатистический коэффициент вариации содержаний аминокислот определяется как $82 \pm 37 \%$, что уступает такому показателю в моче-1. Сумма



Таблица 19. Содержание аминокислот непосредственно в белках образцов мочи-1, мг/г

Table 19. Content of amino acids directly in proteins of urine-1 samples, mg/g

Аминокислоты Amino acids	Объекты / Objects										X ± S _x (V _x , %)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Глицин / Glycine	2.37	4.72	6.03	6.84	13.95	13.67	5.99	4.05	4.5	3.9	6.002 ± 4.005 (67)
L-аланин / L-alanine	4.76	10.14	6.16	14.59	20.29	29.12	15.5	4.41	11.71	8.81	12.549 ± 7.714 (61)
D-аланин / D-alanine	0.5	0.28	0.47	0.82	1.48	0.71	0	0	0.37	0.5	0.513 ± 0.431 (84)
L-валин* / L-valine*	0.92	14.49	1.83	5.95	3.88	15.87	21.77	1.08	1.91	1.93	6.963 ± 7.558 (108)
L-лейцин* / L-leucine*	2.12	7.21	4.26	12.26	9.16	33.61	4.28	1.96	4.63	5.3	8.479 ± 9.376 (111)
L-изолейцин* / L-isoleucine*	0.57	2.62	0.9	3.56	1.64	7.99	0.92	0.39	1.03	1.46	2.108 ± 2.284 (108)
Алифатические Aliphatic	11.24	39.46	19.68	44.02	50.4	100.97	48.46	11.89	24.15	21.9	37.217 ± 26.761 (72)
L-метионин* / L-methionine*	2.86	6.72	2.33	3.6	0	0	5.15	0	10.54	3.0	3.42 ± 3.356 (98)
Алифатические серосодержащие Aliphatic sulfur-containing	2.86	6.72	2.33	3.6	0	0	5.15	0	10.54	3.0	3.42 ± 3.356 (98)
L-фенилаланин* L-phenylalanine*	1.45	3.86	2.45	7.53	5.55	18.49	2.96	1.85	3.77	3.15	5.106 ± 5.033 (99)
L-тирозин / L-tyrosine	0.91	1.02	2.97	7.44	6.46	23.07	1.04	2.45	2.5	4.16	5.202 ± 6.667 (128)
Ароматические / Aromatic	2.36	4.88	5.42	14.97	12.01	41.56	4.0	4.3	6.27	7.31	10.808 ± 8.489 (108)
L-лизин* / L-lysine*	2.67	6.28	7.21	15.8	13.15	31.31	3.47	5.31	6.98	8.63	10.081 ± 8.489 (84)
Основные / Essential	2.67	6.28	7.21	15.8	13.15	31.31	3.47	5.31	6.98	8.63	10.611 ± 8.827 (83)
L-аспарагиновая кислота L-aspartic acid	1.46	5.43	4.26	10.92	9.73	23.24	3.02	2.04	3.98	4.89	6.897 ± 6.507 (94)
D-аспарагиновая кислота D-aspartic acid	0.06	0.17	0.16	0.36	0	0.61	0	0	0	0.1	0.146 ± 0.199 (136)
L-глутаминовая кислота L-glutamic acid	3.09	8.44	7.08	16.53	17.67	35.37	8.28	4.27	8.69	8.03	11.745 ± 9.515 (81)
D-глутаминовая кислота D-glutamic acid	0.06	0.48	0.46	0.82	0	0	0	0	0	0.61	0.243 ± 0.316 (130)
Кислые / Acidic	4.67	14.52	11.96	28.63	27.4	59.22	11.3	6.31	12.67	13.67	19.035 ± 16.141 (85)
L-серин / L-serine	1.48	3.69	4.83	7.0	11.67	19.95	3.53	1.74	4.32	3.5	6.171 ± 5.656 (92)
L-треонин* / L-threonine*	0.96	3.39	2.32	6.19	3.74	17.01	2.76	0.97	2.3	2.71	4.404 ± 4.984 (113)
Гидроксильные Hydroxyl	2.44	7.08	7.15	13.19	15.41	36.96	6.29	2.71	6.62	6.21	10.406 ± 10.171 (98)
L-пролин / L-proline	1.27	3.28	2.6	6.61	4.91	15.35	1.97	1.2	2.99	2.53	4.271 ± 4.227 (99)
Гидрокси-L-пролин Hydroxy-L-proline	0.23	0.32	0.35	0.88	1.54	1.06		0.25	0.84	0.45	0.658 ± 0.451 (68)
Имино / Imino	1.5	3.6	2.95	7.49	6.45	16.41	1.97	1.45	3.83	2.98	4.863 ± 4.521 (93)
Сумма / Total	27.74	82.54	56.7	127.7	124.82	286.43	80.64	31.97	71.06	63.66	95.326 ± 74.895 (78)
Масса белка в исследованных образцах, г Protein mass in the studied samples, g	0.002	0.002	0.0019	0.0021	0.0005	0.0013	0.0006	0.0017	0.0007	0.0022	0.002 ± 0.0007

Таблица 20. Содержание аминокислот в образцах мочи-2, мг/г

Table 20. Amino acid content in urine-2 samples, mg/g

Аминокислоты / Amino acids	Образцы / Samples		X ± S _x (V _x , %)
	11	12	
Глицин / Glycine	0.006	0.013	0.0095 ± 0.0049 (52)
L-аланин / L-alanine	0.0141	0.037	0.0255 ± 0.0162 (63)
D-аланин / D-alanine	0	0.0015	0.0007 ± 0.0011 (141)
L-валин* / L-valine*	0.0122	0.0106	0.0114 ± 0.0011 (10)
L-лейцин* / L-leucine*	0.0064	0.0211	0.0137 ± 0.0104 (75)
L-изолейцин* / L-isoleucine*	0.0019	0.0064	0.0041 ± 0.0032 (77)
Алифатические / Aliphatic	0.0406	0.0896	0.0651 ± 0.0346 (53)
L-метионин* / L-methionine*	0.0012	0.0057	0.0034 ± 0.0032 (92)
Алифатические серосодержащие / Aliphatic sulfur-containing	0.0012	0.0057	0.0034 ± 0.0032 (92)
L-фенилаланин* / L-phenylalanine*	0.004	0.0118	0.079 ± 0.0055 (70)
L-тирозин / L-tyrosine	0.0004	0.0135	0.0069 ± 0.0093 (133)
Ароматические / Aromatic	0.0044	0.0253	0.0148 ± 0.0148 (99)



Аминокислоты / Amino acids	Образцы / Samples		X ± S _x (V _x , %)
	11	12	
L-лизин* / L-lysine*	0.0027	0.0217	0.0122 ± 0.0134 (110)
Основные / Essential	0.0027	0.0217	0.0122 ± 0.0134 (110)
L-аспарагиновая кислота / L-aspartic acid	0.0034	0.0186	0.011 ± 0.0107 (98)
D-аспарагиновая кислота / D-aspartic acid	0	0.0006	0.0003 ± 0.0004 (140)
L-глутаминовая кислота / L-glutamic acid	0.0069	0.0259	0.0164 ± 0.0134 (82)
D-глутаминовая кислота / D-glutamic acid	0	0	0
Кислые / Acidic	0.0103	0.0554	0.0328 ± 0.0319 (97)
L-серин / L-serine	0.0039	0.0129	0.0084 ± 0.0064 (76)
L-треонин* / L-threonine*	0.032	0.0116	0.0218 ± 0.0144 (66)
Гидроксильные / Hydroxyl	0.0359	0.0245	0.0302 ± 0.0081 (27)
L-пролин / L-proline	0.0023	0.01	0.0061 ± 0.005 (82)
Гидрокси-L-пролин / Hydroxy-L-proline	0	0.0009	0.0005 ± 0.0006 (142)
Имино / Imino	0.0023	0.0109	0.0066 ± 0.0061 (92)
Сумма / Total	0.0974	0.233	0.1652 ± 0.0959 (58)

содержаний независимых кислот в моче-2 составляет 0.0384–0.1109 мг/г, что дает 0.88 общего баланса аминокислот. Это ниже, чем в моче-1. Последовательность снижения концентрации групп аминокислот: алифатические > кислые > гидроксильные > ароматические > основные > имино > алифатические серосодержащие. Здесь в сравнении с образцами мочи-1 поменялись местами гидроксильные (их стало больше) и ароматические кислоты. Последовательность незаменимых аминокислот в моче-2 специфична: треонин > лейцин > лизин > валин > фенилаланин > > изолейцин > метионин. Здесь особенность состоит в том, что в моче-2 наибольшее содержание не у алифатической, а у гидроксильной незаменимой кислоты. Кроме того, в этой моче только две аминокислоты — аланин и аспарагиновая кислота — представлены обоими энантиомерами, отношения D/L в них составляют соответственно 0–0.0415 и 0–0.032.

Обобщение полученных данных приводит к следующему выводу. Среди исследованных объектов по свойствам аминокислотности объединяются три, относящиеся к пациентам с мочекаменной болезнью и образующие более или менее упорядоченную последовательность: белки мочи-1 → мочевые камни → моча-1. В направлении этой последовательности более или менее упорядоченно снижается сумма содержаний аминокислот (очень резко при переходе к моче), аналогичным образом падает сумма содержаний незаменимых кислот, возрастает доля незаменимых кислот в их общей сумме. Последовательности снижения концентраций групп аминокислот в белках мочи-1 и собственно моче-1 практически тождественны, а в мочевых камнях концентрация отличается аномально высоким содержанием метионина. Аналогично ведут себя величина колебаний содержаний кислот (достигает максимума в камнях) и коэффициентов их вариации (минимален в камнях). Степень хиральности в аланине, аспарагиновой и глутаминовой кислотах минимальна и примерно одинакова. Как известно, это свойство аминокислот в живых организмах и минерализациях часто объясняют старением (Huskic, Resov, 2016; Hassan, Jaleel, 2014). Однако в нашем случае корреляции между возрастом пациентов и степенью хиральности не выявляется. Вероятной причи-

ной появления D-энантиомера в аминокислотах изученных образцов может являться участие в жизнедеятельности человека бактерий, в аминокислотах которых всегда есть D-энантиомеры (Машина, Шанина, 2022).

Остается отметить особенности аминокислотного состава образцов мочи-2 пациентов с хроническим пиелонефритом. В этом случае суммарное содержание аминокислот и содержание незаменимых кислот примерно совпадают с таковыми в образцах мочи-1, но значительно (почти в 2 раза) возрастает размах колебаний содержаний, увеличивается групповая доля гидроксильных аминокислот и особенно резко возрастает содержание треонина среди незаменимых кислот.

Изотопия

Изотопный состав углерода и азота определялся в органическом веществе мочевых камней и моче-1 пациентов с мочекаменной болезнью (табл. 21), а также моче-2 пациентов с хроническим пиелонефритом (табл. 22). Согласно полученным данным (рис. 15), мочевые камни характеризуются относительно изотопно-тяжелым составом углерода, но изотопно-легким составом азота. Моча-1 более изотопно-легкая по углероду, но более изотопно-тяжелая по азоту. Моча-2 наиболее изотопно-легкая по углероду и изотопно-легкая на уровне мочевых камней по азоту. В целом исследованные нами объекты по изотопному составу весьма специфичны и отличаются как от органического вещества человеческих костей — гораздо более изотопно-тяжелые по азоту (Силаев, Белицкая, 2019), ископаемых копролитов — более изотопно-тяжелые по углероду (Силаев, Юшкин, 2019), так и от земной атмосферы ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -5...-8 \text{ ‰}$; $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 5-8 \text{ ‰}$) и углеродного вещества в осадочных горных породах ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = -15-2 \text{ ‰}$; $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = \text{от } -12 \text{ до } 12 \text{ ‰}$) (Силаев, Смолева, 2012). Как ни странно, но наиболее близкими к изученному органическому веществу по изотопным данным оказались выявленные нами в продуктах современного вулканизма абиогенные органические полимеры, в которых $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ лежит в пределах $-27...-25 \text{ ‰}$ (Силаев, Аникин, 2018).

Таблица 21. Изотопный состав углерода и азота в органическом веществе мочевых камней и мочи-1, ‰
Table 21. Isotopic composition of carbon and nitrogen in the organic matter of urinary stones and urine-1, ‰

№ обр. / Sample No.	Камни / Stones		Моча-1 / Urine-1	
	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$
1	-23.46	7.86	-24.59	6.04
2	-19.08	-1.05	-24.55	6.37
3	-22.32	4.62	-22.05	7.35
4	-21.89	н. о.	-25.41	7.99
5	-19.72	-0.89	-22.58	11.47
6	-21.11	-6.8	-23.8	н. о.
7	-19.56	-1.33	-23.16	2.45
8	-21.83	2.91	-23.78	3.58
9	-21.88	0.29	-22.71	10.69
10	-17.91	0.02	-24.38	4.37
Среднее / Average	-20.88	2.14	-23.7	6.7
СКО / SD	1.73	3.54	1.06	3.05
V, %	8.3	165.4	4.5	45.5
Коэффициент корреляции Correlation coefficient	-0.57		0.11	

Таблица 22. Изотопный состав углерода и азота в органическом веществе мочи-2, ‰
Table 22. Isotopic composition of carbon and nitrogen in organic matter of urine-2, ‰

№ обр / Sample No.	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$	$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}}$
11	-25.29	1.37
12	-26.12	3.93
Среднее / Average	-25.7	2.65
СКО / SD	0.58	1.81
V _x , %	2.3	68.3

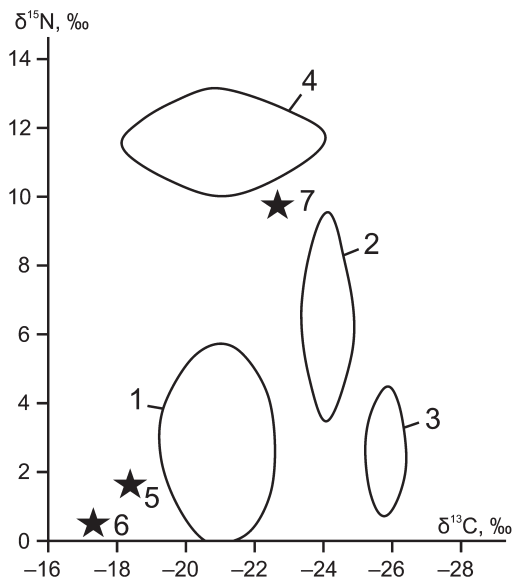


Рис. 15. Статистика изотопного состава углерода и азота в органическом веществе мочевых камней и образцах мочи: 1 — мочевые камни; 2 — моча пациентов с мочекаменной болезнью; 3 — моча пациентов с хроническим пиелонефритом; 4 — кости человека; 5—7 — мочевые камни сульфатно-уратно-фосфатные (5), уратно-сульфатно-фосфатные (6) и опал-фосфатные (7) (по: Силаев, Кокин, 2021)

Fig. 15. Statistics of the isotopic composition of carbon and nitrogen in the organic matter of urinary stones and urine samples: 1 — urinary stones; 2 — urine of patients with urolithiasis; 3 — urine of patients with chronic pyelonephritis; 4 — human bones; 5—7 — sulfate-urate-phosphate (5), urate-sulfate-phosphate (6) and opal-phosphate (7) urinary stones (according to: Silaev, Kokin, 2021)

Заключение

С использованием широкого комплекса минералогических и физико-химических методов изучена эталонная коллекция образцов мочевых камней мужчин и женщин в возрасте 27—83 лет и мочи пациентов с мочекаменной болезнью и хроническим пиелонефритом. Мочевые камни характеризуются преимущественно светлой окраской и округлой формой, широко варьируются по внутреннему строению. В их составе выявлено до 14 фаз: органическое вещество с урицитом и эритроцитами, водные кальциевые оксалаты, силикаты и алюмосиликаты, металлоорганические соединения, металлические фазы, гидросульфаты и фосфаты, биоапатит, фосфатосульфаты бария, сульфиды, гидрокси- и гидроген-хлориды, сульфато-силикатофосфаты, магнетит, кремниевая фаза. По характеру распределения выявленных фаз исследуемые мочевые камни подразделяются на два типа: 1) многофазные (от 6 до 14), равномерно распределенные между мужчинами и женщинами в возрасте 27—83 лет; 2) ограниченно-фазные (3—5), преимущественно мужские. В целом обнаруженные в составе мочевых камней биоминералы охватывают практически всю современную номенклатуру минеральных типов. Исследованная моча состояла на 75—77 % из воды, в состав примесей входили Cl, SO₃, P₂O₅, FeO, Na₂O, K₂O, CaO, MgO, NH₄ — важнейшие компоненты и мочевых камней.

В мочевых камнях выявлены 18 микроэлементов, почти исключительно органофильных: 46 % — эссенциальные, 54 % физиогенно-активные. В моче-1 обнаружен 41 органофильный микроэлемент с сильным преобладанием (86 %) эссенциальных элементов. По степени суммарного обогащения микроэле-



ментами моча-1 преобладает над мочевыми камнями в 26 раз. В моче-2 установлен также 41 органогфильный микроэлемент с преобладанием (75 %) эссенциальных элементов. По степени суммарного обогащения микроэлементами образцы мочи-2 в два раза уступают мочевым камням и в 49 раз — образцам мочи-2.

Исследованные объекты, относящиеся к пациентам с мочекаменной болезнью, по свойствам белковых аминокислот образуют довольно упорядоченную последовательность: *белки мочи-1* → *мочевые камни* → *моча-1*. В направлении этой последовательности снижается сумма содержаний аминокислот (очень резко при переходе к моче), аналогичным образом падает сумма содержаний незаменимых кислот, но возрастает их доля в общей сумме аминокислот. Очевидно, что это обусловлено последовательностью снижения в объектах содержания белков. Последовательности снижения концентраций групп аминокислот в белках мочи-1 и собственно моче-1 практически тождественны, а в мочевых камнях аналогичная последовательность отличается только аномально высоким содержанием метионина. Аналогично ведут себя размах колебаний содержаний кислот (достигает максимума в камнях) и коэффициент их вариации (минимален в камнях). Степень хиральности в аланине, аспарагиновой и глутаминовой кислотах минимальна и примерно одинакова. Вероятной причиной появления D-энантиомера в аминокислотах изученных образцов может являться участие в жизнедеятельности человека бактерий. В целом информация об аминокислотном составе свидетельствует о высокой степени сходства мочи-1 и мочевых камней. В образцах мочи-2 пациентов с хроническим пиелонефритом суммарное содержание аминокислот и содержание незаменимых кислот примерно совпадают с таковыми в образцах мочи-1, но значительно (почти в 2 раза) возрастает размах колебаний содержаний, увеличивается групповая доля гидроксильных аминокислот и особенно резко возрастает содержание треонина среди незаменимых кислот.

Мочевые камни характеризуются относительно изотопно-тяжелым составом углерода, но изотопно-легким составом азота; моча-1 более изотопно-легкая по углероду, но более изотопно-тяжелая по азоту; моча-2 наиболее изотопно-легкая по углероду и изотопно-легкая на уровне мочевых камней по азоту. В целом исследованные объекты по изотопному составу весьма специфичны, отличаясь от органического вещества человеческих костей, ископаемых копролитов, земной атмосферы и углеродного вещества в осадочных горных породах. Но при этом они обнаруживают близость по изотопному составу углерода с абиогенными органическими полимерами в продуктах современного вулканизма. Представленные данные достаточно хорошо согласуются с современными представлениями о непрерывном процессе обмена веществом практически всех геосфер Земли (Кокин, 2024).

Результаты междисциплинарного исследования показывают следующее. Если в условиях земной коры источником энергии образования минеральных видов выступают физико-химические процессы в её геологической истории, то в организме человека биоэнергетический и биохимический потенциал выполняет ту

же работу, но по синтезу металлоорганических соединений и других минералоидов. В условиях, близких к равновесному состоянию, в организме человека и земной коре не происходит существенных сдвигов, вызывающих минералообразование. В неравновесных термодинамических условиях земной коры под влиянием обменных эндогенных физико-химических и геологических процессов формируется все многообразие пород, руд и минералов. Подобное состояние наблюдается и в организме человека, но при нарушениях обменных биохимических процессов под влиянием особенностей питания, различных заболеваний, колебаний pH и Eh среды, жизнедеятельности бактерий, изменений в окружающей среде. В организме человека происходит сброс органоминеральных образований из водно-солевого раствора по всей разветвлённой сети сосудов и каналов, что приводит к возникновению мочекаменной и желчнокаменной болезней, отложению солей в кровеносных сосудах. То есть практически в организме человека возникают условия для минералообразования, имеющего принципиальное подобие с минералообразованием в геологических условиях (коэволюция минерального и биологического миров по Н. П. Юшкину). Однако концентрации органогфильных элементов и соответствующих им биоминералов в организме человека могут многократно превышать таковые в геологических условиях. То есть потенциал живого для экстракции ряда химических элементов из водных растворов при образовании конкрементов может оказаться более эффективным, чем рудообразование в геологических условиях.

Все это лишний раз подтверждает известные положения о том, что «природа транслирует подобие своей организации на любом уровне вещества в рамках её фундаментальных законов» (Кокин, Кокин, 2022). Следовательно, продемонстрированные нами междисциплинарные исследования могут быть полезными не только для минералогов, биологов и медиков, но и для геологов в части изучения осадочных рудных месторождений, образовавшихся при участии живого вещества.

Исследования выполнены в рамках бюджетной темы 122040600009-2 «Фундаментальные проблемы минералогии и минералообразования, минералы как индикаторы петро- и рудогенеза, минералогия рудных районов и месторождений Тимано-Североуральского региона и арктических территорий».

Литература / References

- Амосова О. Е., Машина Е. В., Шанина С. Н. Аминокислоты как биомаркеры фазового состава холелитов // Вестник геонаук. 2020. № 10. С. 22—29. DOI: 10.19110/geov.2020.10.3
- Amosova O. E., Mashina E. V., Shanina S. N. Amino Acids as Biomarkers of the Phase Composition of Choleliths. Vestnik of Geosciences. 2020;10:22-29. Russian.
- Амосова О. Е., Шанина С. Н., Каткова В. И. Многомерный статистический анализ аминокислотного состава урелитов // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии: Материалы минералогического семинара с международным участием (Юшкинские чтения — 2018). Сыктывкар, 2018. С. 127—128.

- Amosova O. E., Shanina S. N., Katkova V. I. Multivariate Statistical Analysis of the Amino Acid Composition of Uroliths. *Modern Problems of Theoretical, Experimental, and Applied Mineralogy: Proceedings of the Mineralogical Seminar with International Participation (Yushkin Readings — 2018)*. Syktyvkar; 2018. p. 127–128. Russian.
- Анищенко Л. А., Шанина С. Н. Аминокислоты как возможные индикаторы условий накопления и консервации органического вещества // *Органическая минералогия: Материалы российского совещания*. Сыктывкар, 2009. С. 71–74.
- Anishchenko L. A., Shanina S. N. Amino Acids as Possible Indicators of Organic Matter Accumulation and Conservation Conditions. *Organic Mineralogy: Proceedings of the Russian Meeting*. Syktyvkar; 2009. p. 71–74. Russian.
- Анищенко Л. А., Шанина С. Н. Аминокислоты в недрах: результаты исследования и перспективы изучения // *Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН*. 2010. № 9. С. 34–35.
- Anishchenko L. A., Shanina S. N. Amino Acids in the Subsoil: Research Results and Prospects. *Vestnik of IG Komi SC UB RAS*. 2010;9:34–35. Russian.
- Архипенко Д. К., Бокий Г. Б., Пальчик Н. А., Корнева Т. А. Модель термического разрушения структуры ярозита по данным ИК-спектроскопии и рентгенографии // *Известия АН СССР. Неорганические материалы*. 1982. № 1. С. 126–129.
- Arkhipenko D. K., Bokiya G. B., Palchik N. A., Korneva T. A. Model of Thermal Destruction of the Jarosite Structure Based on IR Spectroscopy and X-ray Diffraction Data. *Proc. of the USSR AS. Inorganic Materials*; 1982;1:126–129. Russian.
- Бельская Л. В., Голованова О. А. Особенности аминокислотного состава зубных и слюнных камней // *Минералогия и жизнь — происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биология: Материалы IV Международного минералогического семинара*. Сыктывкар, 2007. С. 81–82.
- Belskaya L. V., Golovanova O. A. Features of the Amino Acid Composition of Dental and Salivary Stones. *Mineralogy and Life — the Origin of the Biosphere and the Coevolution of the Mineral and Biological Worlds, Biology: Proceedings of the IV International Mineralogical Seminar*. Syktyvkar; 2007. p. 81–82. Russian.
- Боровкова Е. В. Морфологические типы желчных камней // *Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН*. 2004. № 8. С. 13–14.
- Borovkova E. V. Morphological types of gallstones. *Vestnik of the Institute of Geology Komi SC UB RAS*. 2004;8:13–14. Russian.
- Боровкова Е. В., Филиппов В. Н. Микровключения в пигментном холелите // *Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН*. 2009. № 8. С. 9–11.
- Borovkova E. V., Filippov V. N. Microinclusions in pigmented cholelith. *Vestnik of the Institute of Geology Komi SC UB RAS*. 2009;8:9–11. Russian.
- Бородулин В. Б., Глыбочко П. В., Дудакова Ю. С. Гипотеза биохимических механизмов образования почечных камней // *Урология*. 2009. № 3. С. 77–81.
- Borodulin V. B., Glybochko P. V., Dudakova Yu. S. Hypothesis of biochemical mechanisms of kidney stone formation. *Urology*. 2009;3:P. 77–81. Russian.
- Брик А. Б., Радчук В. В., Клименко А. П., Калиниченко А. М., Багмут Н. Н. Исследования биоминералов, локализованных в организме человека, в связи с решением экологических и медицинских проблем // *Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров: Материалы IV Международного семинара*. Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 159–160.
- Brik A. B., Radchuk V. V., Klimenko A. P., Kalinichenko A. M., Bagmut N. N. Studies of biominerals localized in the human body in connection with solving environmental and medical problems. *Mineralogy and Life: The Origin of the Biosphere and the Coevolution of the Mineral and Biological Worlds: Proceedings of the IV International Seminar*. Syktyvkar: Geoprint; 2007. pp. 159–160. Russian.
- Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г. Справочник по геохимии. М.: Недра, 1990. 480 с.
- Voitkevich, G. V., Kokin, A. V., Miroshnikov, A. E., Prokhorov, V. G. *Handbook of Geochemistry*. Moscow: Nedra; 1990. 480 p. Russian.
- Волков В. Т., Волкова Н. Н., Смирнов Г. В., Полиенко А. К., Ермолаев Е. 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.
- Volkov V. T., Volkova N. N., Smirnov G. V., Polienko A. K., Ermolaev E. A., Bakirov A. G., Medvedev M. A., Rikhvanov L. P., Sukhikh Yu. I. *Biom mineralization in the Human and Animal Body*. Tomsk: Tandem-Art; 2004. 498 p. Russian.
- Иванов К. С., Биглов К. Ш., Ерохин Ю. В. Микроэлементный состав нефтей Республики Татарстан (на примере Ромашкинского месторождения) // *Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН*, 2013. № 6. С. 2–6.
- Ivanov K. S., Biglov K. Sh., Erokhin Yu. V. Microelement Composition of Oils from the Republic of Tatarstan (using the Romashkinskoye Field as an Example). *Vestnik of IG Komi SC UB RAS*. 2013;6:2–6. Russian.
- Изатулина А. Р., Голованова О. А., Пунин Ю. О., Штукенберг А. Г. Влияние аминокислот на формирование оксалатных почечных камней // *Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия: Материалы IV Международного семинара*. Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 175–176.
- Izatulina A. R., Golovanova O. A., Punin Yu. O., Shtukenberg A. G. Effect of amino acids on the formation of oxalate kidney stones. *Mineralogy and life: the origin of the biosphere and the coevolution of the mineral and biological worlds, biomineralogy: Proceedings of the IV International seminar*. Syktyvkar: Geoprint; 2007. p. 175–176. Russian.
- Изатулина А. Р., Гуржий В. В., Кржижановская М. Г., Франк-Каменецкая О. В. Кристаллохимия органических минералов мочевой системы человека // *Органическая минералогия: Материалы V Всероссийского совещания с международным участием, Пушкино, 2014*. С. 42–43.
- Izatulina A. R., Gurzhii V. V., Krzhizhanovskaya M. G., Frank-Kamenetskaya O. V. Crystal chemistry of organic minerals of the human urinary system. *Organic mineralogy: Proceedings of the V All-Russian conference with international participation, Pushchino*; 2014. p. 42–43. Russian.



- Каткова В. И.* Мочевые камни: минералогия и генезис. Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН, 1996. 86 с.
Katkova V. I. Urinary stones: mineralogy and genesis. Syktyvkar: Publishing House of the Komi SC UB RAS; 1996. 86 p. Russian.
- Каткова В. И., Боровкова Е. В.* Пигментные холелиты // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия: Материалы IV Международного семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 178—179.
Katkova V. I., Borovkova E. V. Pigment choleliths. Mineralogy and Life: The Origin of the Biosphere and Coevolution of the Mineral and Biological Worlds, Biomineralogy: Proceedings of the IV International Seminar. Syktyvkar: Geoprint; 2007. pp. 178—179. Russian.
- Каткова В. И., Симаков А. Ф.* Аминокислотный состав биоминеральных образований в зависимости от их строения // Теоретическая минералогия и техническая кристаллография: Материалы 2-го Уральского кристаллографического совещания. Сыктывкар, 1998. С. 95.
Katkova V. I., Simakov A. F. Amino Acid Composition of Biomineral Formations Depending on Their Structure. Theoretical Mineralogy and Technical Crystallography: Proceedings of the 2nd Ural Crystallographic Meeting. Syktyvkar; 1998. p. 95. Russian.
- Каткова В. И., Шанина С. Н.* Хиральные соединения в уrolитах // Вестник геонаук, 2019. № 4. С. 38—41.
Katkova V. I., Shanina S. N. Chiral Compounds in Uroliths. Vestnik of Geosciences. 2019;4:38—41. Russian.
- Каткова В. М., Шанина С. Н.* D-аминокислоты в составе биоапатита // Органическая минералогия: Материалы V Российского совещания с международным участием. Пушчино, 2019. С. 45—46.
Katkova V. M., Shanina S. N. D-Amino Acids in Bioapatite. Organic Mineralogy: Proceedings of the V Russian Conference with International Participation. Pushchino; 2019. p. 45—46. Russian.
- Козловский Ю. Г.* О минералогической классификации мочевых камней // Урология и нефрология. 1973. № 2. С. 24—26.
Kozlovsky Yu. G. On the Mineralogical Classification of Urinary Stones. Urology and Nephrology. 1973;2:24—26. Russian.
- Кокин А. В.* К проблеме формирования вещества геосфер Земли в её геологической истории // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2024. № 4 (99). С. 4—12. DOI: 10.33580/2541-9684-2024-99-4-4-12
Kokin A. V. On the Problem of Formation of the Earth's Geosphere Matter in Its Geological History. Proceedings of the Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences. 2024;4(99):4—12. Russian.
- Кокин А. В., Кокин А. А.* Золотое сечение и эволюция (введение в общую теорию нелокальной эволюции). М.: Информ-право. 2022. 232 с.
Kokin A. V., Kokin A. A. The Golden Section and Evolution (Introduction to the General Theory of Non-local Evolution). Moscow: Inform-Pravo; 2022. 232 p. Russian.
- Кокин А. В., Силаев В. И., Павлович Н. В., Киселева Д. В., Слюсарь А. В., Слюсарь А. А.* О возможной связи мочекаменной болезни с деятельностью бактерий в организме человека // Наука юга России, 2020. Т. 16. № 1. С. 77—87. DOI: 10.7868/S25000640200110
Kokin A. V., Silaev V. I., Pavlovich N. V., Kiseleva D. V., Slyusar A. V., Slyusar A. A. On the Possible Connection Between Urolithiasis and Bacterial Activity in the Human Body. Science of the South of Russia. 2020;16(1):77—87. Russian.
- Колониченко Е. В.* Живое и косное вещество: Сравнительный анализ элементов в составе человека // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия: Материалы IV Международного семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 103—105.
Kolonichenko E. V. Living and Inert Matter, Comparative Analysis of Elements in Human Composition. Mineralogy and Life: The Origin of the Biosphere and Coevolution of the Mineral and Biological Worlds, Biomineralogy: Proceedings of the 4th International Seminar. Syktyvkar: Geoprint; 2007. p. 103—105. Russian.
- Кораго А. А.* Введение в биоминералогия. СПб.: Недра, 1992. 280 с.
Korago A. A. Introduction to Biomineralogy. St. Petersburg: Nedra; 1992. 280 p. Russian.
- Котельникова Е. Н.* Дискретные соединения и пределы твердых растворов в бинарных системах аминокислот // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения — 2018): Материалы минералогического семинара с международным участием. Сыктывкар: Геопринт, 2018. С. 74.
Kotelnikova E. N. Discrete Compounds and Limits of Solid Solutions in Binary Amino Acid Systems. Modern Problems of Theoretical, Experimental, and Applied Mineralogy (Yushkin Readings — 2018): Proceedings of the Mineralogical Seminar with International Participation. Syktyvkar: GeoPrint; 2018. p. 74. Russian.
- Ламанова Л. М.* Кристаллические отложения в атеросклеротических бляшках как полиминеральные объекты // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия: Материалы IV Международного семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 108—110.
Lamanova L. M. Crystalline deposits in atherosclerotic plaques as polymineral objects. Mineralogy and life: the origin of the biosphere and the coevolution of the mineral and biological worlds, biomineralogy: Proceedings of the IV International Seminar. Syktyvkar: Geoprint; 2007. p. 108—110. Russian.
- Лебедев Д. Г., Смирнова В. И., Лапин С. В., Бурлака О. О., Розенгауз Е. В., Эмануэль В. Л.* Анализ мочевых конкрементов в изучении особенностей патогенеза мочекаменной болезни // Вестник урологии. 2021. Т. 9. № 3. С. 44—51. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2021-9-3-44-51>
Lebedev D. G., Smirnova V. I., Lapin S. V., Burlaka O. O., Rosenhaus E. V., Emanuzl V. L. Analysis of urinary calculi in the study of the pathogenesis of urolithiasis. Bulletin of Urology. 2021;9(3):44—51. Russian.
- Мак-Коннелл Д.* Биоминералогия фосфатов и физиологическая минерализация // Фосфор в окружающей среде. М.: Мир, 1977. С. 462—481.
McConnell D. Phosphate biomineralogy and physiolog-



- ical mineralization. Phosphorus in the environment. Moscow: Mir; 1977. p. 462–481. Russian.
- Машина Е. В. Карбонаты и фосфаты в холелитах // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского региона: Материалы 21-й научной конференции ИГ Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2017. С. 151–152.
- Mashina E. V. Carbonates and phosphates in choleliths. Structure, substance, and history of the lithosphere of the Timan-Northern Ural region: Proceedings of the 21st scientific conference of the IG Komi SC UB RAS. Syktyvkar: Geoprint; 2017. p. 151–152. Russian.
- Машина Е. В., Шанина С. Н. Исследование энантиомеров в патогенных биоминеральных образованиях // Российский химический журнал. 2022. Т. 66. № 4. С. 14–18. DOI: 10.6060/rcj.2022664.2
- Mashina E. V., Shanina S. N. Study of enantiomers in pathogenic biomineral formations. Russian Chemical Journal. 2022;66(4):14–18. Russian.
- Миронова Г. А. Конденсированное состояние вещества: от структурных единиц до живой материи. Т. 2. М.: Физический факультет МГУ, 2006. 840 с.
- Mironova, G. A. Condensed state of matter: from structural units to living matter. Vol. 2. Moscow: Physics Faculty, Moscow State University; 2006. 840 p. Russian.
- Нигматулина Е. Н., Сокол Э. В., Чиглинцев А. Ю., Лукьянов Я. Л. Главные минералогические типы почечных камней // Химия в интересах устойчивого развития. 2004. № 12. С. 61–81.
- Nigmatulina E. N., Sokol E. V., Chiglintsev A. Yu., Lukyanov Ya. L. Main mineralogical types of kidney stones. Chemistry for Sustainable Development. 2004;12:61–81. Russian.
- Павлович Н. В., Кокин А. В., Силаев В. И., Ронова Н. В., Цимбалистова М. В., Киселева Д. В., Слюсарь А. В. Сравнительный анализ состава микроэлементов у бактерий различных видов // Актуальные вопросы изучения особо опасных и природно-очаговых болезней. Ростов-на-Дону, 2019. С. 309–313.
- Pavlovich N. V., Kokin A. V., Silaev V. I., Ronova N. V., Tsymbalistova M. V., Kiseleva D. V., Slyusar A. V. Comparative analysis of the composition of trace elements in bacteria of different species. Current issues in the study of especially dangerous and natural focal diseases. Rostov-on-Don; 2019. p. 309–313. Russian.
- Полиенко А. К., Ермолаев В. А., Жуков Ю. Н. Морфология и генезис почечных камней // Материалы к топоминералогии Урала. Свердловск: УНЦ РАН, 1996. С. 107–111.
- Polienko A. K., Ermolaev V. A., Zhukov Yu. N. Morphology and genesis of kidney stones. Materials on the topomineralogy of the Urals. Sverdlovsk: Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 1996. p. 107–111. Russian.
- Полиенко А. Л., Севостьянова О. А. Генезис уролитов // Известия Томского политехнического университета. 2003. Т. 306. № 4. С. 50–55.
- Polienko A. L., Sevostyanova O. A. Genesis of uroliths. Bulletin of Tomsk Polytechnic University. 2003;306(4):50–55. Russian.
- Полиенко А. К., Севостьянова О. А. Развитие научных исследований по биоминералогии и урологии в Томском политехническом университете // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. С. 206–211.
- Polienko A. K., Sevostyanova O. A. Development of scientific research in biomineralogy and urology at Tomsk Polytechnic University. Bulletin of Tomsk Polytechnic University. 2012;320:206–211. Russian.
- Полиенко А. Л., Севостьянова О. А., Орлов А. А. Симбиоз живого и косного вещества в уролитах // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 1. С. 10–15.
- Polienko A. L., Sevostyanova O. A., Orlov A. A. Symbiosis of Living and Inert Matter in Uroliths. Bulletin of Tomsk Polytechnic University. 2010;317(1):10–15. Russian.
- Полиенко А. Л., Шубин Г. В., Ермолаев В. А. Онтогенез уролитов. Томск: РИО Пресс-интеграл ЦПК ЖК, 1997. 128 с.
- Polienko A. L., Shubin G. V., Ermolaev V. A. Ontogeny of Uroliths. Tomsk; Press-integral; 1997. 128 p. Russian.
- Ракин В. И., Каткова В. И., Макеев Б. А. Особенности трансформации оксалатов кальция в уролитах // Теория, история, философия и практика минералогии: Материалы 4-го международного минералогического семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2006. С. 75–76.
- Rakin V. I., Katkova V. I., Makeev B. A. Features of Calcium Oxalate Transformation in Uroliths. Theory, History, Philosophy, and Practice of Mineralogy: Proceedings of the 4th International Mineralogical Seminar. Syktyvkar: Geoprint; 2006. p. 75–76. Russian.
- Севостьянова О. А., Полиенко А. К. Минеральный состав уролитов // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 2. С. 62–62.
- Sevostyanova O. A., Polienko A. K. Mineral composition of uroliths. Bulletin of Tomsk Polytechnic University. 2004;307(2):62–62. Russian.
- Силаев В. И., Аникин Л. П., Шанина С. Н., Карпов Г. А., Васильев Е. А., Шуйский А. С., Смолева И. В., Киселева Д. В., Мартиросян О. В., Вергасова Л. П. Абиогенные конденсированные органические полимеры в продуктах современного магматизма в связи с проблемой возникновения жизни на Земле. Сыктывкар: Геопринт, 2018. 128 с.
- Silaev V. I., Anikin L. P., Shanina S. N., Karpov G. A., Vasiliev E. A., Shuysky A. S., Smoleva I. V., Kiseleva D. V., Martirosyan O. V., Vergasova L. P. Abiogenic condensed organic polymers in the products of modern magmatism in connection with the problem of the origin of life on Earth. Syktyvkar: Geoprint; 2018. 128 p. Russian.
- Силаев В. И., Белицкая А. А., Туркина Т. Ю., Смолева И. В., Хазов А. Ф., Киселева Д. В. Окружающая среда и диета населения раннего средневековья Европейского Северо-Востока (по данным изотопно-геохимического анализа антропологических материалов из могильников V–VII вв. н. э.) // Известия Коми НЦ УрО РАН. 2019. № 3. С. 53–64.
- Silaev V. I., Belitskaya A. A., Turkina T. Yu., Smoleva I. V., Khazov A. F., Kiseleva D. V. Environment and diet of the early medieval population of the European North-East (based on isotope-geochemical analysis of anthropological materials from burial grounds of the 5th-7th centuries AD). Proceedings of the Komi SC UB RAS. 2019;3:53–64. Russian.
- Силаев В. И., Кокин А. В., Павлович Н. В., Шанина С. Н., Киселева Д. В., Васильев Е. А., Мартиросян О. В.,



- Смолева И. В., Филиппов В. Н., Хазов А. Ф., Шуйский А. С., Щемелинина Т. Н., Игнатиев Г. В., Слюсарь А. В. Первые результаты комплексных исследований современных микроорганизмов физико-химическими и минералого-геохимическими методами // Вестник геонаук. 2021. № 9. С. 3–35. DOI: 10.19110/geov.2021.9.1
- Silaev V. I., Kokin A. V., Pavlovich N. V., Shanina S. N., Kiseleva D. V., Vasilyev E. A., Martirosyan O. V., Smoleva I. V., Filippov V. N., Khazov A. F., Shuisky A. S., Shchemelinina T. N., Ignatiev G. V., Slyusar A. V. First results of complex studies modern microorganisms using physicochemical and mineralogical-geochemical methods. Vestnik of Geosciences. 2021;9:3–35. Russian.
- Силаев В. И., Кокин А. В., Слюсарь А. В., Попов Ю. В. Микростроение и минералого-геохимические свойства типичных конкрементов человека // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2017. № 8. С. 23–35.
- Silaev V. I., Kokin A. V., Slyusar A. V., Popov Yu. V. Microstructure and mineralogical and geochemical properties of typical human stones. Vestnik of the Institute of Geology Komi SC UB RAS. 2017;8:23-35. Russian.
- Силаев В. И., Пономарев Д. В., Симакова Ю. С., Шанина С. Н., Смолева И. В., Тропников Е. М., Хазов А. Ф. Современные исследования ископаемого костного детрита: палеонтология, минералогия, геохимия // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН, 2016. № 5. С. 19–31.
- Silaev V. I., Ponomarev D. V., Simakova Yu. S., Shanina S. N., Smoleva I. V., Tropnikov E. M., Khazov A. F. Modern studies of fossil bone detritus: paleontology, mineralogy, geochemistry. Vestnik of the Institute of Geology Komi SC UB RAS. 2016;5:19–31. Russian.
- Силаев В. И., Смолева И. В., Антошкина А. И., Чайковский И. И. Опыт сопряженного анализа изотопного состава углерода и азота в углеродистых веществах разного происхождения // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Материалы Научных чтений памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 15. Пермь, 2012. С. 342–366. Russian.
- Silaev V. I., Smoleva I. V., Antoshkina A. I., Tchaikovskiy I. I. Experience of coupled analysis of the isotopic composition of carbon and nitrogen in carbonaceous substances of different types of origin. Problems of mineralogy, petrography and metallogeny: Proceedings of the Scientific Readings in memory of P. N. Chirvinsky. Issue 15, Perm; 2012. p. 342–366. Russian.
- Силаев В. И., Юшкин Н. П., Жарков В. А., Киселева Д. В., Лютюев В. П., Симакова Ю. С., Филиппов В. П. Ископаемые копролиты мезокайнозойских животных как источник минералого-геохимической, палеонтологической и палеоэкологической информации // Литосфера. 2019. Т 19. № 3. С. 393–415.
- Silaev V. I., Yushkin N. P., Zharkov V. A., Kiseleva D. V., Lyutoev V. P., Simakova Yu. S., Filippov V. P. Fossil coprolites of Mesozoic-Cenozoic animals as a source of mineralogical, geochemical, paleontological and paleoecological information. Lithosphere. 2019;19(3):393–415. Russian.
- Солонин Ю. Г. Минералы в организме человека // Топоминералогические аспекты медицинской минералогии: Материалы 12 региональной минералогической школы. Сыктывкар, 1991. С. 8–10.
- Solonin Yu. G. Minerals in the human body. Topomineralogical aspects of medical mineralogy: Proceedings of the 12th regional mineralogical school. Syktyvkar; 1991. p. 8–10. Russian.
- Сребродольский Б. М. Биологическая минералогия. Киев: Наукова Думка, 1983. 102 с.
- Srebrodol'skii B. M. Biological Mineralogy. Kyiv: Naukova Dumka; 1983. 102 p. Russian.
- Шанина С. Н., Бушнев Д. А., Бурдельная Н. С. Аминокислоты доманиковых сланцев // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии: Материалы минералогического семинара с международным участием (Юшкинские чтения – 2018). Сыктывкар: Геопринт, 2016. С. 176–177.
- Shanina S. N., Bushnev D. A., Burdel'naya N. S. Amino Acids of Domanik Shales. Modern Problems of Theoretical, Experimental, and Applied Mineralogy: Proceedings of the Mineralogical Seminar with International Participation (Yushkin Readings – 2018). Syktyvkar: Geoprint; 2016. p. 176–177. Russian.
- Шанина С. Н., Голубев Е. А., Амосова О. Е. Изменение аминокислотного состава природных углеродистых веществ и некоторых синтетических аналогов в ряду карбонизации // Вестник геонаук. 2022. № 8. С. 25–37.
- Shanina S. N., Golubev E. A., Amosova O. E. Changes in the Amino Acid Composition of Natural Carbonaceous Substances and Some Synthetic Analogues in the Carbonation Series. Vestnik of Geosciences. 2022;8:25–37. Russian.
- Юшкин Н. П. Биоминеральные взаимодействия: 42-е Чтения им. В. И. Вернадского. М.: Наука, 2002. 60 с.
- Yushkin N. P. Biomineral Interactions: 42nd Vernadsky Readings. Moscow: Nauka; 2002. 60 p. Russian.
- Юшкин Н. П. Минеральный мир и биосфера: минеральный организобиоз, биоминеральные взаимодействия, коэволюция // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров. Биоминералогия: Материалы IV Международного семинара. Сыктывкар: Геопринт, 2007. С. 5–8.
- Yushkin N. P. Mineral World and Biosphere: Mineral Organismobiosis, Biomineral Interactions, Coevolution. Mineralogy and Life: Origin of the Biosphere and Coevolution of the Mineral and Biological Worlds. Biomineralogy: Proceedings of the 4th International Seminar. Syktyvkar: Geoprint; 2007. p. 5–8. Russian.
- Юшкин Н. П. Радиосинтез белковых аминокислот в твердых битумах // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН, 1999. № 9. С. 2–3.
- Yushkin N. P. Radiosynthesis of Protein Amino Acids in Solid Bitumens. Vestnik of the Institute of Geology Komi SC UB RAS. 1999;9:2–3. Russian.
- Юшкин Н. П., Бушнев Д. А., Шанина С. Н. Ископаемые смолы Северной Евразии // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2006. № 11. С. 2–9.
- Yushkin N. P., Bushnev D. A., Shanina S. N. Fossil resins of northern Eurasia. Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS. 2006;11:2-9. Russian.
- Юшкин Н. П., Силаев В. И., Жарков В. А., Филиппов В. Н., Лютюев В. П., Симакова Ю. С. Мезозойские копролиты: минералого-геохимические свойства и отношение к прогнозу фосфатности // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: Научные чтения



- ния памяти П. Н. Чирвинского. Вып. 16. Пермь: Изд-во ПГУ, 2013. С. 26–52.
- Yushkin N. P., Silaev V. I., Zharkov V. A., Filippov V. N., Lyutoev V. P., Simakova Yu. S. Mesozoic coprolites: mineralogical and geochemical properties and relation to the forecast of phosphate content. Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P. N. Chirvinsky. Vol. 16. Perm: PSU Publishing House; 2013. p. 26–52. Russian.
- Fuch S. A., Berger R., Klomp L. W., Koning T. J. D-amino acids in the central nervous system in health and disease. Molecular Genetics and Metabolism. 2005;85(3):168–180.
- Huskic I., Pecov I. V., Krivovichev S. V., Friscic T. Minerals with metal-organic framework structure. Science Advances, 2016. Aug 5: 2(8); e1600621.
- Hassan Q., Jaleel A., Bashir Z., Jajja N., Tarar U. M., Haider S., Zehra L. Amino acid racemization in human dentine as an estimator of chronological age. Pakistan Journal of Medicine and Dentistry. 2014;3:3–11.
- Kimura T., Hamase K., Miyoshi Y., Yamamoto R., Yasuda K., Mita M., Rakugi H., Hayashi T., Isaka Y. Chiral amino acid metabolomics for novel biomarker screening in the prognosis of chronic kidney disease. Scientific Reports. 2016;6(1):26–37.

Поступила в редакцию / Received 29.01.2026