

Оксалаты кальция среди минералов Якутии и в организме человека

Н. В. Заякина✉, Т. И. Васильева

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, Российская Федерация
✉zayakina@diamond.ysn.ru

Аннотация

Соли щавелевой кислоты – оксалаты принадлежат к большой группе органических минералов, или биоминералов, которые могут возникать как в окружающей среде, так и внутри живых организмов. Принадлежность одновременно к миру неживой и живой природы привела к тому, что эти объекты представляют как научный, так и практический интерес для представителей самых разных наук: геологии, экологии, медицины. Нами впервые обнаружены оксалаты в нескольких природных образцах из Далдынского кимберлитового поля, бассейна среднего течения р. Марха, берегового обнажения на р. Аллах-Юнь, а также подтверждено их присутствие в образцах камней из почек и желчного пузыря. Основным использованным методом – рентгеновский фазовый анализ. Установлено, что в исследуемых природных образцах присутствуют уэделлит или уэвеллит, в ассоциации с ними зафиксированы кварц, карбонат, полевошпат, слюда и хлорит. Состав камня из почки представляет собой смесь уэвеллита с урицитом, в состав камня из желчного пузыря входят урицит, уэвеллит, урат аммония и брусшит. Обсуждены возможные причины образования в природе одно- и двухфазной модификации оксалатов кальция. Показано, что эти минералы шире распространены, чем предполагалось ранее.

Ключевые слова: биоминералы, оксалаты кальция, уэделлит, уэвеллит, порошковая рентгенография, Якутия
Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта FUEM-2019-0003 «Эколого-геохимическое изучение техногенных массивов на территории Якутской алмазоносной провинции».

Благодарности. Авторы благодарят коллег Я.Б. Легостаеву и М.В. Кудрина за предоставленные образцы и фото.

Для цитирования: Заякина Н.В., Васильева Т.И. Оксалаты кальция среди минералов Якутии и в организме человека. *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2023;28(1):40–46. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2023-28-1-40-46>

Original article

Calcium oxalates among the minerals of Yakutia and in the human body

N. V. Zayakina✉, T. I. Vasileva

Diamond and Precious Metal Geology Institute,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation
✉zayakina@diamond.ysn.ru

Abstract

Oxalates, which are salts of oxalic acid, belong to a large group of organic minerals or biominerals that can occur both in the natural environment and inside living organisms, which makes them valuable for various sciences. We have discovered, for the first time, oxalates in several natural samples from the Daldynsky kimberlite field, the basin of the middle course of the Markha River, and the coastal outcrop on the Allah Yun River. We also confirmed their presence in kidney and gallbladder stone samples in the human body. X-ray phase analysis allowed us to establish the presence of weddellite or whewellite in association with quartz, dolomite, feldspar, mica, and chlorite in the samples under study. Meanwhile, the composition of the kidney stone in the human body represents a mixture of whewellite with uricite, the composition of the stone from the gallbladder includes uricite, whewellite, ammonium urate and brushite. Possible reasons for the formation of one- and two-in-one modifications of calcium oxalates in nature are also discussed. We conclude that these minerals are more widespread than previously assumed.

Keywords: biominerals, calcium oxalates, weddellite, whewellite, X-ray powder diffraction, Yakutia

Funding. This work was partially supported by the Ministry of Education of the Russian Federation (project number: FUEM-2019-0003), theme “Ecological and geochemical study of technogenic massifs on the territory of the Yakutsk diamond province”.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to their colleagues Yana B. Legostaeva and Maxim V. Kudrin for providing samples and photographs.

For citation: Zayakina N.V., Vasileva T.I. Calcium oxalates among minerals of Yakutia and in the human body. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2023;28(1):40–46. (In Russ.); <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2023-28-1-40-46>

Введение

Якутия – огромная часть России, обладающая большими запасами минеральных ресурсов. Алмазы, золото, серебро, сурьма, олово, нефть, газ, уголь добываются в широких масштабах. Однако минеральный мир Якутии гораздо шире. Есть широкоизвестные минералы, есть и малоизвестные – редкие или новые. Сотрудниками Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН за период его существования в разные годы открыто 15 новых минеральных видов

Предметом исследования в этой работе являются уже известные, но не очень распространенные и не слишком заметные в природе минералы – оксалаты – соли щавелевой кислоты. Они относятся к большой группе органических минералов, или биоминералов. Биоминералы – минералы, сформированные биоорганизмами или при их участии. Известно более 300 биоминералов: более 50 минеральных видов обнаружено в организмах как человека, так и животных, в том числе и как патологические образования; более 60 – в растениях, более 30 – в простейших организмах [1]. Щавелевая кислота $C_2H_2O_4$ широко распространена в природе, встречается в свободном виде или в виде оксалатов в растениях, таких как щавель, ревень, в некоторых видах кактусов. Лишайники, грибы, бактерии также могут производить щавелевую кислоту, которая при контакте с подстилающими породами или почвой способствует возникновению оксалатов [2]. Оксалаты представляют интерес и являются объектами исследования для ученых, работающих в достаточно далеких друг от друга областях, – минералогов, биологов, ботаников, медиков и специалистов, занимающихся охраной памятников культурного наследия. Эти минералы были обнаружены в иле морского дна, в почвах, в породах, содержащих битумы, в содержащих торф отложениях, на поверхностях гранитов и карбонатных пород, на поверхностях археологических памятников [2–9]. Следует отметить, что соли щавелевой кислоты являются наиболее распространенными патогенными минералами, образующимися в организмах человека и животных. Часто они возникают вместе или наблюдается

преимущественно один из них [4, 10]. Подробно история находок оксалатов кальция и описание уэделлита приведены в [11].

Среди оксалатов наиболее распространены оксалаты кальция, известны следующие минералы: одноводный $Ca(C_2O_4) \cdot H_2O$ – уэвеллит, двухводный $Ca(C_2O_4) \cdot 2H_2O$ – уэделлит, трехводный $Ca(C_2O_4) \cdot 3H_2O$ – каоксит. Все минералы характеризуются индивидуальными кристаллографическими параметрами, в природе чаще встречается моногидрат, дигидрат – уэделлит встречается реже, самый редкий – каоксит, который является нестабильной формой и легко переходит в одноводный уэвеллит [12, 13]. Кристаллические структуры их определены, для уэделлита отмечается наличие цеолитной воды, и формула может немного отличаться от идеальной по количеству молекул воды и соответствовать следующей: $CaC_2O_4 \cdot (2 + x)H_2O$, где $0,13 \leq x \leq 0,37$ формульных единиц [4].

Первые находки оксалатов в Якутии были сделаны в шахтах Тыллахского и Чайтумусского месторождений бурого угля (бассейн р. Лена, Булунский район) более полувека назад: степановит – $NaMgFe^{3+}(C_2O_4)_3 \cdot 8-9H_2O$ (1942 г.), жемчужниковит – $NaMg(Al, Fe^{3+})(C_2O_4)_3 \cdot 8H_2O$ и глушинскит – $Mg(C_2O_4) \cdot 2H_2O$ (1956 г.) [14–16]. Минералы обнаружены в виде тонких прослоев, прожилков в пластах угля в зоне вечной мерзлоты, в ассоциации с ними зафиксированы карбонаты кальцит и доломит, уэвеллит и уэделлит. Новых публикаций о находках таких довольно редких минералов в Якутии мы не нашли.

Материалы и методы исследования

Исследованные нами образцы являются примером новообразованных или сезонных минералов, которые в Якутии не являются редкостью. Новообразованные минералы часто встречаются в виде цветных налетов или белых порошкообразных частиц на поверхности горных пород или почв, детальное исследование их редки, большая часть этих минералов представляют собой разнообразные сульфаты (часто гипс, сульфаты магния) или карбонаты [17]. Удивительно и неожиданно, что светлые порошковые налеты, обнаруженные на почвенно-растительном покрове

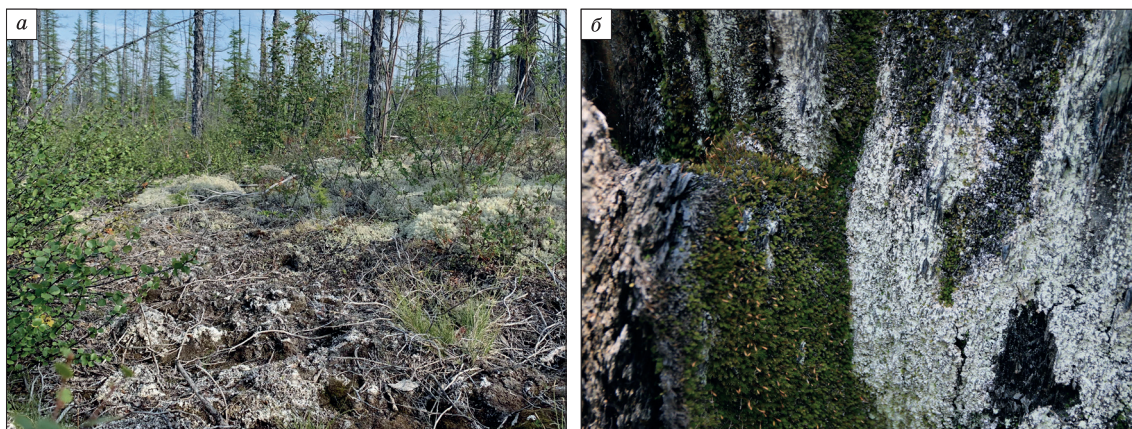


Рис. 1. Природные образцы уэдделлита: *а* – налет на почвенно-растительной толще на территории Далдынского кимберлитового поля, обр. 984. Фото Я.Б. Легостаевой; *б* – налет на береговом обнажении р. Аллах-Юнь, обр. КМ-6-21. Фото М.В. Кудрина

Fig. 1. Samples of weddellite in the environment: *a* – plaque on the vegetation cover on the territory of the Daldynsky kimberlite field, sample 984. Photo by Ya.B. Legostaeva; *b* – a photograph of a plaque on a bank outcrop of the Allah Yun River, sample KM-6-21. Photo by M.V. Kudrin

кимберлитового поля и обнажении на р. Аллах-Юнь, оказались биоминералом, почти чистым оксалатом кальция, также неожиданно проявление оксалатов в почвах, что ранее не было зафиксировано в Якутии.

Оксалаты кальция – уэвеллит и уэдделлит в окружающей среде обнаружены при проведении геоэкологических исследований территории Далдынского кимберлитового поля, где ведутся поисковые, геологоразведочные работы, добыча алмазов и углеводородного сырья (образцы 151 и 984) (рис. 1, *а*). Уэвеллит также был выявлен в ходе геохимического изучения аллювиальных почв бассейна среднего течения р. Марха, левого притока р. Вилюй (обр. 1663). В образце из береговых обнажений р. Аллах-Юнь, отобранном при изучении тектонического строения и вещественного состава золоторудных месторождений Селляхско-Хотунского рудного узла Аллах-Юньской металлогенической зоны (обр. КМ-6-21), зафиксирован уэдделлит (рис. 1, *б*). Образцы представлены в основном в виде мелкокристаллических налетов на поверхности почвенно-растительной толщи или породы.

Кроме природных образцов нами изучен минеральный состав патогенных образований человека – желчного и почечного камней. Камень из желчного пузыря был округлой формы диаметром около 2 см, цвет коричневый, более темный по краям, раздробленный образец представлен на рис. 2, *а*. Камень из мочевого пузыря представлял собой неоднородные по цвету (от

бежевого к желтому, почти оранжевому) обломки разного размера (рис. 2, *б*). Растертый в порошок образец светло-желтый.

Диагностика минерального состава выполнена методом рентгенофазового анализа из порошковых проб. Рентгенограммы получены на дифрактометре D2 PHASER (фирмы Bruker) в ИГАБМ СО РАН. Съемка образцов проводилась на CuK_α -излучении, напряжение 30 кВ, сила тока 10 мА, интервал углов $2\theta^\circ$ от $4,5^\circ$ до 65° , с шагом $0,03^\circ$ и временем экспозиции 1 с. Для интерпретации использовали базу данных порошковых дифракционных стандартов ICDD (PDF-2, 2011). Сомнений в диагностике нет, поскольку каждый из этих минералов характеризуется индивидуальным набором сильных отражений, не перекрывающихся с отражениями других распространенных минералов: для идентификации уэдделлита наиболее сильные линии (d – межплоскостное расстояние, I – интенсивность отражения) $d(I)$: 6,18(100), 4,42(30), 2,775(65), 2,243(25) (карточка № 00-017-0541); для уэвеллита $d(I)$: 5,93(100), 5,79(60), 3,65(100), 2,968(80), 2,405(60), (карточка № 00-014-0789).

Следует отметить простоту и удобство метода рентгенофазового анализа, позволяющего по небольшому количеству превращенного в порошок кристаллического материала определить его минеральный состав, что, несомненно, является ценной информацией при изучении и лечении мочекаменной болезни.

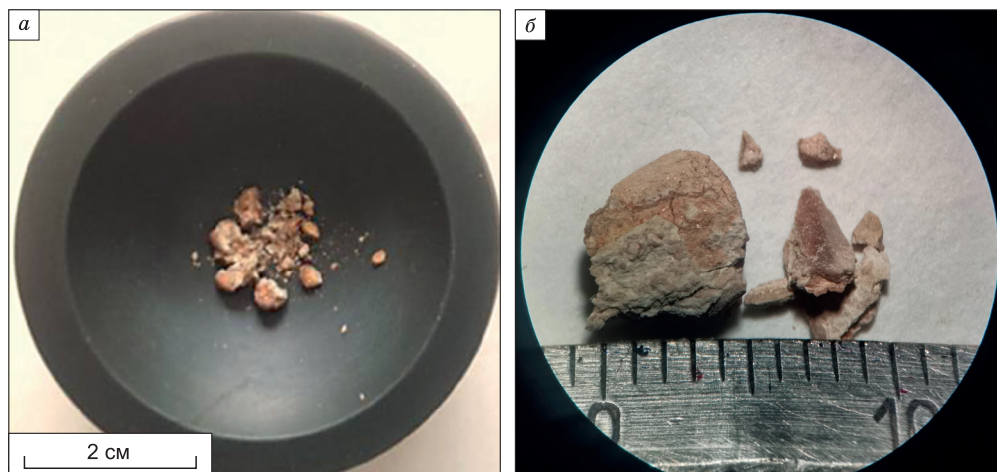


Рис. 2. Исследованные образцы: а – желчный камень, б – почечный камень

Fig. 2. Studied samples: а – gallstone, б – kidney stone

Обсуждение результатов

Уэдделлит $\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в обр. 984, отобранном на территории Далдынского кимберлитового поля, был детально изучен ранее методами рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, термогравиметрией [18]. На рис. 3 представлены рентгенограммы исследованных образцов и для сравнения образца, исследованного ранее. Оксалат является основной фазой только в обр. 984, поскольку была отобрана монофракция минерала, однако из-за мелкодисперсности препарата на рентгенограмме фиксируются примеси кварца, доломита и полевого шпата. Другие образцы представляют собой уэдделлит или уэвеллит совместно с сопутствующими минералами: кварцем, полевым шпатом, слюдой, карбонатом и хлоритом. Обнаружение в исследованных природных образцах одно- или двухводной модификации оксалатов кальция объясняется различными условиями нахождения образцов от открытых участков (образцы 151 и 1663) до влажных западин (образцы 984 и КМ-6-21). Выделить монофракцию оксалатов для детального исследования не представлялось возможным. Диффузный «горб» на рентгенограмме налета на береговом обнажении р. Вилюй (обр. 1663) объясняется наличием в образце органики.

Оксалаты кальция давно известны как составная часть патогенных образований возникающих в организме человека и животных. В изученных камнях из желчного пузыря и почки присутствует только более устойчивая по сравнению с другими модификациями (двух- и трехводной) одно-

водная модификация – уэвеллит. Помимо оксалатов кальция в их состав могут входить фосфаты кальция, фосфаты магния и аммония, ураты. В исследованных нами образцах из почечного камня зафиксирована смесь уэвеллита с урицитом – $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ – дигидратом мочевой кислоты, состав камня из желчного пузыря более сложный: главной фазой является урицит, есть уэвеллит, присутствуют урат аммония – $\text{C}_3\text{H}_7\text{N}_5\text{O}_3$ и брушит – $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. На приведенных рентгенограммах (рис. 4) отчетливо проявляется разница по количеству оксалатов в исследованных образцах: интенсивность дифракционных отражений уэвеллита в образце из почки намного выше таковой в образце из желчного камня.

Мочекаменная болезнь довольно распространена в Якутии. Нами приведено только два примера использования рутинных для геологии и минералогии методов анализа. Однако, камни из мочевого и желчного пузыря, из предстательной железы и другие патогенные минеральные образования живых организмов могут быть объектом массового изучения.

Заключение

Находки оксалатов, сделанные в разных районах Якутии, свидетельствуют, что эти минералы распространены шире, чем мы предполагали. Выполненное рентгенографическое исследование дополнило картину минерального мира Якутии. Очевидно, что рядом с нами, а иногда и внутри нас, находятся минералы, в частности оксалаты, не привлекающие особенно внимание

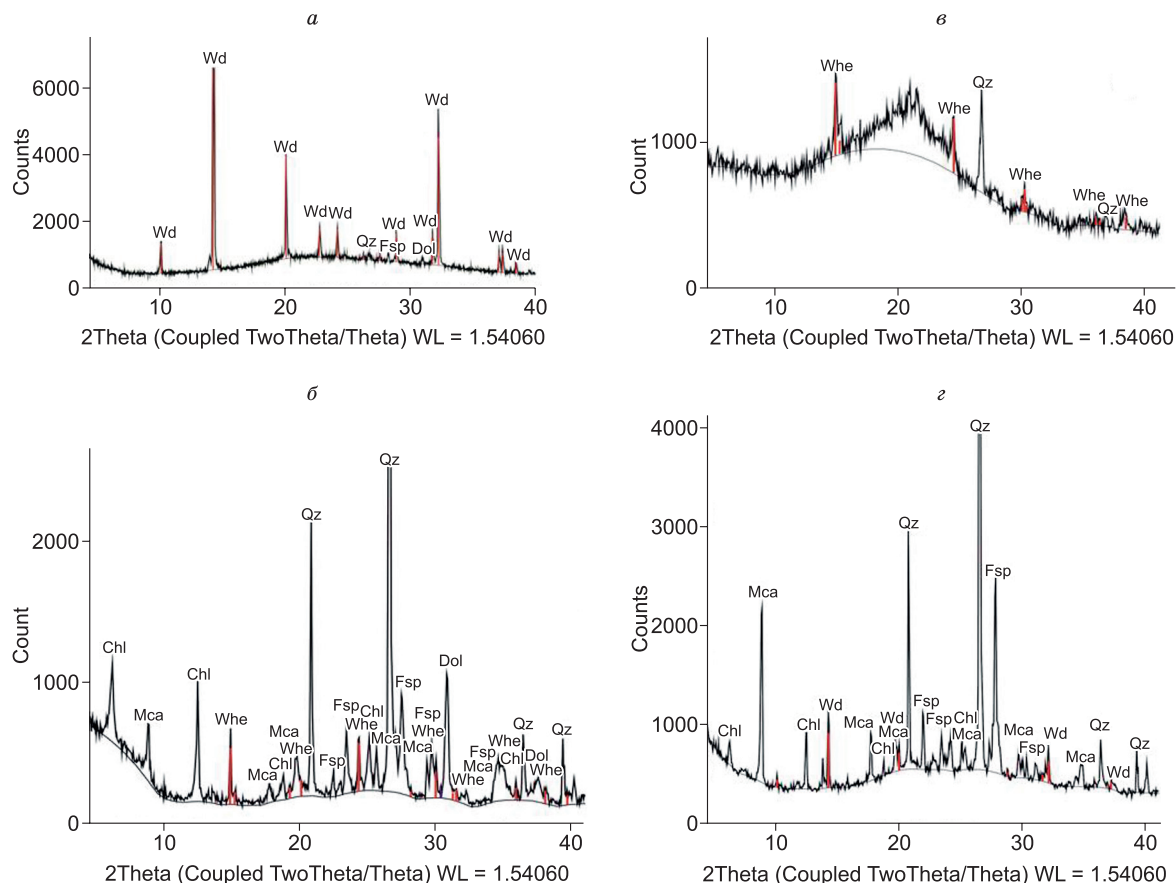


Рис. 3. Рентгенограммы природных образцов, содержащих оксалаты: *а* – образец 984 (Далдынское кимберлитовое поле), *б* – образец 151 (Далдынское кимберлитовое поле), *в* – образец 1663 (нижнее течение р. Марха), *з* – КМ-6-21 (р. Аллах Юнь). Wd – уэдделлит, Whe – уэвеллит, Qz – кварц, Fsp – полевоый шпат, Chl – хлорит, Mca – слюда, Dol – доломит. По оси абсцисс – угол дифракции 2θ , град; по оси ординат – интенсивность рефлексов, имп./с

Fig. 3. X-ray patterns of natural samples containing oxalates: *a* – sample 984 (Daldynskoe kimberlite field), *б* – sample 151 (Daldynskoe kimberlite field), *в* – sample 1663 (lower course of the Markha River), *з* – KM-6-21 (Allah Yun River). Wd – weddellite, Whe – whewellite, Qz – quartz, Fsp – feldspar, Chl – chlorite, Mca – mica, Dol – dolomite. In x-axis – diffraction angle 2θ , degree; in y-axis – intensity, c.p.s.

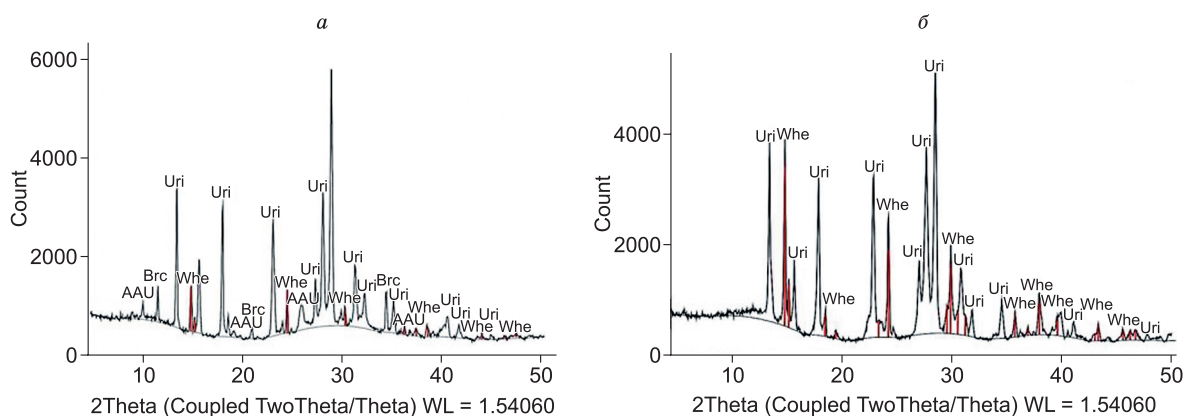


Рис. 4. Рентгенограммы патогенных образцов: *а* – из желчного пузыря, *б* – из почки: Whe – уэвеллит, Uri – урицит, Brc – брушит, AAU – урат аммония. По оси абсцисс – угол дифракции 2θ , град; по оси ординат – интенсивность рефлексов, имп./с

Fig. 4. X-rays of pathogenic samples: *a* – from the gall bladder, *б* – from the kidney: Whe – whewellite, Uri – uricite, Brc – brushite, AAU – ammonium acid urate. In x-axis – diffraction angle 2θ , degree; in y-axis – intensity, c.p.s.

человека, за исключением вредных для человеческого организма патогенных минералов. Возможно, что более тщательное изучение новообразованных и сезонных минералов добавит новых знаний о минералах Якутии.

Список литературы / References

1. Юшкин Н.П. Минеральный мир и биосфера: минеральный организмобиз, биоминеральные взаимодействия, коэволюция. *Минералогия и жизнь: Происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров, биоминералогия: материалы IV Международного семинара. г. Сыктывкар, Республика Коми, 22–25 мая 2007. г. Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН; 2007:5–7.*

[Yushkin N.P. Mineral world and biosphere: mineral organismobiosis, biomineral interactions, coevolution. *Mineralogy and life: the origin of biosphere, coevolution of mineral and biological worlds, biomineralogy: Proceedings of the 4th international mineralogical seminar. Syktyvkar, Komi, 22–25 May, 2007. Syktyvkar: Institute of Geology of Komi SC UB RAS, 2007:5–7 (In Russ.)]*

2. Frank-Kamenetskaya O., Rusakov A., Barinova K., Zelenskaya M., Vlasov D. The formation of oxalate patina on the surface of carbonate rocks under the influence of microorganisms. *Proceedings of the 10th international congress for applied mineralogy (ICAM)*. Broekmans, M. (eds) Berlin, Heidelberg: Springer; 2012:213–220. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-27682-8>

3. Palmieri F., Estoppey A., House G.L., Lohberger A., Bindschedler S., Chain P.S.G., Junier P. Chapter Two – Oxalic acid, a molecule at the crossroads of bacterial-fungal interactions. *Advances in Applied Microbiology*. 2019;106:49–77. <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2018.10.001>

4. Изатулина А.Р. *Кристаллогенезис и кристаллохимия оксалатов кальция почечных камней человека*: Дис. ... канд. геол.-минерал. наук. СПб.; 2017. 189 с.

[Izatulina A.R. *Crystallogenesis and crystal chemistry of calcium oxalates of human kidney stones*: Diss. ... Cand. Sci., St. Petersburg; 2017. 189 p. (In Russ.)]

5. Русаков А.В., Франк-Каменецкая О.В., Зеленская М.С., Власов Д.Ю., Гимельбрант Д.Е., Кнауф И.В., Плоткина Ю.В. Оксалаты кальция в биопленках на поверхности археологических памятников из Херсонесского известняка (Крым). *Записки Российского минералогического общества*. 2010;139(5):96–104.

[Rusakov A.V., Frank-Kamenetskaya O.V., Zelenskaya M.S., Vlasov D.Yu., Gimelbrant D.Ye., Knauf I.V., Plotkina Yu.V. Calcium oxalates in bio-films on the surface of the Chersonesus archaeological limestones monuments (Crimea). *Zapiski RMO (Proceedings of the Russian Mineralogical Society)*. 2010;139(5):96–104. (In Russ.)]

6. Echigo T., Kimata M. Crystal chemistry and genesis of organic minerals: a review of oxalate and polycyclic aromatic hydrocarbon minerals. *The Canadian Mineralogist*. 2011;48(6):1329–1358. <https://doi.org/10.3749/canmin.48.5.1329>

7. Франк-Каменецкая О.В., Власов Д.Ю. Вторичное минералообразование при участии микроскопических грибов и бактерий. *Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2018)*: Материалы минералогического семинара с международным участием. ИГ Коми НЦ УрО РАН; 2018:150–151.

[Frank-Kamenetskaya O.V., Vlasov D.Yu. Secondary mineral formation with the participation of microscopic fungi and bacteria. *Modern problems of theoretical, experimental, and applied mineralogy (Yushkin Memorial Seminar – 2018): Proceedings of the Mineralogical seminar with international participation. Syktyvkar. IG Komi SC UB RAS; 2018:150–151. (In Russ.)]*

8. Франк-Каменецкая О.В., Власов Д.Ю. Современное минералообразование при участии литобионтного микробного сообщества. *Геология, геоэкология, эволюционная география*: Коллективная монография. Том XVII. Е.М. Нестеров, В.А. Снытко. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена; 2018:126–130.

[Frank-Kamenetskaya O.V., Vlasov D.Yu. Modern mineral formation with participation of the lithobiont microbial community. *Geology, geoecology, evolutionary geography: a collective monograph*. Volume 17. Ed. by E.M. Nesterov, V.A. Snytko. St. Petersburg: Herzen University Publishing House; 2018:126–130. (In Russ.)]

9. Frank-Kamenetskaya O.V., Izatulina A.R., Kuz'mina M.A. Ion substitutions, non-stoichiometry, and formation conditions of oxalate and phosphate minerals of the human body. *Biogenic – abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems. Lecture Notes in Earth System Sciences. Springer, Cham*. 2016;1:425–442. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24987-2_33

10. Соколова Т.А. Низкомолекулярные органические кислоты в почвах: источники, состав, содержание, функции в почвах (обзор). *Почвоведение*. 2020;(5):559–575. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20050159>

[Sokolova T.A. Low-molecular-weight organic acids in soils: sources, composition, concentrations, and functions: a review. *Eurasian Soil Science*. 2020;53(5):580–594.] <https://doi.org/10.31857/S0032180X20050159>

11. Mandarino J.A., Witt N.V. Weddellite from Biggs, Oregon, U.S.A. *The Canadian Mineralogist*. 1983;21:503–508.

12. Echigo T. et al. Re-investigation of the crystal structure of whewellite [$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$] and the dehydration mechanism of caoxite [$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$]. *Mineralogical Magazine*. 2005;69:77–88. <https://doi.org/10.1180/0026461056910235>

13. Basso R., Lucchetti G., Zefiro L., Palenzona A. Caoxite $\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{C}_2\text{O}_4)$ a new mineral from the Cerchiaro mine, northern Apennines, Italy. *Neues Jahrbuch fur Mineralogie*. 1997;2:84–96. <https://doi.org/10.1127/njmm/1997/1997/84>

14. Жемчужников Ю.А., Гинзбург А.И. *Основы петрологии углей*. М.: Изд-во АН СССР:1960.

[Zhemchuzhnikov Yu.A., Ginzburg A.I. *Fundamentals of coal Petrology*. Moscow 1960 (In Russ.)]

15. Книпович Ю.Н., Комков А.И., Неведов Е.И. О степановите и новом минерале жемчужниковите. *Труды ВСЕГЕИ*, 1963;(3):131–135.

[Knipovich Yu.N., Komkov A.I., Nefedov Ye.I. About stepanovite and the new mineral zhemchuzhnikovite. *Trudy VSYeGYeI*. 1963;(3):131–135. (In Russ.)]

16. Wilson M. J., Jones D., Russell L. D. Glushinskite, a naturally occurring magnesium oxalate. *Mineralogical magazine*. 1980;43(331):837–840. <https://doi.org/10.1180/minmag.1980.043.331.02>

17. Васильева Т.И., Заякина Н.В. Современное минералообразование и сезонные минералы Эндыбальского сереборудного узла (Западное Верхоянье, Якутия). *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции: в 2-х томах, 10–12 апреля 2019 года. Том 1. Якутск: Издательский дом СВФУ*; 2019:18–22.

[Vasileva T.I., Zayakina N.V. Modern mineral formation and seasonal minerals of the Endybal silver ore cluster (Western Verkhoyansk, Yakutia). *Geology and mineral resources of the North-East of Russia: Proceedings of the 9th All-Russian Scientific and Practical Conference: in 2 volumes, April 10–12, 2019. Volume 1. Yakutsk: NEFU Publishing House*; 2019:18–22. (In Russ.)]

18. Васильева Т.И., Заякина Н.В., Легостаева Я.Б., Шадринова О.В. Находка уэдделлита в Западной

Якутии. *Записки Российского минералогического общества*. 2022;151(2):70–78. <https://doi.org/10.31857/S0869605522020095>

[Vasileva T.I., Zayakina N.V., Legostaeva Ya.B., Shadrinova O.V. Find of weddellite in Western Yakutia. *Zapiski RMO (Proceedings of the Russian Mineralogical Society)* 2022;151(2):100–108. (In Russ.)] <https://doi.org/10.31857/S0869605522020095>

19. Изатулина А.Р., Франк-Каменецкая О.В., Гуржий В.В., Кузьмина М.А., Зеленская М.С. Кристаллохимия природных и синтетических оксалатов двухвалентных катионов. *Минералогические музеи - 2019. Минералогия вчера, сегодня, завтра: Материалы конференции, посвященной 200-летию кафедры минералогии Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, 17–19 сентября 2019 года. СПб.:СПбГУ*; 2019:72–73.

[Izatulina A.R., Frank-Kamenetskaya O.V., Gurzhiy V.V., Kuzmina M.A., Zelenskaya M.S. Crystal chemistry of natural and synthetic oxalates of divalent cations. *Mineralogical Museums - 2019. Mineralogy yesterday, today, tomorrow: Conference proceedings dedicated to the 200th anniversary of the Department of Mineralogy of St. Petersburg State University, St. Petersburg, September 17–19, 2019. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University*; 2019:72–73. (In Russ.)]

Об авторах

ЗАЯКИНА Надежда Викторовна, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0003-3201-9796>, e-mail: zayakina@diamond.ysn.ru

ВАСИЛЬЕВА Татьяна Игнатьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-9203-9193>, e-mail: vasilevatig@gmail.com

About the authors

ZAYAKINA, Nadezhda Viktorovna, Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0003-3201-9796>, e-mail: zayakina@diamond.ysn.ru

VASILEVA, Tatiana Ignatevna, Cand. Sci (Biology), Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-9203-9193>, e-mail: vasilevatig@gmail.com

Поступила в редакцию / Submitted 05.10.2022

Поступила после рецензирования / Revised 11.01.2023

Принята к публикации / Accepted 25.01.2023