



Кокониноит: находка на рудопроявлении Зор-Ярчи-Чак, Восточный Памир

Карпенко В.Ю.¹, Паутов Л.А.^{1,3}, Шодибеков М.²,
 Махмадшариф С.², Мираков М.А.²

¹ Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, mineralab@mail.ru

² Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ, Душанбе

³ Институт Минералогии УрО РАН, Миасс

Описана находка кокониноита $\text{Fe}_2\text{Al}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ в зоне окисления на урановом проявлении Зор-Ярчи-Чак (правый берег р. Южный Ак-Байтал, Восточный Памир, Таджикистан). Минерал встречен в трещинах существенно кварцевой породы в виде плотных глиноподобных масс желтоватого цвета (площадью до 2 см²), состоящих из пластинчатых индивидов размером 5–10 микрон в поперечнике. Показатель преломления $n_m = 1.589(3)$ при 589 нм. Приведен ИК-спектр минерала. Состав (м.з., мас.%, среднее по 24 анализам; диапазон разброса для Al и Fe; H₂O – CNH-анализ, среднее по 2 анализам, мас.%): Al₂O₃ 6.95 (5.44–7.70), Fe₂O₃ 11.13 (9.77–12.91), UO₃ 39.09, P₂O₅ 18.35, SO₃ 4.64, H₂O 22.7, сумма 102.86. Завышение суммы может быть связано с частичным обезвоживанием минерала при микрозондовом анализе. Эмпирическая формула $\text{Fe}_{2.07}\text{Al}_{2.12}\text{U}^{+6}_{2.08}\text{P}_{3.93}\text{S}_{0.88}\text{O}_{24}(\text{OH})_2 \cdot 18.16\text{H}_2\text{O}$ (расчет на 24O + 2OH). Параметры элементарной ячейки: $a = 12.45(1)$, $b = 12.87(1)$, $c = 22.75(1)$, $\beta = 105.66(4)$. Анализ вариаций Al и Fe в кокониноите из разных местонахождений (вплоть до высокоалюминиевого безжелезистого аналога, м-ние Косчека, Узбекистан) подтверждает существование природного ряда с крайними Al- и Fe-доминантными членами.

Ключевые слова: кокониноит, фуркалит, метасоматиты, уранил-ион, Зор-Ярчи-Чак, Восточный Памир, Таджикистан.

Кокониноит $\text{Fe}_2\text{Al}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$, редкий минерал, впервые был обнаружен одновременно в восьми проявлениях в США (в штатах Аризона, Юта, Вайоминг, Нью-Гэмпшир), детально же описан в трех из них. Это уран-ванадиевые месторождения в песчанниках плато Колорадо (Sun Valley mine, Huskon No. 7 mine, Coconino Co; Blackwater No. 4 Mine, Apache Co., Аризона, США; Jomas Mine, San Juan Co., Юта, США) (Young et al., 1966). Позднее под названием «кокониноит» был описан алюминиевый аналог этого минерала на урановых месторождениях Косчека и Джантуар в горах Ауминзатау, Ц. Кызылкумы, Узбекистан (Новые данные о минералах Узбекистана, 1989; Белова и др., 1993; Дойникова, Сидоренко, 2006). Имеются упоминания о находках кокониноита на проявлении Arcu su Linnarbu в Сардинии (Италия) (Lecca et al., 2011), а

также его Al-аналога на урановом месторождении La Creusaz (Швейцария) (Meisser et al., 2010), однако в обоих случаях без приведения результатов диагностики. Следует отметить еще один близкий по составу к кокониноиту минерал, синьцзынит $(\text{Fe},\text{Al})(\text{UO}_2)_4(\text{PO}_4)_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 22\text{H}_2\text{O}$, известный пока лишь на месторождении Jinyinzhai Mine (пров. Хунань, Китай) (Hunan 230 Institute... 1976).

Новым местонахождением кокониноита стало урановое рудопроявление Зор-Ярчи-Чак, расположенное в правобережье р. Южный Ак-Байтал (~ 35 км от Мургаба по автотрассе Мургаб – Ош, Мургабский район Горно-Бадахшанской АО, Таджикистан). Рудопроявление (рис. 1) локализовано среди метаморфизованных отложений протерозоя, представленных кварц-мусковитовыми, мусковит-

плаггиоклаз-кварцевыми кристаллическими сланцами с прослоями песчаников, мраморов, биотитовых гнейсов. Урановое орудение приурочено к крыльям флексурообразной складки, осложненной еще более мелкими складками, представлено уранинитом и урансодержащим торитом (Аверьянов, Рахимов, 1964) и генетически связано с широко проявленными на Зор-Ярчи-Чаке многостадийными процессами гидротермально-метасоматического преобразования пород. К одной из заключительных стадий приурочены широко распространенные полосчатые метасоматиты (рис. 2), сложенные альбитом, кварцем, магнезиальным амфиболом, турмалином шерл-дравитового ряда; из аксессуарных минералов в них имеются пирит и рутил. В наиболее измененных участках распространены кварцевые обособления с лучистыми агрегатами магнезиального амфибола, в той или иной мере замещенные агрегатами талька с флогопитом. На рудопроявлении известны гипергенные минералы урана: шрекингерит $\text{NaCa}_3(\text{UO}_2)(\text{SO}_4)(\text{CO}_3)3\text{F} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, отенит $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10-12\text{H}_2\text{O}$, уранофан $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{SiO}_3(\text{OH})]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Аверьянов, Рахимов, 1964).



Рис. 1. Магистральная канава, в которой был встречен кокоиноит. Проявление Зор-Ярчи-Чак, Восточный Памир.



Рис. 2. Характерный облик полосчатой гидротермально-метасоматической породы. Лейкоократовая часть представлена агрегатом кварца и кислого плаггиоклаза, меланократовая – магнезиальным амфиболом. Длина образца 10 см.

При полевых работах на В. Памире в 2018 г. в отвалах одной из магистральных канав на этом рудопроявлении нами был встречен кокоиноит, а

также еще один весьма редкий фосфат уранила – фуркалит $\text{Ca}_2(\text{UO}_2)_3\text{O}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Ниже приведено описание находки кокоиноита, которая является, по всей вероятности, вторым достоверным описанием этого минерала.



Рис. 3. Глиноподобная корка кокоиноита на ожелезненной поверхности существенно кварцевой породы (отвалы магистральной канавы). Размер образца 3 x 5 см.

Минерал образует плотные глиноподобные массы бледно-желтого цвета (площадью до 2 см²) по трещинам в породе существенно кварцевого состава (рис. 3). В коротковолновом ультрафиолетовом свете агрегаты кокоиноита обладают бледно-желтой люминесценцией. При больших увеличениях видно, что плотные массы минерала состоят из агрегатов пластинчатых кристаллов размерами 5–10 микрон в поперечнике (рис. 4). Мелкий размер индивидов не позволил получить сколь-нибудь полные оптические характеристики минерала. Иммерсионным методом удалось измерить только $n_m = 1.589(3)$ при 589 нм, который оказался близким к опубликованным данным для этого минерала ($n_m = 1.586(5)$, Young et al., 1966).

Анализ всех компонентов, за исключением воды и углерода, был выполнен на микрозондовом анализаторе JCXA Superprobe 733 фирмы JEOL с помощью Si(Li)-детектора с ультратонким окном ATW2 и системой анализа INCA Energy 350 (условия анализа: $U = 20$ кВ; $I = 1$ нА, расфокусированный пучок). В качестве стандартов использовались: Al_2O_3 (AlKa), AlPO_4 (PKa), AsS (SKa), Fe_2O_3 (FeKa), воластонит STD (CaKa), UO_2 (UMa). Общее содержание воды определено в воздушно-сухой пробе минерала из двух навесок (1.68 и 1.85 мг) методом Дюма-Прегля с хроматографическим окончанием на CNH-анализаторе Carlo Erba 1106. Навески сжигались в оловянных капсулах (T вспышки ~ 1800 °С). Среднее содержание воды в кокоиноите по двум анализам этим методом составило 22.4 мас.%. Прямое определение $\text{H}_2\text{O}(+)$ и $\text{H}_2\text{O}(-)$ оказалось малореальным из-за устойчивой динамики изменения массы навески при изменении температуры от комнатной и вплоть до 300 °С (Young et al., 1966). Потому расчет формулы проводился на фиксированное количество $24\text{O} + 2\text{OH}$, а количество молекулярной H_2O

далее рассчитывалось по разнице между содержанием воды общим и связанным с гидроксил-анионом. Расчетное количество молекулярной воды в минерале (табл. 1) варьирует для разных образцов от 18.6 до 20 молекул H₂O. Для локальных микрозондовых анализов наблюдаются завышенные суммы, возможно, связанные с особенностями поведения минерала в вакууме: на частичное обезвоживание минерала при анализе указывает Л.Н. Белова с соавторами (1993).

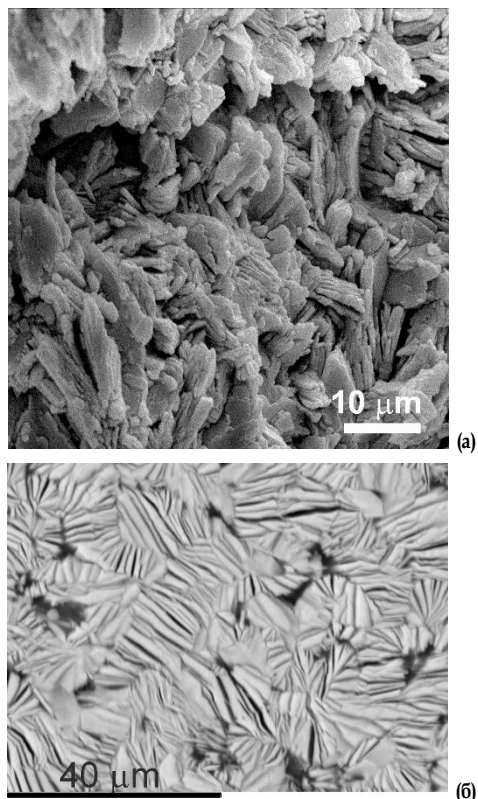


Рис. 4. а – тонкокристаллический агрегат коконинита, режим SEI; б – полированный препарат коконинита, режим BSE.

В химическом составе коконинита обращают на себя внимание вариации в содержаниях алюминия (Al₂O₃ 5.4–7.3 мас.%) и железа (Fe₂O₃ 9.9–12.7мас.%), между которыми наблюдается обратная корреляция (табл. 2, рис. 5). Из месторождения Косчека (Узбекистан) известен практически безжелезистый минерал, близкий кокониниту, содержащий 13.78 мас.% Al₂O₃ (Белова и др., 1993), что позволяет «...рассматривать кокониниты как ряд минералов с широко проявленным изоморфизмом алюминия и железа, менее хрома» (в коконините из Кызылкумов установлено до 1.86 мас.% Cr₂O₃) (Белова и др., 1993; Дойникова, Сидоренко, 2006). К сожалению, мы не нашли аналитических данных для Al-аналога коконинита из La Creusaz (Швейцария) (Meisser et al., 2010). По всей видимости, название «коконинит» может объединять два различных минерала – Al- и Fe- доминантные члены.

Таблица 1. Химический состав (мас.%) коконинита из месторождения Зор-Ярчи-Чак (В. Памир, Таджикистан) (1,2), Blackwater, Аризона (3); Jomas Mine, Юта (4) (США); Косчека (Ауминзатау, Узбекистан) (5) и теоретический состав (6)

	1	2	3	4	5	6
Al ₂ O ₃	6.86	6.95	6.5	6.6	13.78	6.47
Fe ₂ O ₃	10.99	11.13	10.3	9.7	Н	10.13
UO ₃	38.61	39.09	34.2	34.9	38.73	36.30
CaO	0.52	-	<0.1	0.1	Н	-
P ₂ O ₅	18.13	18.35	17.7	18.3	19.52	18.01
SO ₃	4.58	4.64	6.1	5.4	4.96	5.08
CO ₂	0.77	-	0.7	<0.1	Н	-
H ₂ O _{общ}	22.4	22.7	23.4	24.0	23.97	
Сумма	102.86	102.86	98.9	99.5	100.96	100.00
Расчет на (24O + 2OH) ф.е.						
Al ³⁺	2.02	2.07	1.96	2.03	4.01	2.00
Fe ³⁺	2.06	2.12	1.98	1.90	0.00	2.00
Ca ²⁺	0.14	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00
U ²⁺	2.02	2.08	1.84	1.91	2.01	2.00
P ⁵⁺	3.83	3.93	3.83	4.04	4.08	4.00
S ⁶⁺	0.86	0.88	1.17	1.06	0.92	1.00
C ⁵⁺	0.26	0.00	0.24	0.04	0.00	0.00
(OH) ⁻	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
*H ₂ O	17.64	18.16	18.94	19.87	18.74	20.00

Примечание. 1 – среднее по 24 электронно-зондовым анализам (кроме CO₂ и H₂O_{общ}), CO₂ и H₂O_{общ} – среднее по двум CHN-анализам; 2 – тот же анализ за вычетом CaCO₃; 3, 4 – мокрая химия, аналитик R. Meyrowitz (Young et al., 1966), CO₂ и H₂O_{общ} – CHN-анализ; (3 – Blackwater No. 4 Mine, Аризона, США; 4 – Jomas Mine, Юта, США); 5 – мокрая химия, аналитик Г.В. Любомулова (Белова и др., 1993), Н – данные у авторов не приведены; 6 – расчетные значения для Fe₂Al₂(UO₂)₂(PO₄)₄(SO₄)(OH)₂ · 20H₂O. Прочерк означает, что содержание компонента ниже предела обнаружения.

* H₂O молекулярная расчетная.

Таблица 2. Выборка локальных электронно-зондовых анализов коконинита из Зор-Ярчи-Чака (мас.%)

	1	2	3	4	5	6
Al ₂ O ₃	5.44	5.82	6.12	7.00	7.17	7.70
Fe ₂ O ₃	12.71	11.81	11.96	10.21	9.88	9.77
UO ₃	37.38	38.06	38.46	39.82	38.43	38.31
CaO	0.87	0.77	0.67	0.53	0.00	0.63
P ₂ O ₅	18.27	17.47	18.63	17.91	17.91	18.49
SO ₃	4.22	4.37	3.90	4.03	4.86	4.40
Сумма	78.89	78.30	79.74	79.50	78.25	79.30
Расчет на сумму катионов Σ = 11 ф.е.						
Al ³⁺	1.63	1.77	1.82	2.11	2.17	2.26
Fe ³⁺	2.42	2.29	2.26	1.96	1.91	1.83
Ca ²⁺	0.24	0.21	0.18	0.15	0.00	0.17
U ⁶⁺	1.99	2.06	2.03	2.14	2.08	2.01
P ⁵⁺	3.92	3.97	3.97	3.87	3.90	3.90
S ⁶⁺	0.80	0.85	0.74	0.77	0.94	0.82

В агрегатах коконинита с В. Памира в заметных количествах присутствует кальций (по данным микрозондовых анализов содержание CaO до 0.92 мас.%), кроме того, методом CHN-анализа установлено небольшое содержание углерода

(CO₂ 0.77 мас.%). Несмотря на то что для кокониноита не определена структура, из общих кристаллохимических соображений сложно разместить такое количество Са в позициях Fe и Al, а карбонатные группировки – в позициях (PO₄)³⁻ и (SO₄)²⁻. Это дает основания предположить, что присутствие в анализах кальция и углерода связано с примесью (например, по границам зерен) карбоната кальция. (Чтобы связать весь углерод, определенный на CHN-анализаторе, в кальцит, арагонит или фатерит, требуется 0.98 мас.% СаО.) Это предположение подтверждается также и результатами ИК-спектроскопии. В итоге, после вычитания СаО и СО₂, эмпирическая формула минерала выглядит следующим образом: Fe_{2.07}Al_{2.12}U⁺⁶_{2.08}P_{3.93}So_{0.88} O₂₄(OH)₂ · 18.16H₂O (расчет на 24O + 2OH) (табл. 1).

ИК-спектроскопическое изучение кокониноита проведено на спектрометре Spexord 75-IR. Препараты готовились методом прессования таблеток с вакуумированием из смеси минерала с просушенным КВг. Обработка спектров проводилась в программе Omnic. Наряду со спектром кокониноита с Памира был получен спектр кокониноита с одного из мест первого описания – Jomas Mine, шт. Юта, США (образец № 86585 из систематической коллекции Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана). Полученные ИК-спектры показаны на рис. 6. Здесь же для сравнения приведен ИК-спектр высокоалюминиевого кокониноита (Chukanov, 2014). Перечень полос поглощения в ИК-спектрах минерала приведен в табл. 3, в которой наряду с нашими данными для кокониноита с Памира и штата Юта, Jomas Mine, приведены результаты, полученные Р. Фростом с соавторами (Frost et al., 2011). ИК-спектр кокониноита из Зор-Ярчи-Чака отличается менее разрешенными полосами поглощения в

диапазоне 900–1200 см⁻¹, однако в целом положение полос и осложняющих их плеч соответствует такому для кокониноита из Jomas Mine. Отличительной особенностью является присутствие в спектре из Зор-Ярчи-Чака слабой полосы в диапазоне 1410–1460 см⁻¹, соответствующей вибрационным колебаниям карбонатной группировки, что не противоречит предположению о присутствии примеси СаСО₃ в агрегате кокониноита. Эта же полоса обнаружена и в образце кокониноита из Jomas Mine и также может принадлежать карбонату кальция, что согласуется с присутствием в анализах минерала (табл. 1) небольших содержаний СаО (0.1 мас.%) и СО₂ (< 0.1 мас.%).

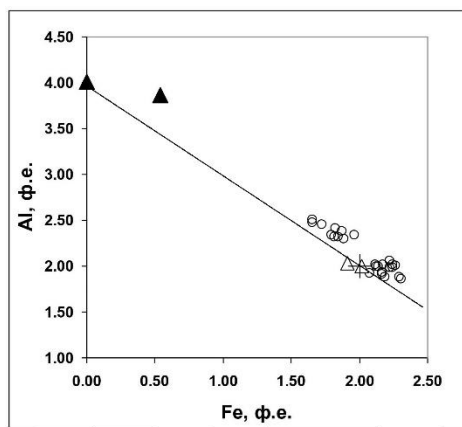


Рис. 5. График корреляционной зависимости Al и Fe в кокониноите (расчет формулы на 11 катионов). ○ Зор-Ярчи-Чак, наши данные; Δ Jomas Mine, Юта (Young et al., 1966); ▲ Косчека, Узбекистан (Белова и др., 1993); + теоретический состав Al = 2.0, Fe = 2.0 ф.е.

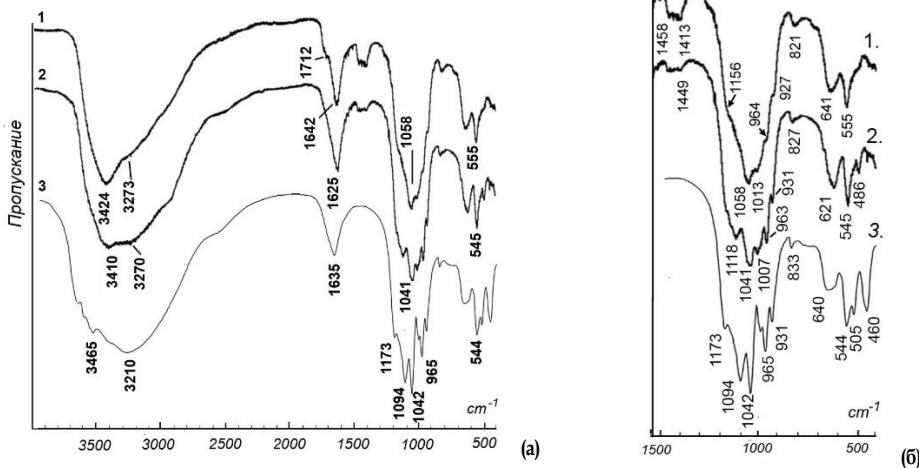


Рис. 6. ИК-спектры кокониноита: а – обзорный спектр, б – детализация в диапазоне 400–1500 см⁻¹. 1 – Зор-Ярчи-Чак, В. Памир (наши данные), 2 – Jomas Mine, Юта, США (наши данные), 3 – Косчека, Узбекистан (Chukanov, 2014).

Рентгеновская порошковая диаграмма кокониноита была получена на дифрактометре ДРОН-3 (CuK α -излучение, Ni-фильтр) и близка к порошковым данным для кокониноита из других мест находок (табл. 4). Параметры моноклинной ячейки, рассчитанные по порошковой диаграмме методом наименьших квадратов, несколько отличаются от таковых кокониноита из шт. Юта и Центральных Кызылкумов, в первую очередь по параметру *c* (табл. 5), что может быть связано с вариацией содержания молекулярной воды в минерале. Так, Л.Н. Белова с соавторами (1993) отмечают, что наиболее сильно обезвоживающие минералы в вакууме сказываются именно на параметре *c*, который по результатам расшифровки

электронограммы понизился с 23.08 до 17.22 Å для частично обезвоженного минерала.

В заключение отметим, что настоящая работа является, по всей вероятности, вторым описанием находки кокониноита, т.е. минерала, наиболее близкого по соотношению Fe/Al к образцам с мест первого описания. Наличие вариаций по содержаниям Fe и Al, а также гидроксильной и кристаллизационной воды требует уточнения формулы минерала.

Изученный образец кокониноита передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН и включен в систематическую коллекцию основного фонда музея под номером 96907.

Таблица 3. Основные полосы поглощения (см⁻¹) в ИК-спектрах кокониноита из Зор-Ярчи-Чака (1), Jomac Mine, Юта, (2, 3); Косчека (4)

1	2	3	4	Интерпретация
420(?)	446, 486	Не указаны	436, 505	(FeO ₆) ²⁺ v ₃ вибрационные колебания
555	545	578	544	(PO ₄) ³⁻ v ₄ деформационные колебания
	621	608 sh, 615, 625, 635 sh	610 sh	(SO ₄) ²⁻ v ₄ деформационные колебания
641	640 sh	647 sh	640	(AlO ₆) ³⁺ v ₃ вибрационные колебания
821	827	783, 832	730 w, 833 w	(UO ₂) ²⁺ v ₁ симметричные валентные колебания
927	931	929	931	(UO ₂) ²⁺ v ₁ асимметричные валентные колебания
964	963	959, 981 sh	965, 989	PO ₄ v ₁ симметричные валентные колебания
1013	1007	1002		SO ₄ v ₁ симметричные валентные колебания
1058, 1100 sh, 1156 sh	1041, 1118, 1168	1043, 1071 sh, 1112 sh, 1142 sh, 1173	1042, 1094, 1140 sh, 1173,	трижды вырожденные v ₃ асимметричные валентные колебания (PO ₄) ³⁻ и (SO ₄) ²⁻
1413, 1458	1449			CO ₂ -v ₃ вибрационные колебания
	1565	1573		δ-Me ³⁺ -(OH) деформационные колебания
1642, 1712	1625	1636, 1700	1635, 1670 sh	δ-H ₂ O деформационные колебания
3269, 3424	3273, 3410	3182, 3393	3210, 3340 sh, 3465	H-O-H валентные колебания
		3514, 3572	3530, 3580	валентные колебания OH-групп со слабыми водородными связями

Примечание. 1, 2 – наши данные; 3 – Frost et al., 2011; 4 – (Al_{3.41}Fe_{0.38})(UO₂)_{2.12}(PO₄)_{4.17}(SO₄)_{0.83}(OH)_x · nH₂O (Chukanov, 2014); sh – плечо, w – широкая полоса.

Таблица 4. Межплоскостные расстояния кокониноита

Зор Ярчи-Чак (наши данные) *		Jomac Mine, Юта (Young et al., 1966)		горы Ауминзатау **, (Белова и др., 1993)		hkl
<i>d/n</i> , Å	I/I ₀	<i>d/n</i> , Å	I/I ₀	<i>d/n</i> , Å	I/I ₀	
11.10	100	11.12	100	11.02	100	002
8.98	20	9.20	3	8.94	5	$\bar{1}11$
		8.66	8	8.75	5	110
		8.40	3	7.85	0	$\bar{1}12$
7.68	2	7.66	8	7.55	< 10π	111
		7.28	3	6.50	0	020
		6.24	2	6.26	< 5	112
				6.16	< 5	021
5.97	2	5.91	3	5.96	< 10	$\bar{2}02$
5.89	3	5.91	3	5.86	10	200
5.66	8	5.64	18			

5.55	31	5.56	42	5.512	35	004
5.012	3	5.02	9	4.935	10	023
				4.820	<5	204
4.562	7	4.59	14	4.521	11	221
4.458	7	4.50	3	4.410	<10	220
4.306	2	4.31	10	4.256	10	114
		4.21	2			
4.166	2	4.17	4	4.120	<5	221
4.040	5	4.05	7	4.060	5	131
						130
		3.97	3	3.994	10	312
						131
3.931	3			3.930	10	132
3.885	3	3.91	6	3.860	10	224
3.838	2	3.82	5			
3.758	5	3.77	7	3.780	<10	310
		3.71	12	3.720	10	133
3.698	12			3.687	15	006
3.645	3			3.580	5	204
		3.46	2	3.440	<5	223
3.394	2	3.39	5	3.368	10	315
3.290	7	3.30	22	3.336	23	312
3.232	2	3.26	?	3.251	14	040
3.173	3	3.18	6	3.140	10	224
3.106	2	3.12	3w			
						313
3.045	2	3.04		3.070	5	401
3.027	4	3.00	5	3.010	10	404
2.998	3			2.996	0	400
2.948	2			2.977	<10	043
2.923	2			2.910	<5	405
2.872	2					
2.852	3					
2.836	4	2.840	7	2.842	<10	240
		2.800	4	2.806	10	422
2.784	2			2.769	<10	044
2.773	4					
2.751	2			2.758	<10	008
				2.720	<5	420
2.663	2	2.670	7	2.642	5	242
2.484	2	2.560	3			

* ДРОН-2.0, CuK α -излучение, Ni-фильтр.

** В работе не указывается, для материала с какого именно объекта получена порошковаяграмма.

Таблица 5. Параметры элементарной ячейки кокоиноита из Зор-Ярчи-Чака (1), Jomas Mine, Юта, (2), Кызылкумов (3, 4)

	Наши данные				Белова и др., 1993			
	1	2	3	4	1	2	3	4
$a, \text{Å}$	12.45(1)	12.50	12.47	12.45(6)				
$b, \text{Å}$	12.87(1)	12.97	12.96	12.96(3)				
$c, \text{Å}$	22.75(1)	23.00(3)	23.08	17.22(5)				
$\beta, ^\circ$	105.66(4)	106.6	106.76	105.7				

Примечание. 1-3 – уточнение по порошковойграмме, обычные условия; 4 – расчет по электронограмме в вакууме.

Благодарности

Авторы благодарят П.В. Хворова за помощь, оказанную при сборе материала, Ф.К. Рахими – за помощь в организации полевых работ и проведении исследований.

Авторы также благодарят рецензентов С.Н. Бритвина и Д.И. Балаковского за ценные замечания по статье.

Список литературы:

Аверьянов Г.С., Рахимов Р.М. Ураноносность Памира и Дарваза (отчет по теме «Радиоактивность пород Памира»). 1964. Душанбе.

Белова Л.Н., Горшков А.И., Дойникова О.А., Мохов А.В., Трубкин Н.В., Сивцов А.В. Новые данные о кокониноите // Докл. АН СССР. 1993. Т. 329(6). С. 772–775.

Дойникова О.А., Сидоренко Г.А. Кокониноит и родственные алюмо-уранил-фосфаты // Новые данные о минералах. 2006. В. 41. С. 108–118.

Новые данные о минералах Узбекистана (коллектив авторов). Ташкент: Фан, 1989. 316 с.

Chukanov N.V. Infrared spectra of mineral species. Extended library. Dordrecht: Springer Science+Business Media. 2014. 1726 p.

Frost R.L., Palmer S.J., Cejka J. The application of Raman spectroscopy to the study of the uranyl mineral coconinoite $\text{Fe}_2\text{Al}_2(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ // Spectroscopy letters. 2011. 44(6). P. 381–387.

Hunan 230 Institute and X-ray Laboratory, Wuhan Geologic College. Xiangjiangite – a new uranium mineral discovered in China // Sci. Geol. Sinica. 1978. V. 2. P. 183–188 (на кит. яз. с англ. реф.).

Lecca G., Ciriotti M.E., Blass G., Callegari A.M., Boiocchi M. Primo ritrovamento europeo di coconinoite (con noticella sul primo ritrovamento regionale di bottinoite) // Micro. 2011. Vol. 9. P. 73–79.

Meisser N., Brugger J., Ansermet S., Thélin P., Bussy F. Françoisite-(Ce), a new mineral species from La Creusaz uranium deposit (Valais, Switzerland) and from Radium Ridge (Flinders Ranges, South Australia): Description and genesis // Amer. Mineral. 2010. Vol. 95. P. 1527–1532.

Young, E.J., Weeks A.D., Meyrowitz R. Coconinoite, a new uranium mineral from Utah and Arizona // Amer. Mineral. 1966. Vol. 51. P. 651–663.