

УДК 549.6

ТУРАНИТ С ТЮЯ-МУЮНА, КИРГИЗИЯ: НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛЕ

В.Ю. Карпенко, А.А. Агаханов, Л.А. Паутов

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, pla@fmm.ru

Е.В. Соколова, Ф. Хавторн

Геологический факультет Университета Манитоба, Виннипег, Канага

Г.К. Бекенова

Институт геологических наук им.К.И. Сатпаева МО и Н РК, Алма-Ата, Казахстан, bekenova@mail.ru

Получены новые данные для туранита, описанного в начале прошлого века на месторождении Тюя-Муюн, по результатам изучения голотипного образца из Минералогического музея им. Ферсмана (Москва) и новых полевых сборов. Туранит образует сферолитовые агрегаты в ассоциации с тангеитом, малахитом, баритом, кварцем, кальцитом, а так же входит в состав кавернозных выделений с тангеитом. Туранит оливково-зеленый, прозрачный, часто представлен полисинтетическими двойниками, хрупкий. Твердость по Моосу 4.5 – 5, $VHN = 436(354 - 570 \text{ кг/мм}^2)$. Сп. сов. по (011). Уд.в. (расч.) = 4.452 г/см³. Параметры ячейки, рассчитанные по порошковой диаграмме: $a = 5.377(6) \text{ \AA}$, $b = 6.276(7) \text{ \AA}$, $c = 6.833(7) \text{ \AA}$, $\alpha = 86.28(2)$, $\beta = 91.71(3)$, $\gamma = 92.35(2)^\circ$, $V = 229.8(1) \text{ (\AA}^3)$. Состав (голотипный образец/новые сборы) (микросонд, мас.%) $\text{CuO } 62.94/64.81$, $\text{V}_2\text{O}_5 \text{ } 28.90/29.86$, $\text{H}_2\text{O } 5.85$ (расчет по структурным данным)/5.81 (расчет по балансу зарядов, сумма 97.69/100.52). Эмпирическая формула $\text{Cu}_{4.97}(\text{VO}_4)_{2.00}(\text{OH})_{4.08}$. Приведены ИК-спектры туранита и тангеита. Генезис минерала гидротермальный. Результаты изучения туранита наряду с ранее расшифрованной структурой подтверждают статус его как самостоятельного минерального вида. Вместе с тем требуется ревизия сведений о находках туранита в Неваде, США. В статье 3 таблицы, 4 рисунка и список литературы из 12 названий

Занимаясь изучением минералов ванадия из Южной Ферганы, авторы столкнулись с тем фактом, что данные по тураниту, $\text{Cu}_5(\text{VO}_4)_2(\text{OH})_4$, на сегодняшний день крайне скудны и малоудовлетворительны. В начале прошлого века К.А. Ненадкевич описал два новых ванадиевых минерала с радиевого месторождения Тюя-Муюн – алаит и туранит, назвав их по местонахождению Тюя-Муюнского перевала «...собственно в пределах северо-восточной части предгорий Алая, представляющих южную границу Туранского бассейна...» (Ненадкевич, 1909). Статья, по всей видимости, носила предварительный характер, поскольку в ней приведено лишь краткое описание форм нахождения двух минералов, а также их формулы без химических анализов. В этой работе автор, основываясь на стехиометрии, делает вывод о близости его с моттрамитом. В конце статьи Ненадкевич отмечает, что «...анализы и более подробное описание химических и физических свойств этих минералов будут напечатаны в Трудях Геологического Музея Академии». Но в «Трудах...» по каким-то причинам этой работе так и не суждено было быть опубликованной. А.Е. Ферсман в своем обзоре по геохимии и минералогии Тюя-Муюна (Ферсман, 1928) упоминает туранит, наряду с другими ванадатами – тангеитом, ванадинитом и туркестанским фольбортитом*. При этом он отмечает туранит в качестве наиболее обычного ванадата в верхних горизонтах, в частности, в

Желтой пещере. Ларсен и Берман (1937) приводят оптические свойства туранита, полученные, по всей видимости, ими самими на материале с Тюя-Муюна. Межплоскостные расстояния (без индексов hkl) впервые публикует в своей обобщающей работе Гильом (Guillemin, 1956).

Кроме Тюя-Муюна находки туранита отмечаются в штате Невада, США – заявка Van-Nav-Sand, район Fish Creek, округ Eureka, (Pullman and Thomssen, 1999), шахта Gold Quarry mine, район Maggie Creek (Castor and Ferdock, 2004). Правда, эти работы носят характер сводок и туранит приводится здесь лишь в обзорах местонахождений штата Невада без каких-либо аналитических данных или ссылок на статьи, инструментально подтверждающие диагностику минерала. Рентгеновским методом нами было проверено два образца из района Fish Creek, округ Eureka, полученных как туранит, но оба оказались фольбортитом.

Отсутствие достоверных инструментальных данных по составу и структуре минерала привели к тому, что в справочных изданиях туранит стал появляться со знаком «?». В связи с этим мы предприняли попытку подтвердить туранит как минеральный вид на примере изучения образца из фондов Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана, а также из материала недавно проведенных сборов музея. Расшифровка структуры туранита (Sokolova et al., 2004) пролила новый свет на вопрос о

* Туркестанский фольбортит, $2\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot 3\text{CuO}$ (Ферсман, 1928), является, по всей вероятности, тангеитом

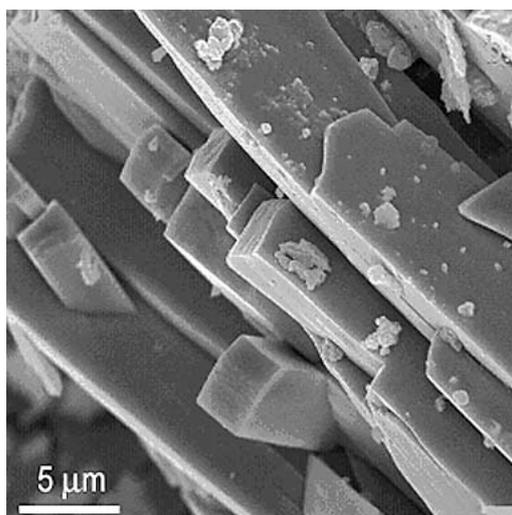
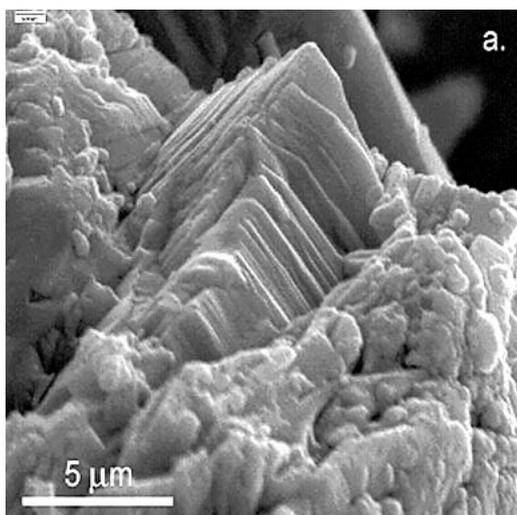


Рис. 1. Кристаллы туранита и тангеита: а – кристаллы туранита; б – агрегат кристаллов тангеита из ассоциации с туранитом. РЭМ-фото

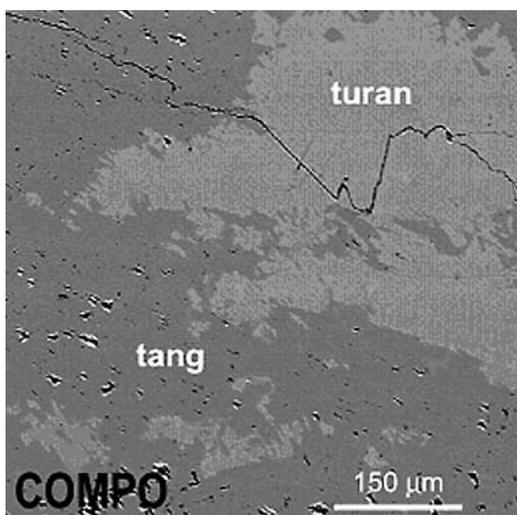
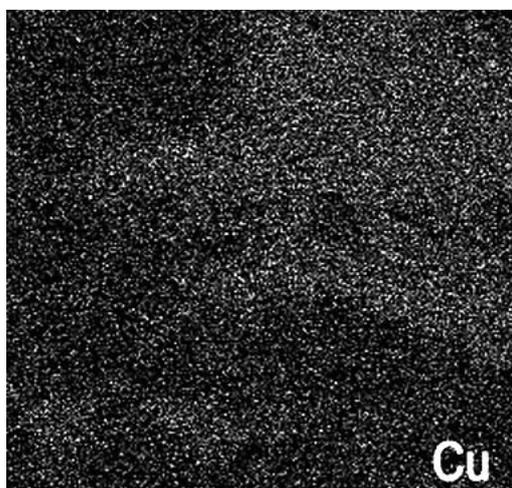
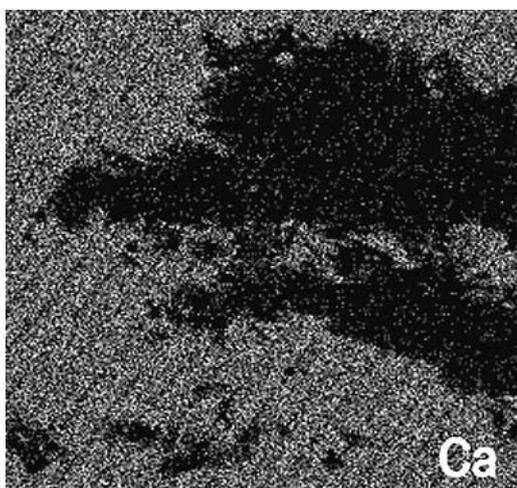


Рис. 2. Туранит (turan)-тангеитовый (tang) агрегат в составе «оливковой руды». Изображение в режиме COMPO (а) и в характеристическом рентгеновском излучении Ca (б) и Cu (с)



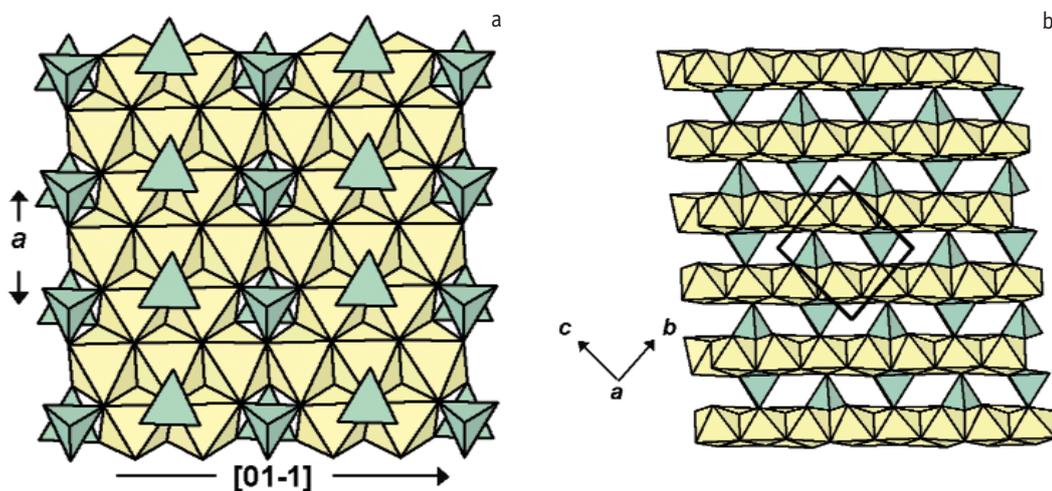


Рис. 3. Кристаллическая структура туранита (по Sokolova et al., 2004): а – слои Cu-октаэдров и V-тетраэдров в проекции вдоль [001]; б – смешанная октаэдрическо-тетраэдрическая постройка, вид вдоль [100]. Желтые – Cu-октаэдры, зеленые – V-тетраэдры

его статусе. Дополнительное изучение нами свойств туранита окончательно подтвердило индивидуальность минерала. В данной статье, в частности, впервые публикуются сведения о составе минерала, более качественные рентгеновские порошковые данные, ИК-спектр туранита. Также приводятся более полные сведения об ассоциации и морфологии выделений минерала.

Геология месторождения

Радий-урановое месторождение Тюя-Муюн открыто в 1902 году и находится в 30 км на юго-восток от г. Ош (Киргизия), в левом борту среднего течения р. Араван. Оно локализовано в пределах небольшого хребта, который весьма живописно, и в то же время точно охарактеризовал Д.П. Мушкетов: «..издалека он рисуется в виде резко очерченного, мрачного, длинного монолита, погруженного в какую-то чуждую ему окружающую бесформенную массу» (Мушкетов, 1926). Месторождение привлекло внимание многих исследователей в начале прошлого века, в первую очередь В.И. Вернадского, К.А. Ненадкевича, А.Е. Ферсмана, Д.И. Щербакова. Это связано не только с повышенным интересом к радию в то время, но и так же с уникальной морфологией и генезисом трубообразных рудных тел месторождения. Историю изучения Тюя-Муюна, а также геологическое строение его обобщил в своей работе В.И. Казанский (1970). Рудные тела, приуроченные к древним карстовым полостям, находятся в нижнекаменноугольных крутопадающих из-

вестняках субширотного простирания, пронизанных множеством трещинных нарушений и зажатых с обеих сторон средне-верхне палеозойскими кремнистыми, углисто-глинистыми сланцами с прослоями песчаников и известняков, а также порфирировыми туфами (на юге). Особенностью генезиса Тюя-Муюнского месторождения, является то, что «морфология полостей, заполненных рудной серией, определяется не ее активным образованием при самом приносе рудных элементов, а что последние в значительной степени уже использовали готовую полость ... карстового характера» (Ферсман, 1928). Возраст карста, согласно новым данным В.И. Казанского (1970), палеозойский, т.е. гораздо более древний, чем предполагалось ранними исследователями.

Описание минерала и ассоциация

В изучении вещественного состава рудных тел Тюя-Муюна большую роль сыграл, в первую очередь, К.А. Ненадкевич, который открыл здесь четыре новых минерала: туранит, алаит, тангеит и тюямунит. Н.Н. Смольянинова (1970) сделала обзор по истории минералогических исследований и минералогии месторождения. Наиболее распространенными минералами, слагающими тела карстовых полостей, являются кальцит и барит. Из минералов ванадия наиболее распространены тангеит, включая его высокомышьяковистую разновидность (Белова и др., 1985), и тюямунит; в небольших количествах встречаются моттрит, деклуазит, а так же ванадийсодержащий

Таблица 1. Параметры элементарной ячейки тураниита

	по данным структурного уточнения (Sokolova <i>et al.</i> , 2004).	рассчитанные по рентгеновским порошковым данным
a(Å)	5.3834(2)	5.377(6)
b(Å)	6.2736(3)	6.276(7)
c(Å)	6.8454(3)	6.833(7)
α (°)	86.169(1) 86.28(2)	
β (°)	91.681(1) 91.71(3)	
γ (°)	92.425(1) 92.35(2)	
V(Å ³)	230.38(2)	229.8(1)
Пр.гр.	P (-1)	
Z	1	

конихальцит (Белова и др., 1985). При этом находки тураниита и алаита упоминаются лишь со ссылкой на уже отмеченную выше работу Ненадкевича (1909). Статьи, алаит почему-то не является формально признанным КНМ ММА, хотя статус его, благодаря довольно обстоятельному исследованию голоти-па, проведенному Г.А. Анненковой с соавторами (1976), сомнений не вызывает.

Для исследований тураниита были использованы голотипный образец из систематической коллекции Минералогического Музея им. А.Е. Ферсмана (№ 3578), а также полевые сборы авторов (август, 2003 года).

Образец 3578 (4.5 x 7.5 x 5 см) был отобран К.А. Ненадкевичем в 1910 году и записан в музей в 1912 г. Выделения такого типа охарактеризованы им как «радиально-лучистые оливково-зеленые шаровые конкреции и почковидные корки почти исключительно внутри пустот в малахите и сильно оруденелом известняке». Образец представляет собой фрагмент кристаллической корки, образованной преимущественно лучистыми агрегатами малахита (длина игольчатых кристаллов достигает 0.5–3 мм). В центральной части образца имеется полость, выполненная крупными, до 10 мм в диаметре, сферолитами тураниита, имеющими характерный насыщенный фольбортитовый оттенок. Строение сферолитов тураниита при внимательном рассмотрении образца оказывается не радиально-лучистым, а радиально-пластинчатым, по наибольшей стороне длина пластинок минерала составляет до 5 мм. Сферолиты тураниита покрыты тонкой коркой болотно-зеленого тангеита. Этот минерал представлен тонко-игольчатыми кристаллами, размером до 0.1–0.2 мм. Нарастание тангеита на тураниит носит, похоже, эпитаксичес-

Таблица 2. Рентгеновские порошковые данные для тураниита, Тюя-Муюн

обр. 3578		Guillemin (1956)		Расчетные значения		
$I_{\text{измер.}}$	$d/n, \text{Å}$	$I_{\text{изм.}}$	$d/n, \text{Å}$	$I.$	$d/n, \text{Å}$	hkl
		80	7.25			
<1w	5.26		5	5.377	001	
10	4.79	100	4.76	100	4.771	011
4	3.67		12	3.659	-111	
7	3.47	20	3.45	30	3.484	111
3	3.41		15	3.414	002	
2	3.14		11	3.127	020	
3	3.07		18	3.083	012	
3	2.91		9	2.9173	-102	
			9	2.9166	021	
2	2.84	20	2.88	9	2.8479	102
9	2.69	40	2.70	38	2.6883	200
9	2.568	60	2.56	39	2.5682	-1-12
8	2.491	30	2.47	39	2.4916	1-21
2w	2.387	10	2.37	7	2.3853	022
7	2.289	30	2.29	28	2.2941	211
6	2.113	30	2.11	24	2.1162	-103
2	2.070		10	2.0761	103	
5	1.971	30	1.97	22	1.9709	-130
1	1.918	10	1.91	7	1.9178	130
1w	1.829		7	1.8297	-222	
4w	1.741		14	1.7420	222	
3w	1.615	10	1.61	11	1.6161	-114
3w	1.582	10	1.57	15	1.5826	114
5	1.529	20	1.53	14	1.5297	-3-12
5	1.521			15	1.5231	3-21
2	1.504			9	1.5047	-141
4	1.490			13	1.4894	0-33
3	1.469			12	1.4683	141
3	1.397	10	1.40	10	1.3993	-233
2	1.309			5	1.3108	-411
				4	1.3092	2-33
<1	1.295			3	1.2965	-2-33
				1	1.2937	-2-41
				1	1.2003	052
				1	1.1984	-341
1w	1.175			1	1.1767	-144
				3	1.1742	2-15
1w	1.146			4	1.1470	422
				1	1.1463	-431
				2	1.1450	341
1w	1.094			3	1.0941	-2-51
				1	1.0930	153
1w	1.064			2	1.0642	-325
2w	1.059			3	1.0581	-206
1w	1.053			3	1.0581	-206
				2	1.0525	-433
3w	0.986			3	0.9854	-260

Условия съемки: УРС-50ИМ, FeK α -излучение, Мп-фильтр, препарат — резиновый столбик $d=0.15$ мм, камера РКУ-114М; w — уширенные линии, полужирным выделены отражения, использованные для расчета параметра ячейки (аналитик В.Ю. Карпенко)

кий характер. Тангеит, кроме того, образует самостоятельные корки спутанно-волокнистых, а также сферолитовых травяно-светло-зеленых, белесых агрегатов (диаметр сферолитов 1–2 мм), нарастающих на малахит. В пустотках иногда встречаются прозрачные двухголовые кристаллики кварца (до 1 мм длиной), содержащие обильные включения иголок тангеита. Из этого образца был отобран материал для расшифровки структуры (Sokolova *et al.*, 2004), а так же для получения других свойств и характеристик, приведенных ниже.

Среди образцов, собранных нами в августе 2003 года в отвалах Тюя-Муонского рудника в западной части Радиевой горы, туранит был обнаружен в составе губчатых масс, отмеченных К.А. Ненадживичем (1909) и А.Е. Ферсманом (1928) и называемых ими «оливковой рудой».

В плотных тангеит-туранитовых массах эти два минерала с трудом отличимы друг от друга, однако в пустотках туранит сразу угадывается по кристалликам таблитчатой морфологии (рис. 1а), в то время как для тангеита характерны брусковидные кристаллы (рис. 1б). Эти два минерала хорошо отличаются в полированных аншлифах по отражательной способности, которая для туранита оказывается большей, по сравнению с таковой тангеита. Кроме того, туранит принимает полировку заметно лучше тангеита. Пустоты в туранит-тангеитовых агрегатах часто оказываются полностью или частично заполнены кальцитом и реже медово-желтыми, коричневыми кристаллами барита. На рисунке 2 показан фрагмент такого тангеит-туранитового агрегата.

Физические свойства

Туранит — насыщенного оливкового цвета минерал со стеклянным блеском, очень похожий на фольбортит. Прозрачен в тонких сколах. В иммерсионных препаратах обнаруживает полисинтетическое двойникование. Ширина отдельных индивидов в двойниках составляет 0.005–0.03 мм, что осложнило выбор материала для структурной расшифровки (Sokolova *et al.*, 2004). В концентрированной жидкости Клеричи (плотность 4.25 г/см³) зерна минерала медленно погружаются. Расчетная плотность туранита 4.452 г/см³. Спайность совершенная по (011). Минерал хрупок. Твердость по Моосу 4.5–5. Микротвердость, измеренная на микротвердометре ПМТ-3 в сечении перпендикулярном (011), составила VHN = 436 кг/мм² (10 замеров, разброс значений 354–570 кг/мм² нагрузка 50 г, тарирован

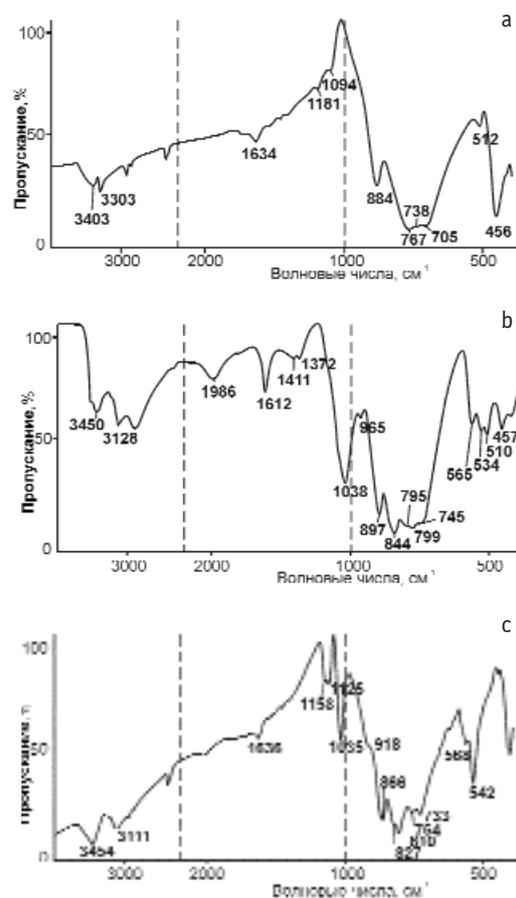


Рис. 4. ИК-спектры: а — туранит, обр. 3578 (ФММ); б — фольбортит (Верх. Ходжа Ахмет, Узбекистан); с — тангеит (лаб. № 744)

по NaCl). Твердость туранита является дополнительным диагностическим признаком, отличающим его от близкого по внешним свойствам фольбортита (у последнего твердость меньше — 3.5–4 по Моосу, VHN = 150–220 кгс/мм²).

Рентгеновское изучение

Исследование структуры минерала было проведено на четырёхкружном диффрактометре Bruker P4 с CCD детектором APEX 4K, MoK α -излучением (Sokolova *et al.*, 2004). Структура расшифрована прямым методом и уточнена с R-фактором, равным 2.2% по 1332 независимым рефлексам; пространственная группа P(-1), параметры ячейки приведены в таблице 1. Не вдаваясь в детали, кратко отметим, что основу структуры составляют слои параллельные (011) из октаэдров Cu, обуславливающие совершенную спайность минерала

Таблица 3. Химический состав туранита и тангеита, Тюя-Муюн (мас. %)

Компоненты	Туранит			Тангеит	
	1 (среднее по 2 ан.)	2 (среднее по 2 ан.)	3	4	5
CaO				22.59	11.29
CuO	62.94	64.81	64.60	34.32	23.65
PbO					27.96
V ₂ O ₅	28.90	29.86	29.54	36.35	18.89
SO ₃				2.49	0.67
As ₂ O ₅					10.40
H ₂ O	5.85*	5.81**	5.85	3.66**	3.13**
Сумма	97.69	100.48	100.00	99.41	95.99

Вода расчетная: * по результатам структурного уточнения; ** – по балансу зарядов

1–3 туранит (расчет на 2 атома V): 1 – крупные сферолиты (обр. 3578, систематическая коллекция ФММ) $Cu_{4.97}(VO_4)_{2.00}(OH)_{4.06}$; 2 – в составе губчатых тангеит-туранитовых агрегатов (лаб. №744, сбор музея, 2003 г.) $Cu_{4.96}(VO_4)_{2.00}(OH)_{4.06}$; 3 – идеальный состав $Cu_5(VO_4)_3(OH)_4$; 4–5 тангеит (расчет на 1 атом (V+As+S)): 4 – в составе губчатых агрегатов с туранитом (лаб. №744) $Ca_{0.94}Cu_{1.00}(VO_4)_{0.93}(SO_4)_{0.07}(OH)_{0.95}$; 5 – тангеит свинцово-арсенатный в составе зонально-концентрической почки ($Ca_{0.68}Pb_{0.40}$) $_{1.06}Cu_{0.97}[(VO_4)_{0.68}(AsO_4)_{0.29}(SO_4)_{0.03}]_{1.00}(OH)_{1.09}$

Анализы: 1, 2, 4 – аналитик А.А. Агаханов, 5 – П.Е. Котельников

(рис. 3а). Имеются три позиции Cu, первая из которых координирована четырьмя (ОН)-группами и двумя О-атомами, а Cu(2) и Cu(3) координированы соответственно двумя (ОН)-группами и четырьмя О-атомами. Также имеется единственная четверная позиция V, окруженная атомами О. Каждый из (VO₄)-тетраэдров опирается тремя из четырех вершин на вершины вакантных октаэдров. Будучи расположенными между слоями октаэдров Cu, тетраэдры формируют структуру «сэндвича» (рис. 3б). Схожие мотивы известны для структур симонколлеита, сиансиуллита, гордаита, корнубита и рамсбекита (Sokolova et al., 2004).

Порошкограмма туранита была получена нами для образца 3578. Межплоскостные расстояния приведены в таблице 2; параметры ячейки, рассчитанные по порошкограмме, приведены в таблице 1. Рентгеновские данные, приведенные Гильомом (Guillemin, 1956), в целом, согласуются с полученными нами, за исключением межплоскостного расстояния $d/\eta = 7.25 \text{ \AA}$, которое, возможно, является артефактом, либо связано с какой-то примесью. Кристаллы туранита имеют таблитчатый облик, определяемый пинакоидом {011}. Крупные кристаллы туранита лишены хорошей окраски, мелкие же (до 0.05 мм) из-за размера, к сожалению, измерить не удалось.

Химический состав

Туранит является вторым после фольбортита водным ванадатом меди, встреченным в природе. Химический состав минерала изучался на электронно-зондовом микроанализаторе JCSA-50A JEOL с энергодисперсионной приставкой LINK при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 3 нА. Использовались стандарты: металлические Cu и V (Cu,V), диоксид USNM 117733 (Ca), барит (S). Мышьково-свинцовый тангеит (ан. 5) был проанализирован на приборе Superprobe 733 с энергодисперсионной приставкой INKA ENERGY, 20 кВ, ток зонда 2.5 нА, использовались стандарты: металлические Cu и V (Cu,V), CaSiO₃ (Ca), SiO₂ (Si), PbS (Pb), GaAs (As).

Для H₂O были приняты расчетные значения. Состав минерала приведен в таблице 3. Кроме того, был проанализирован тангеит, находящийся в составе кавернозных агрегатов вместе с туранитом. Обращает на себя внимание небольшое количество серы, стабильно присутствующей в различных участках проанализированного тангеита. В одном из образцов, сложенных зональным почковидным агрегатом, был встречен мышьяковый тангеит с необычно высокими содержаниями свинца. И хотя в этом образце туранита не оказалось, мы приводим его состав, который более полно характеризует ассоциацию ванадиевых минералов Тюя-Муюна.

ИК-спектры

ИК-спектры туранита, а так же тангеита получены на ИК-Фурье-спектрометре Nicolet, в качестве препарата использовалась запрессовка минералов в таблетке KBr (рис. 4). Для сравнения приведен ИК-спектр фольбортита, полученный в идентичных условиях. На спектрах туранита и фольбортита имеются характерные полосы поглощения в диапазоне 450–460 см⁻¹, а также 730–1100 см⁻¹, связанные с вибрационными колебаниями VO₄-тетраэдров; основные отличия между ними наблюдаются в области 510–600 см⁻¹ и связаны, вероятно, с наличием объединенных в диортогруппы VO₄-тетраэдров в фольбортите. У тангеита, кроме характерных полос поглощения, связанных с VO₄-тетраэдрами, имеется небольшая полоса в диапазоне 1120–1160 см⁻¹, что обусловлено входящей в структуру сульфатной группой и вполне согласуется с данными микрозондового анализа. Присутствие молекулярной воды в фольбортите фиксируется по весьма интенсивной полосе деформационных колебаний H₂O 1612 см⁻¹, тогда как у тангеита и туранита эта поло-

са мало выражена. Диапазон 3000–3500 см⁻¹ соответствует валентным асимметричным колебаниям ОН-групп.

Генезис и обсуждение результатов

Результаты изучения голотипного образца, а также исследования дополнительно собранного материала показывают, что туранит действительно является вполне индивидуальной фазой с оригинальной структурой и составом. Происхождением своим он обязан, согласно А.Е. Ферсману (1928), термальным водам, которые извлекали ванадий из расположенных южнее мезозойских углистых сланцев. Источником же меди служили кварцевые порфиры, секущие сланцы. Во всех изученных нами образцах мы наблюдали более позднее образование тангемита по отношению к тураниту. Это связано, по всей видимости, с обогащением растворов кальцием. Интересно, что при обилии ванадия и меди на месторождении нет фольбортита. Образование вместо него туранита говорит о специфических условиях генезиса, реализуемых в природе, судя по всему, не так часто. Что же касается образцов из Невады, США, то, поскольку в них был найден фольбортит, достоверность находок туранита здесь вызывает сомнения и обязательно требует инструментального подтверждения.

Благодарности

Авторы благодарят за помощь, оказанную в проведении полевых работ И.И. Солошенко, В.С. Гурского (ЮКГРЭ, г. Ош, Кыргызстан) и В.В. Смирнова (АО «Алаурум», г. Ош, Кыргызстан); В.Л. Левина и П.Е. Котельникова (ИГН, г. Алма-Ата) — за проведение электронно-зондовых исследований.

Литература

Анненкова Г.А., Органова Н.И., Рудницкая Е.С., Платонов А.Н., Добровольская М.Г., Дмитрик А.Л. Алаит из фондов минералогического музея АН СССР // Новые данные о минералах СССР. 1976. Вып. 25. С. 117–123.

Белова Л.Н., Рыжов Б.И., Иванова О.А., Сивцов А.В., Цветкова М.В. Первая находка настурана в ассоциации с V-конихальцитом и As-тангемитом на месторождении Тюя-Муюн // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1985. № 10. С. 111–115.

Казанский В.И. Геолого-структурные характеристики Тюя-Муюнского месторождения // Очерки по геологии и геохимии

рудных месторождений (под ред. Ф.И. Вольфсона). М.: Наука, 1970. С. 54–57.

Ларсен Е., Берман Г. Определение прозрачных минералов под микроскопом. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1937. 310 с.

Мушкетов Д.П. Общий геологический очерк окрестностей Тюя-Муюнского рудника // Тр. по изучению радия и радиоактивных руд. 1926. Т. II. С. 3–11.

Менагкевич К.А. Туранит и алаит — два новых ванадиевых минерала // Изв. Имп. Ак. Наук. 1909. Т. 3. С. 185–187.

Смолянинова Н.Н. Минералогия и генезис Тюя-Муюнского месторождения // Очерки по геологии и геохимии рудных месторождений (под ред. Ф.И. Вольфсона). М.: Наука, 1970. С. 58–90.

Ферсман А.Е. К морфологии и геохимии Тюя-Муюна // Тр. по изучению радия и радиоактивных руд. 1928. Т. III. С. 1–90.

Castor S. B., Feroock G.C. Minerals of Nevada // Nevada Bureau of Mining Geology, Spec. Publ. 31. Reno, Nevada: University of Nevada Press. 2004.

Guillemin C. Contribution a la mineralogy des arseniates, phosphates et vanadates de cuivre. II phosphates et vanadates de cuivre // Bull. Soc. Fr. Mineral. 1956. Т. 79. С. 219–275.

Pullman S., Thomssen R. Nevada mineral locality index // Rocks and Minerals. 1999. V. 74. P. 370–379.

Sokolova E.V., Hawthorne F.C., Karpenko V.Yu., Agakhanov A.A., Pautov L.A. Turanite, $Cu^{2+}_5(V^{5+}O_4)_2(OH)_4$, from the Tyuya-Muyun radium-uranium deposit, Osh district, Kyrgyzstan: a new structure for an old mineral // Can. Miner. 2004. V. 42. P. 731–739.