

В. А. Корнетова, В. Б. Александров,
М. Е. Казакова

О НОВОЙ РАЗНОВИДНОСТИ ЭШИНИТА, БОГАТОЙ ТАНТАЛОМ, ИЗ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ СИБИРИ

Эшинит — титано-ниобат редких земель и тория — минерал, связанный в своем происхождении с щелочными породами типа нефелиновых сиенитов, миаскитов и их пегматитов, в последние годы описывался несколько раз. Так, Б. А. Макаровичем, К. А. Гонимесовой и Е. М. Еськовой (1959) был изучен иттриевый эшинит, содержащий большое количество тория, а в 1961 г. А. Г. Жабин, В. Б. Александров и М. Е. Казакова описали эшинит гидротермального генезиса, богатый ниобием.

Как показал анализ химических составов различных эшинитов, последние могут отличаться друг от друга не только катионной, но и анионной частью. В общем для эшинитов все же характерно преобладание редких земель цериевой группы и неодима в составе катионов, что отмечалось Е. И. Семеновым (1958); в анионной части при почти одинаковом количестве титана всегда преобладает ниобий, тантал же либо отсутствует вовсе, либо составляет немногие проценты. Это находит объяснение в геохимических особенностях щелочных пород, для которых тантал не только не характерен, но и вообще редок.

Летом 1958 г. при изучении одного пегматитового поля Сибири нами был встречен неизвестный титано-ниобо-танталат, который по морфологии кристаллов и химическому составу главных компонентов походил на танталовую разновидность эксенита, в то время как рентгеновское изучение установило его принадлежность к группе эшинита. Пегматитовое тело, в котором был встречен тантал-эшинит, имеет форму толстой линзы и залегает в сильно катаклазированных биотитовых гранитах. В центре пегматита находится крупное кварцевое ядро и несколько полостей занорышей с кристаллами горного хрусталя и ростерита. Контакты пегматита с гранитами резкие; зона экзоконтакта представлена турмалинизированными и альбитизированными гранитами.

Пегматит слагается крупнозернистым агрегатом кварца и альбитизированного микроклина, сростающихся с крупными кристаллами сподумена, слюдой типа циннвальдита, мелкими кристаллами полихромного турмалина, бесцветного, зеленоватого и розового берилла, содержащего высокий процент редких щелочей, а также редкоземельного розового апатита. Альбитизация развита очень широко. С альбитом ассоциируют в виде обильной мелкой вкрапленности буроватый пироклор и тантал-эшинит. В результате развития более поздних процессов замещения в пегматите наблюдаются скопления лепидолита (яркого розово-фиолетового цвета), который подчас нацело замещает циннвальдит. С лепидолитом ассоциирует медово-желтый микролит. В большом количестве развивают-

ся гидрослюды в виде мелкочешуйчатых масс, онкозиноподобные. Слюдены замещаются зеленоватыми и бледно-фиолетовыми гидрослюдами в смеси с монтмориллонитом.

Тантал-эшинит встречается в отдельных больших хорошо образованных кристаллах, в ассоциации с зеленоватым бериллом, розовым апатитом, альбитом, либо в шестоватых агрегатах кристаллов в ассоциации со светло-дымчатым кварцем. Выпадение главной массы кристаллов тантал-эшинита приурочено к самому началу процесса альбитизации. Кристаллы тантал-эшинита из ассоциации с альбитом обычно покрыты с поверхности буроватыми землистыми корочками продуктов разрушения, в то время как кристаллы из кварца свежи и отличаются сильным блеском своих граней. Облик кристаллов из той и другой ассоциаций одинаков — это вытянутые плоские призмы, часто несущие продольную штриховку. Особенно сильно иштрихованы кристаллы из ассоциации с кварцем. Размер наибольших кристаллов — 6×1 см. Как правило, головка не развита; она была встречена в единственном случае (рис. 1, а, б, в) на кристалле тантал-эшинита, ассоциирующего с бериллом. К сожалению, кристалл оказался непригодным для гониометрического изучения. Последнему были подвергнуты пять кристаллов как из альбита, так и из кварца. Измерение производилось на двукружном гониометре Гольдшмидта.

Почти все кристаллы плохо устанавливались из-за некоторой видциальности граней, плохих отблесков и сильной иштрихованности. Свежие и блестящие кристаллы из кварца чаще всего оказывались субпараллельными сростками. Большие же, хорошо образованные кристаллы всегда покрыты матовыми гранями и поэтому почти непригодны для измерения.

Приводим данные всех измерений и средние значения для каждой грани (табл. 1 и 2).

Как известно, установка эшинита отличается от установки эвксенита переменной положения осей. Мы принимаем, что φ в эвксенитовой установке составляют дополнение до $90^\circ\varphi$ возможной эшинитовой установки. Анализируя результаты определения индексов граней в этих двух установках, мы видим, что для восьми значений φ в эвксенитовой установке гораздо больше простых индексов, которые вычисляются (вполне удовлетворительно (из восьми — шесть), а в эшинитовой — только два. Исчисление индексов граней не по единичной грани эшинита, а по постоянным решетки, которые были получены после прокаливании материала (без учета их изменения при этом), дало только три удовлетворительных результата.

Учитывая все сказанное выше, для измеренных граней следует принять эвксенитовую установку, т. е. кристаллы изучаемого нами минерала по своей морфологии являются кристаллами эвксенита. В этом отношении их интересно сравнить с кристаллами делоренцита, описанного в 1908 г. Замбонини; впоследствии, благодаря работам Батлера и Эмбрея (Butler, Embrey, 1959), этот минерал был развенчан и оказался тантэвксенитом.

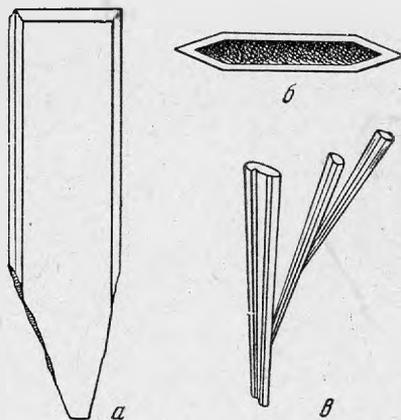


Рис. 1. Кристаллы тантал-эшинита (рисунок)

а — с «головкой»; б — сечение измененного кристалла (белое — поверхностная корочка изменения); в — радиальные сростки

Т а б л и ц а 1

Значения φ всех измеренных граней призматического пояса кристаллов тантал-эшинита ($\rho = 0$)

φ	Среднее значение, φ	На каком количестве кристаллов встречены	Качество сигнала
0°00'	Из 10	5	Четкие, хорошие, но обычно серия крестов
15 15	} 15°22' из 2	2	Размытый крест
15 30			Еле заметный
19 05			Слабый, но отчетливый
19 30			То же
19 15	} 19 14 из 6	3	Едва заметный
19 14			По еле видимому пятну
19 16			Слабый, но четкий крест
19 00			Серия тончайших полосок
20 30			Неясный, очень слабый
20 10			Хороший крест
20 23	} 20 29 из 5	3	Серия слабых крестов
20 54			То же
20 27	} 29 19	1	Едва заметный сигнал
29 19			Слабый, но четкий
33 40	} 33 18 из 2	1	Серия крестов
32 56			По пятну
36 56	} 37 15 из 3	2	Отчетливый крест
37 40			То же
36 45			Отсчет по пятну
43 15			Плохой нечеткий
43 19	} 44 00 из 11	3	Слабый
43 57			Плохой
43 59			Слабый
44 52			Кругловатая вициальная грань
44 16			Слабый, но отчетливый
44 30			Слабый размытый
45 05			То же
44 20			Слабый, но четкий
44 00			Серия слабых сигналов
44 43			То же
48 28	} 48 35 из 4	2	Едва заметный
49 12			То же
47 58			Размытый крест
48 42			Отчетливый, но слабый крест
(47 14)			Весьма плохой

Примечание. Фигурными скобками в графе 1 обозначаются границы в серии крестов.

Химический состав последнего, весьма близкий к составу изучаемого нами минерала, приводится в табл. 5. Кристаллы «делоренцита» — тант-эксенита также напоминают кристаллы описываемого минерала. Их отличает несколько иной облик головки, а также пинакоид (100), которого у нас нет. У «делоренцита» для грани (110) значение φ колеблется в пределах 70°35'—71°21', что весьма близко к нашему. Габитусными гранями зоны призмы являются (010), (100) и (110).

Индексы измеренных граней

В установке для эцинита			Единичная грань: $\varphi=64^{\circ}03'$, $\rho=56^{\circ}59\frac{1}{2}'$			В установке для эвксенита		Единичная грань: $\varphi=69^{\circ}15'$, $\rho=44^{\circ}52'$	
среднее	φ	$\frac{k}{h}$	$\frac{k^*}{h}$	hkl	примечания	φ	$\frac{h}{k}$ и $\frac{k}{h}$	hkl	примечания
Из 2	15°22'	7,3	7,53	2.15.0	Приблизительно	74°38'	1,341	430	Удовлетворительно
» 6	19 14	5,78	5,94	160	Для прокаленного материала	70 46	1,06	110	Приблизительно
» 5	20 29	5,392	5,54	2.11.0	То же	69 31	0,987	110	Удовлетворительно
Одно	29 19	3,59	3,67	270	Приблизительно	60 41	1,519	230	»
Из 2	33 18	3,06	3,15	130	Удовлетворительно	56 42	1,787	470	Удовлетворительно
» 3	37 15	2,90	2,72	—	Очень сложный и маловероятный индекс	52 45	2,068	120	Приблизительно
» 11	44 00	2,08	2,14	120	Удовлетворительно	46 00	2,62	8.21.0	Удовлетворительно
» 4	48 35	1,77	1,83	590	Для прокаленного материала	41 25	3,054	130	»

* Отношение $\frac{k}{h}$, полученное из постоянных решетки прокаленного таптал-эцинита (см. табл. 4).

Грани, придающие облик изучаемому нами кристаллу, имеют следующие значения φ (в эвксенитовой установке): 90° (100) (передний пинакоид), $70^\circ 46' - 69^\circ 31'$ (110) (ромбическая призма) или в эшинитовой — соответственно: боковой пинакоид (010) и (160) (ромбическая призма).

Несмотря на более вероятную принадлежность изучаемых кристаллов (по их морфологии) к группе эвксенита, рентгеновское изучение их заставляет прийти к другим выводам.

Образцы тантал-эшинита без предварительного прокаливания не дают дифракционной картины даже с применением монохроматора. После прокаливания при 600° в течение двух часов тантал-эшинит дает рентгенограмму порошка с несколько размытыми линиями и сильным фоном. При более высоких температурах (до 1200°) не наблюдается фазовых превращений. Рентгенограммы при этом становятся более контрастными, а дифракционные кольца — более четкими при неизменной общей дифракционной картине.

Отдельные монокристалльные зерна тантал-эшинита при съемке в камере РКОП не обнаруживают дифракции. Те же зерна после прокаливания представляют собой, как правило, аксиально-текстурированные агрегаты, причем осью текстуры является (001).

Некоторые зерна после прокаливания при $550-700^\circ$ восстанавливают свою структуру, т. е. не образуют поликристаллического агрегата, а представляют собой монокристаллы. Методом качания удалось определить период идентичности вдоль координатных осей ограниченного обломка кристалла. По его удлинению период оказался равным $7,44 \pm 0,003$, вдоль нормали к наиболее развитому пинакоиду — $11,00 \pm 0,04$ и в направлении, перпендикулярном к двум предыдущим, — $5,33 \pm 0,02 \text{ \AA}$. Перечисленные периоды идентичности близки к параметрам решетки эшинитов (Жабин и др., 1962).

Соответствие ориентировки координатных направлений решетки прокаленного монокристалла его внешней огранке свидетельствует о восстановлении первоначальной структуры минерала при прокаливании.

Результаты расчета рентгенограммы порошка тантал-эшинита (образец прокален при 1100° , камера $D = 57,3 \text{ мм}$, Fe-излучение) в табл. 3 сопоставлены с соответствующими данными для других образцов эшинита, прокаленных при тех же условиях, а также для блонстрандина, прокаленного при 580° . Сравнение говорит о принадлежности изучаемого минерала к группе эшинита. Минералы же группы блонстрандина-приорита при температурах более 900° претерпевают фазовые превращения (Александров, Пятенко, 1959; Lima-de-Faria, 1958), и в этом случае их дифракционная картина не имеет ничего общего с эшинитами. В то же время минералы группы эвксенита-поликраза после прокаливания также существенно отличаются от эшинитов по рентгенограммам порошка.

Параметры элементарной ячейки тантал-эшинита были уточнены по рентгенограмме порошка, полученной в фокусирующей камере типа РКЭ (с регистрацией отражений с малыми углами Θ на Си-излучении при использовании NaCl в качестве внутреннего стандарта). Сравнение с данными для других образцов эшинита, а также для блонстрандина (табл. 4), показывает, что тантал-эшинит по абсолютным значениям параметров и их отношению занимает промежуточное положение между типичным эшинитом из Ильменских гор и иттриевым эшинитом Б. А. Макаровича и др. (1959). Принадлежность обоих последних к эшиниту несомненна и доказывается, в частности, гониометрическими измерениями их кристаллов (рис. 2). Таким образом, параметры решетки, так же как и поведение при прокаливании, свидетельствуют о принадлежности изучаемого минерала к эшиниту.

Таблица 3

Сравнение рентгенограммы порошка тантал-эцинита с другими представителями группы эцинита и блонстрадина

hkl	1		2		3		4*	
	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(Å)	I	d(kX)
020	1	5,54	1	5,55	1	5,50	—	—
021	1	4,47	1	4,45	1	4,40	—	—
101	1	4,37	—	—	—	—	—	—
111	1	4,08	1	4,05	1	4,03	—	—
120	1	3,86	—	—	—	—	—	—
002	1	3,76	—	—	1	3,74	—	—
022	1	3,11	3	3,10	1	3,09	2	3,05
130	10	3,03	8	3,02	6	3,02	7	2,96
112	9	2,96	10	2,93	10	2,93	10	2,89
131	2	2,81	2	2,80	2	2,78	2	2,75
200	3	2,68	3	2,66	3	2,66	—	—
041	1	2,588	2	2,58	2	2,57	3	2,58
140	2	2,450	2	2,44	3	2,43	1	2,44
—	—	—	—	—	1	2,33	—	—
221	1	2,294	} 2P	2,28	} 2	2,27	3	2,23
103	1	2,269		2,27		2,27	3	2,23
042	1	1,220	2	2,22	3	2,19	—	—
230	1	2,164	2	2,154	2	2,15	4	2,080
231	1	2,078	1	2,065	2	2,06	—	—
222	3	2,027	4	2,016	4	2,00	—	—
151	1	1,965	1	1,959	2	1,959	3	1,940
133	1	1,926	2	1,923	2	1,911	—	—
004	4	1,879	5	1,873	4	1,859	5	1,846
043	1	1,855	2	1,850	—	—	3	1,821
060	1	1,833	—	—	1	1,830	—	—
061	1	1,784	2	1,776	1	1,776	1	1,767
301	1	1,736	1	1,728	1	1,726	—	—
242	4	1,708	5	1,701	5	1,695	6	1,675
062	1	1,647	2	1,645	2	1,640	—	—
330	2	1,604	} 7	1,591	—	—	—	—
134	8	1,597			7	1,583	6	1,572
153	} 1	1,584	2	1,573	—	—	—	—
162			2	1,573	—	—	—	—
252	4	1,549	} 3	1,544	} 4P	1,533	} 1	1,520
322	—	—						
204	—	—	3	1,534	—	—	—	—
214	1	1,520	—	—	—	—	—	—
170	3	1,505	2	1,505	3	1,504	3	1,495
171	2	1,481	3	1,476	2	1,478	3	1,460
224	2	1,402	2	1,394	2	1,396	1	1,382
244	1	1,346	1	1,342	2	1,331	—	—
173	1	1,293	3	1,289	2	1,287	—	—
430	—	—	—	—	1	1,246	—	—
334	1	1,222	2	1,215	—	—	—	—
116	} 3	1,211	4	1,208	4	1,201	—	—
353							—	—
155							—	—

1— ниобиевый эцинит, Вишневые горы, Урал (Жабин и др., 1961); 2— эцинит, Ильменские горы, Урал (Жабин и др., 1962); 3— танталовый эцинит; 4— блонстрадин (Комков, 1959). Обр. 1, 2 и 3 прокалены при 1100°, обр. 4— при 580°.

* Некоторые индексы в работе А. И. Комкова приписаны неверно; в этих случаях приведены найденные нами индексы.

Таблица 4

Параметры элементарной ячейки аксессуарных тантал-эшинита, различных образцов эшинита и блонстрандина, А

Минералы	a_0	b_0	c_0	$a_0 : b_0 : c_0$
Ниобиевый эшинит, Вишневые горы, Урал (Жабин и др., 1961)	5,355	11,01	7,516	0,4864 : 1 : 0,6827
Эшинит, Ильменские горы (Жабин и др., 1962)	5,321	10,99	7,491	0,4841 : 1 : 0,6815
Тантал-эшинит	5,308	10,983	7,463	0,4833 : 1 : 0,6795
Блонстрандин (Комков, 1959)	5,17	10,95	7,40	0,4721 : 1 : 0,6752
Иттриевый эшинит, Ильменские горы (Макаровичкин и др., 1959); параметры определены нами	5,285	10,975	7,443	0,4815 : 1 : 0,6782

Спайность несовершенная, параллельная (100), что наблюдается лишь в прозрачных шлифах. Излом полураковистый, хрупкий. Микротвердость в среднем составляет 764 кг/мм^2 , что соответствует 5,9 единиц твердости по шкале Мооса. Цвет коричневый с различными оттенками в зависимости от степени выветрелости минерала; у совершенно свежего тантал-эшинита из кварца — темно-коричневый до красно-бурого у тонких плоских кристалликов. Блеск свежих, не измененных кристаллов сильный,

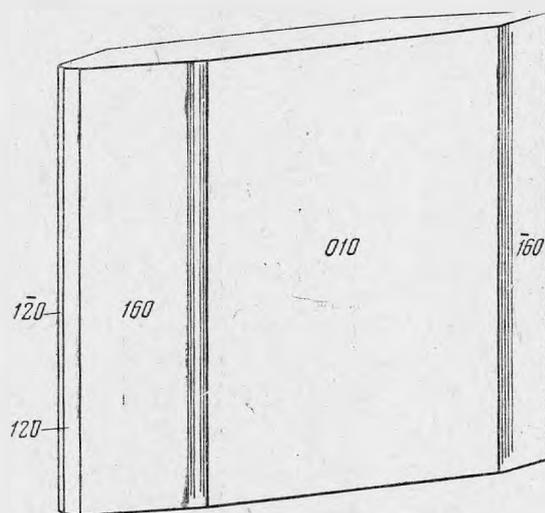


Рис. 2. Кристалл тантал-эшинита (чертеж).
Поворот 36° , наклон 6°

стеклянный. Цвет черты бледно-желтый, а у более темных разностей, несколько измененных с поверхности, — светлый коричневато-желтый. В тонких сколах вполне прозрачен. В шлифах совершенно прозрачен и в проходящем свете окрашен в оливково-бурый цвет. В большинстве случаев на поляризованный свет не действует (рис. 3), так как метамиктен; однако некоторые более красноватые и более свежие разности, едва заметно плеохроирующие, очень слабо в скрещенных николях просветлялись и потасали, параллельно штриховке, идущей вдоль удлине-

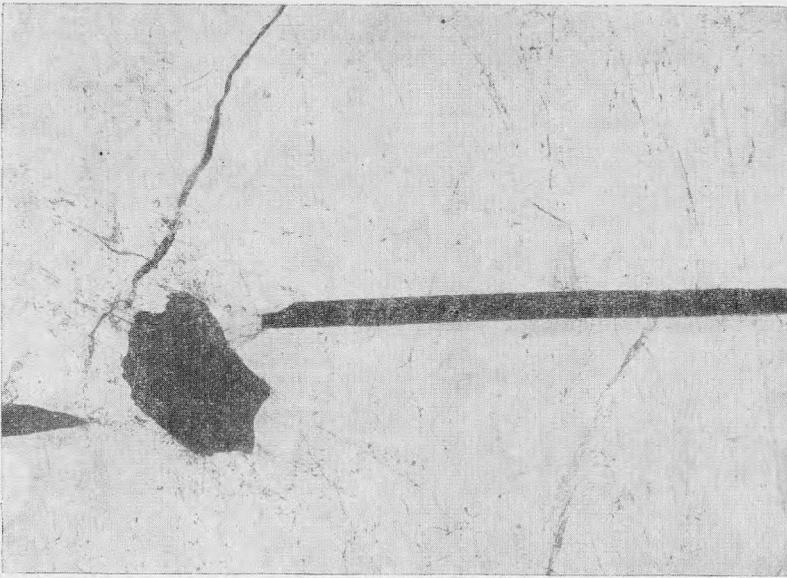


Рис. 3. Микрофотография шлифа тантал-эшинита (черное); белое — кварц. Без анализатора, увел. 20

ния. Показатель преломления был любезно определен В. Г. Фекличевым; он оказался равным $2,21 < N < 2,23$.

В отраженном свете кажется почти белым, т. е. обладает сильной отражательной способностью (точнее не измерялась). В скрещенных николях желтовато-бурый. Обычно на поляризованный свет не действует, но у одного кристаллика во внутренней части наблюдался небольшой участок неправильной формы, отчетливо просветлявшийся и погасавший четыре раза при полном повороте столика микроскопа. Иногда отмечается ясная спайность перпендикулярно удлинению.

Полированные шлифы подвергались травлению плавиковой кислотой, которая действовала почти мгновенно, разъедая поверхность аншлифа. После двух минут травления вся поверхность полировки была испорчена.

Химический анализ тантал-эшинита (табл. 5) производился М. Е. Казаковой параллельно из двух образцов, из которых один представлял тантал-эшинит в ассоциации с альбитом, другой — в ассоциации с кварцем. Результаты были абсолютно одинаковыми. Для сравнения в табл. 5 приведены анализы австралийского тантэвксенита и «делоренцита»-тантэвксенита Батлера и Эмбрея (Butler, Embrey, 1959), кристаллического нематамиктного эшинита, близкого по содержанию Nb_2O_5 к сумме пятиокисей тантала и ниобия в изучаемом нами минерале (Heinrich, Levinson, 1961) и ниобиевого эшинита из Вишневых гор (Жабин и др., 1964).

Как видно из сравнения химических анализов, тантал-эшинит отличается от тантэвксенита меньшим содержанием Ta_2O_5 , несколько меньшим количеством TR, но зато большим содержанием CaO, отсутствием урана и некоторым преобладанием TiO_2 . В общем (исключая содержание урана) анализы достаточно близки, содержание общей суммы пятиокисей Nb и Ta одинаковое, превышающее содержание их в «делоренците»-тантэвксените. Во то же время изучаемый нами минерал достаточно близок по своему химическому составу главных компонентов и к ниобиевому эшиниту Вишневых гор и, особенно, к кристаллическому эшиниту из

Таблица 5

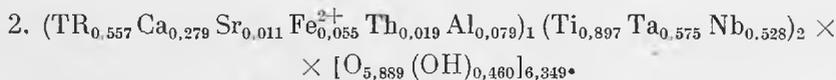
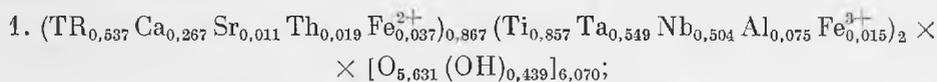
Химический состав тантал-эшинита и сравнение его с тантэвксенитом, «делоренцитом», и ниобиевыми эшинитами

Компоненты	Тантал-эшинит, СССР, Сибирь		Ниобиевый эшинит, СССР, Вишневые горы	Кристаллический ниобиевый эшинит, США, Монтана	Тантэвксенит, Австралия, Пильбара	«Делоренцит»-тантэвксенит, Италия, Краведжиа*
	вес. %	атомные количества				
MgO	Следы	—	Следы	—	—	0,19
FeO	0,77	10	—	—	—	—
MnO	Следы	—	Следы	—	0,35	—
CaO	4,01	71	4,82	4,2	2,22	2,17
SrO	0,30	3	0,00	—	—	—
Al ₂ O ₃	1,03	20	0,35	—	Нет	—
Fe ₂ O ₃	0,28	4	2,75	2,0	1,18	1,8
TR ₂ O ₃	22,66	141,4**	28,18	25,4	24,70	24,35
SiO ₂	0,25	4	0,35	0,7	0,90	—
TiO ₂	18,22	228	18,73	15,7	14,17	16,2
ZrO ₂	0,00	—	—	—	—	—
SnO ₂	—	—	—	—	0,14	Следы
ThO ₂	1,31	5	2,52	3,3	Следы	Нет
UO ₂	Не обн.	—	—	—	—	—
UO ₃	—	—	—	—	3,35	—
U ₃ O ₈	—	—	—	—	—	7,75
Nb ₂ O ₅	17,87	134	41,41	49,4	3,38	4,45
Ta ₂ O ₅	32,13	146	Не обн.	—	47,31	36,4
H ₂ O ⁺	1,05	117	0,41	} 0,4	2,40	—
H ₂ O ⁻	0,09	—	0,04		П. п. п.	—
Сумма	99,97	—	99,56	101,1	100,55	(92,3)
Уд. вес	5,87	—	5,13	4,2***	5,77	5,68
Аналитик	М. Е. Казакова				Симпсон	Батлер и Холл

* Fe и Si превышают 1%, Al — более 0,1%, Mn — более 0,01%, Pb и Sn — менее 0,01%.

** Цифра получена с учетом расшифровки состава TR Р. Л. Баринским.

*** Явно занижен за счет примесей.

Монтаны (США) Хейнриха и Левинсона (Heinrich, Levinson, 1961); основная разница заключается лишь в содержании Ta₂O₅.Все сравниваемые эшиниты отличаются низким процентом ThO₂ и высоким — суммы Ta₂O₅ и Nb₂O₅.Пересчет химического анализа тантал-эшинита приводит к следующим двум формулам, в зависимости от того, какие катионы относить к группам А или В (общий вид формулы АВ₂X₆):

В первой формуле обнаруживается большой дефицит в группе А, который обычно бывает у несколько измененных метамиктных минера-

лов. Во второй формуле все железо мы считаем двухвалентным, относя небольшое количество Fe^{3+} за счет окисления минерала. Помещая Al в группе А, мы должны считать его, вероятно, адсорбированным коллоидальным веществом метамиктного минерала. Может быть, избыток в группе X также следует относить за счет изменений минерала в период метамиктного распада (гидратация, адсорбция воды?)

Действительно, несмотря на тщательность отборки материала, в навески, пошедшие на химический анализ, вероятно, попали несколько измененные кусочки. Продукты изменения описываемого минерала хорошо наблюдаются в шлифах и в иммерсионных препаратах. Они представляют собой палевый, местами с зеленоватыми пятнами порошковатый налет, тонкой корочкой покрывающий кристаллы тантал-эшинита из альбита (реже — из кварца), агрегативно действующий на поляризованный свет. В скрещенных николях он обнаруживает высокое двупреломление, показатель преломления $N > 1,669$. Спектральные анализы свежего тантал-эшинита и затронутого изменением (покрытого землистой корочкой) почти не отличаются между собой; в измененном содержится немного более Sc и Be, но менее Ca, Mg.

Спектрально, помимо элементов, определенных химическим анализом, в тантал-эшините устанавливаются Be и Sc в незначительных количествах (слабые линии), а также U, следы Pb и Cu. В пламени паяльной трубки легко оплавляется и дает эмаль желтовато-розового цвета.

Весьма любопытно также сравнение составов редких земель для всех перечисленных выше минералов, которые мы уже упоминали в табл. 5. Данные состава TR для кристаллического эшинита Хейнриха и Левинсона (Heinrich, Levinson, 1961), к сожалению, отсутствуют.

Для тантал-эшинита определение TR производилось рентгеновским и хроматографическим методами. Сходимость результатов вполне удовлетворительная.

Данные о количестве TR и Y в тантал-эшините, эшинитах и тантэвксенитах приводятся в табл. 6.

Состав TR в тантал-эшините отличается следующими особенностями. Празеодима более, чем лантана. То же наблюдается у иттриевого эшинита, тантэвксенита и «делоренцита»; количественно преобладают Ce, Nd, Sm, Gd, Y, причем Ce, Nd и Y содержатся примерно в одинаковых количествах¹, т. е. минерал является селективно неодимовым, цериевым и, как это ни странно, иттриевым, при высоком содержании самария и гадолиния.

Состав TR ниобиевого эшинита совершенно отличный: минерал обнаруживает два пика в области церия и неодима, но последнего много меньше. В сравнении с иттриевым эшинитом тантал-эшинит содержит в общем значительно меньше тяжелых лантанидов, в то время как у тантэвксенитов, хотя они и отличаются неодимовыми пиками, иттрий в составе TR значительно преобладает, а количество легких лантанидов много меньше, чем у иттриевого эшинита. Тантал-эшинит по составу TR занимает как бы промежуточное положение между иттриевым эшинитом и тантэвксенитами в начальной части спектра TR, с одной стороны, и ниобиевым эшинитом и иттриевым эшинитом в средней и конечной частях, — с другой. В общем состав TR в исследуемом минерале достаточно своеобразен, однако он скорее «эшинитовый», так как обладает пиками Nd и Ce (рис. 4).

Указанная в 1958 г. Е. И. Семеновым селективность представителей группы эшинита к Ce и Nd, вероятно, очень типична, и это может быть

¹ По определению Г. М. Варшал неодима даже больше церия.

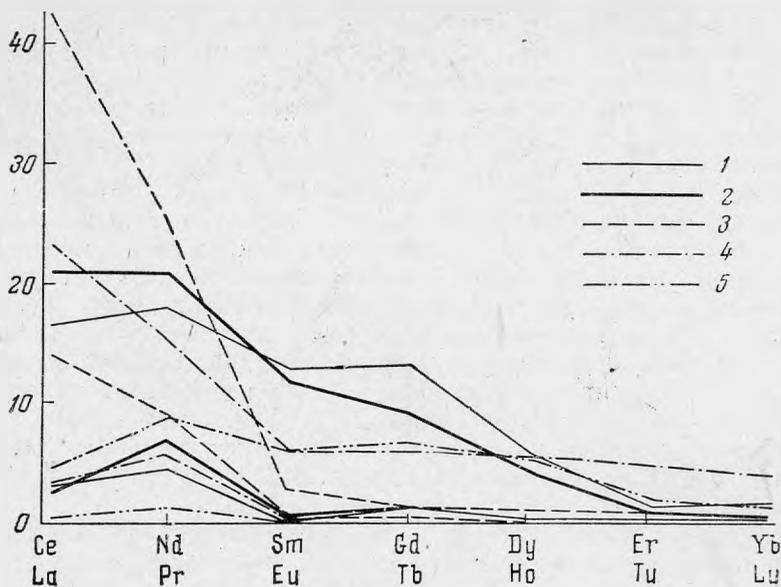


Рис. 4. Состав TR в тантал-эшините и других минералах

1 — тантал-эшинит; (по Варшал); 2 — тантал-эшинит (по Баринскому); 3 — ниобиевый эшинит; 4 — иттриевый эшинит; 5 — тантэвксенит (австралийский)

хорошо проиллюстрировано на примере линдокита. В 1927 г. этот минерал был по морфологии кристаллов (сходство форм и углов) Эльсвортом (Ellsworth, 1927) отнесен к группе эвксенита.

Батлер в 1957 г. указал на близость линдокита по химическому составу, и особенно по преобладанию Nd и Ce в составе TR, к группе эшинита, а в 1962 г. С. А. Горжевская и Г. А. Сидоренко на основании рентгеновского изучения отнесли минерал к структурной группе эшинита.

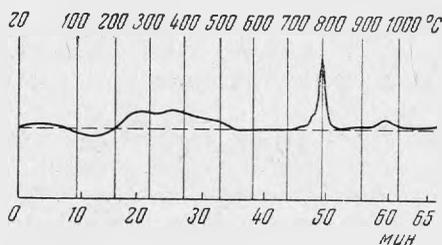


Рис. 5. Дифференциальная кривая нагревания тантал-эшинита

В случае с линдокитом обращает на себя внимание то же несоответствие между морфологией кристаллов и устанавливаемой рентгеновским способом внутренней структурой, которое имеет место и в рассматриваемом нами случае. Вопрос с «делоренцитом» и австралийским тантэвксенитом остается открытым, поскольку в работе Батлера и Эмбрея, к сожалению, не приведено рентгеновских данных, а сказано лишь, что они совершенно идентичны. Состав этих минералов самими авторами признается необычным (Butler, Embrey, 1959) и также обнаруживает пики Nd, Gd, Ce, Sm, Dy.

Таблица 6

Содержание TR и Y в тантал-эшините, эшинитах и тантэвксенитах (в %)

TR	Тантал-эшинит			Нйобие- вый эшинит	Иттриевый эшинит	«Делоренцит»	Тант- эвксенит
La	3,4 *	3 **	0,68 ***	14	3,2	0,83	0,51
Ce	16,6 (Ce ₂ O)	21	4,76	42	23,2	5,76 (CeO ₂)	4,60
Pr	4,8 (Pr ₆ O ₁₁)	6,9	1,56	9	5,5	1,45 (Pr ₆ O ₁₁)	1,37
Nd	18,0	21	4,76	25	15,3	11,7	9,05
Sm	13	12	2,72	3,1	5,9	6,30	6,10
Eu	—	0,7	0,16	0,4	0,3	—	—
Gd	13,4	9,8	2,22	1,3	6,0	9,70	6,30
Tb	—	1,3	0,29	0,2	1,1	1,82 (Tb ₄ O ₇)	1,33
Tb + Y	19,1	—	—	—	—	—	—
Dy	6,3	4,6	1,04	1,2	5,7	8,85	5,71
Ho	1,1	0,5	0,11	0,3	1,3	—	—
Er	1,7	1,1	0,25	0,3	5	4,68	2,34
Tm	Следы	0,0	0,00	—	—	0,48	0,4
Yb	1,9	0,6	0,13	0,2	4,2	2,94	1,60
Lu	Следы	0,2	0,04	—	0,7	0,46	0,4
Y	—	17,3 (по раз- ности)	3,92	3	22	44,5	56,8
Сумма	99,4	100,0	22,64	100,0	—	99,47	96,51
Аналитик	Г. М. Вар- шал	Р. Л. Баринский			—		
Откуда цитиру- ется	—	—			Батлер и Эмбрей, 1959		

*, ** Процент от $\Sigma TR_2O_3 = 100\%$.

*** Процентное содержание в минерале.

Тантал-эшинит был изучен также термически в лаборатории термического анализа ИГЕМ АН СССР с любезного согласия А. И. Цветкова.

На дифференциальной кривой нагревания (рис. 5) тантал-эшинита видно, что первые экзо- и эндотермические изгибы кривой до 200°, вероятно, связаны с выделением воды. Следующие экзотермические реакции можно объяснить изменением валентностей элементов (возможно, катионной части), входящих в состав минерала. Максимальный экзотермический пик при 800° показывает критическую температуру рекалесценции, при которой минерал из метамиктного состояния переходит в кристал-

лическое. Наблюдающийся надлом экзотермического пика около 775° весьма типичен для кривых нагревания минералов группы эшинита. Природа его не ясна. Небольшой экзотермический пик при 950° , вероятно, связан с возможными фазовыми превращениями, хотя рентгеновски не отмечается. Таким образом, кривая нагревания изучаемого минерала целиком соответствует эшиниту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный минерал по морфологии кристаллов, скорее, принадлежит к группе эвксенита, нежели эшинита. Несмотря на это, рентгеновское изучение их дает картину, характерную для эшинита. Термическое исследование (дифференциальная кривая нагревания) подтверждает принадлежность минерала к группе эшинита. Химический состав минерала для эшинита необычен, так как до сих пор не были известны столь богатые танталом представители этой группы, однако по соотношению главных компонентов он очень близок к типичным эшинитам из различных других месторождений. Сходство химического состава изучаемого минерала с химическим составом некоторых тантэвксенитов, в том числе и австралийских, отнюдь не доказывает его принадлежности к группе эвксенита еще и потому, что нет данных рентгеновского исследования этих минералов. Пример, приведенный с линдокитом, лишний раз свидетельствует о несоответствии морфологии кристаллов и их внутреннего строения, устанавливаемого рентгеновски, как прокаленного, так и, — что особенно важно, — непрокаленного материала.

Состав TR, обладающий пиками для Ce и Nd, также говорит о принадлежности изучаемого минерала, скорее, к группе эшинита.

Минералы группы эшинита не характерны для гранитных пегматитов, для которых более типичны представители группы эвксенита; находки эшинита в пегматитах натриево-литиевого типа, к которому принадлежит пегматитовое тело, содержащее тантал-эшинит, до сих пор не отмечались. Ассоциация тантал-эшинита с ростеритом — бериллом, богатым редкими щелочами, розовым апатитом с редкими землями, пирохлором — очень интересна. Пегматиты содержат сподумен и лепидолит, полихромные турмалины, микролит и сильно альбитизированы. Геохимической особенностью такого типа пегматитов является богатство танталом. Последнее могло бы проявиться в образовании различных танталовых минералов, в том числе и танталита; но наличие титана и редких земель привело к образованию эшинита, хотя и своеобразного химического состава. Тантал и TR, бесспорно, были в изначальной порции пегматитового вещества, пошедшего на образование описываемой пегматитовой линзы. Присутствие титана можно объяснить двояко: либо материнская магма была им богата, либо он был привнесен из вмещающих пород при процессах контаминации в момент образования пегматита. Последнее обстоятельство нам кажется более вероятным.

Факт несоответствия морфологии кристаллов и их внутреннего строения остается трудно объяснимым. С одной стороны, несовершенство образования кристаллов, выщипанность граней, плохая сохранность их не дают возможности с уверенностью измерить кристаллы и, следовательно, правильно вычислить индексы граней; с другой, — редкость хорошо образованных кристаллов вообще у минералов этой группы не позволяет исследователям изучить их всесторонне.

Можно допустить также, что в ранние стадии образования кристаллов возникли «эвксенитовые» кристаллы, которые с дальнейшим понижением

температур претерпевали внутреннюю модификацию решетки, становящуюся уже эшинитовой, т. е. имел место своеобразный случай параморфозы, хотя и не в общепринятом значении этого термина.

В связи со всем вышесказанным, вероятно, назрела необходимость ревизии многих представителей группы эвксенита и эшинита с точки зрения соответствия морфологии кристаллов этих минералов их внутреннему строению.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Александров В. Б., Пятенко Ю. А. Рентгенографическое исследование некоторых метамиктных титано-ниобатов. Докл. АН СССР, 124, № 1, 1959.
- Горжевская С. А., Сидоренко Г. А. Находка кристаллической разновидности липнокита. — Докл. АН СССР, 146, № 5, 1962.
- Жабица А. Г., Александров В. Б., Казакова М. Е. Об эшините гидротермального генезиса из Вишневых гор. — Труды ИМГРЭ, вып. 7, 1961.
- Жабин А. Г., Александров В. Б., Казакова М. Е., Фекличев В. Г. Первая находка неметамиктного эшинита. — Докл. АН СССР, 142, № 3, 1962.
- Макарошкин Б. А., Гонимесова К. А., Еськова Е. М. Об иттриевом эшините из Ильменских гор. — Труды ИМГРЭ, № 3, 1959.
- Семенов Е. И. Связь состава TR с составом и структурой минералов. — Геохимия, № 5, 1958.
- Butler J. R., Embrey P. G. Delorenzite is tanteuxenite. — Min. Mag., 32, N 247, 1959.
- Ellsworth H. V. Lyndochite a new mineral of the euxenite-polycrase group from Lyndoch. — Amer. Min., 12, N 212, 1927.
- Heinrich E. Wm., Levinson A. A. Carbonatic niobium-rare earth deposits Ravalli County, Montana. — Amer. Min., 46, N 11—12, 1961.
- Lima-de-Faria J. Heat treatment of metamict, euxenites, polymignites, yttrio-tantalites, samarskites, pyrochlors and allanites. — Min. Mag., 31, 1958.
- Simpson E. S. — Proc. Roy. Soc. Western Australia, 14, 1928.