

А. Ф. ЕФИМОВ, В. Д. ДУСМАТОВ, В. Ю. АЛХАЗОВ,
З. Г. ПУДОВКИНА, М. Е. КАЗАКОВА

ТАДЖИКИТ — НОВЫЙ БОРОСИЛИКАТ РЕДКИХ ЗЕМЕЛЬ ИЗ ГРУППЫ ГЕЛЛАНДИТА

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 4 XII 1969)

Гелландит был обнаружен Бреггером в 1903 г. (¹⁻³) в гранитных пегматитах Крагеро (Норвегия) в ассоциации с турмалином, торитом, ортитом, апатитом, фенакитом и цирконом. Однако приведенный Бреггером анализ минерала был неверен. Бор, являющийся одним из основных химических компонентов гелландита, был определен как алюминий. Лишь в 1964 г. Офтедаль (^{4, 5}), производивший ревизию ряда норвежских минералов на бор, установил, что гелландит является боросиликатом. В своей статье (⁶) он привел новый полный анализ гелландита и впервые поместил

рентгенограмму порошка этого минерала.

В процессе исследования одного из массивов Туркестан-Алайской щелочной провинции В. Д. Дусматовым и В. Ю. Алхазовым был обнаружен минерал, который при предварительном изучении не удалось диагностировать. Детальное изучение, проведенное А. Ф. Ефимовым, М. Е. Казаковой и З. Г. Пудовкиной позволило установить, что минерал по химическому составу и рентгенограмме порошка имеет много общего с гелландитом и в то же время характеризуется существенными отличиями в химическом составе, что позволило считать его новым



Рис. 1. Сферолит таджикита I. 3X
минералом из группы гелландита*. Минерал был назван таджикитом (Tajikite), так как найден на территории Таджикской ССР.

Таджикит обнаружен в эгирин-кварц-микроклиновых пегматоидных жилах, пересекающих мелкозернистые биотитовые и щелочные эгириновые граниты, а также кварцсодержащие эгириновые сиениты. Жилы часто имеют зональное строение. Внешняя пегматоидная зона сложена равномернoзернистым агрегатом кварца, эгирина и микроклина, а внутренняя блоковая зона — существенно кварцевая с отдельно вкрапленными крупными кристаллами микроклина. К границе зон часто приурочены выделения метасоматического замещающего комплекса, либо представляющего собой почти мономинеральный альбит, либо состоящего из агрегата сахаровидного кварца и кристаллов полилитнионита. С этими комплексами ассоциирует большинство редкометалльных минералов массива.

* Новый минерал утвержден Всесоюзной комиссией по новым минералам и Международной комиссией по новым минералам.

Обнаружено два морфологических типа таджикита, наблюдающихся в различных генетических позициях.

Таджикит I типа был встречен в альбитизированном участке внешней зоны пегматита, в виде отдельных сферолитов из изогнутых чешуйчатых индивидуумов (рис. 1), размером до 1,5 см в поперечнике, или агрегата мелких изогнутых чешуек, пересекающего, в виде прожилков, мелкозернистую кварц-эгирин-альбитовую массу. В парагенезисе с ним здесь встречены аксессуарные: эканит, сфен, эвдиалит.

Выделения таджикита II типа приурочены к полилитиюнит-кварцевому замещающему комплексу, наложенному на блоковую зону, где встречается совместно с арфведсонит-рибекитом и аксессуарными: пирохлором, тяншанитом (6) и стиллвеллитом (7). Таджикит здесь встречается исключительно в виде уплощенно-призматических кристаллов, которые постоянно построены одними и теми же формами: ромбической призмой с углом 54° и широким пинакоидом (010). Все головки кристаллов были обломаны. Из-за несовершенства граней (размытые рефлексы) результаты гониометрических измерений не приводятся.

Основные физические свойства таджикита приведены в табл. 1. Термограммы минерала характеризуются четким эндотермическим эффектом при 900°; при 1000° минерал плавится.

В шлифах таджикит I типа почти бесцветен. Таджикит II имеет бурю окраску, но и в этом случае плеохроизм очень слабый. При оптическом изучении выделения таджикита I обнаруживают тонкое полисинтетическое двойникование альбитового типа, причем неделимые часто веретенообраз-

Физические свойства таджикита и гелландита

	Таджикит I	Таджикит II	Гелландит (6)
Форма выделений	Сферолиты из изогнутых чешуйчатых кристаллов или отдельные изогнутые чешуйки	Уплощенно-призматические кристаллы	Призматические и таблитчатые кристаллы
Цвет	Блеклый серовато-коричневый	Темно-коричневый	Коричневый, красный до черного
Твердость *	—	6 (753 мГ/мм ²)	—
Блеск	Стеклообразный	Стеклообразный	Стеклообразный
Спайность	Отсутствует	Отсутствует	—
Отдельность	(010)	(010)	—
Удельный вес **	3,86	3,73	3,35—3,60
Сингония	Моноклиновая	Моноклиновая или триклинная	Моноклиновая
$a_0, \text{Å}$	—	17,93	—
$b_0, \text{Å}$	—	4,71	—
$c_0, \text{Å}$	—	10,39	—
β	—	100°45'	100°45'
n_g	1,772	1,763	—
n_m	—	—	1,749
n_p	1,761	1,750	—
2V, град	—	от -88 до +80	90
СN _g , град	23	25	43

* Определена на приборе ПМТ-3 И. Е. Максимюк.

** Определен методом гидростатического взвешивания В. Н. Недобой.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния таджикита и гелландита

Таджикит		Гелландит (6)		Таджикит		Гелландит (6)		Таджикит		Гелландит (6)	
I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å
3	4,97	—	—	10	2,65	10	2,63	3	1,665	2	1,65
2	—	—	—	2	2,38	—	—	2	1,616	—	—
—	—	3	3,98	2,5	2,19	3	2,17	2	1,413	—	—
2	3,48	4	3,43	1,5	1,977	1	1,95	1,5	1,301	—	—
2	3,23	4	3,12	5,5	1,913	6	1,89	1	1,234	—	—
3	2,94	3	3,06	2	1,782	—	—	2	1,178	—	—
2,5	2,86	4	2,88	1,5	1,729	—	—	1,5	1,110	—	—
—	—	6	2,82	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Условия съемки: Cu — Ni-излучение; камера РКД, D = 57,3 мм; аналитик Р. А. Александрова. При вычислении межплоскостных расстояний таджикита вводилась поправка по внутреннему стандарту NaCl.

но сужаются, а в результате изогнутости чешуек минерала, в довершение ко всему, обладают волнистым угасанием. Эти осложняющие обстоятельства не позволили получить точных оптических констант минерала. С большим трудом было найдено лишь мелкое монокристалльное зерно, на котором удалось определить основные оптические константы минерала (табл. 1).

Выделения таджикита II типа имеют принципиально тот же оптический характер, но так как неделимые в данном случае несколько более

Таблица 3
Химический состав таджикита и гелландита

Компонент	Таджикит I		Таджикит II		Гелландит (°)	
	вес. %	ат. кол.	вес. %	ат. кол.	вес. %	ат. кол.
SiO ₂	24,70	4113	23,35	3887	26,65	4437
TiO ₂	6,53	817	3,72	466	0,38	40
Al ₂ O ₃			2,30	452	2,88	506
BeO	Не обн.		0,20	80		
ThO ₂	0,50	19	0,50	19	1,46	55
Nb ₂ O ₅	0,75	56				
TR ₂ O ₃	32,43	2148	34,07	2130	37,27	2468
Fe ₂ O ₃	1,32	166	3,12	391	3,07	384
FeO			Не обн.		0,07	10
MnO	0,89	126	0,40	54	0,41	53
MgO	0,42	104	след		0,60	149
CaO	18,51	3264	18,06	3227	11,51	2052
SrO	0,04	4	0,04	4		
Na ₂ O	1,17	377	Не обн.			
K ₂ O			»			
B ₂ O ₃	12,70	3646	14,47	4134	10,50	3016
H ₂ O ⁺					3,75	
H ₂ O ⁻					1,85	
Сумма	99,76		100,23		100,11	
	Аналитик М. Е. Казакова		М. Е. Казакова		В. Bruun	

смотря на сильно выраженный астеризм, были определены основные кристаллографические параметры. Изучение производилось в камере РКОН на медном излучении по рентгенограммам качания. Основные параметры решетки минерала приведены в табл. 1. α и γ около 90° . $V_0 = 862 \text{ \AA}$, $z = 1,99 \simeq 2$, $\rho_{\text{выч}} = 3,732 \text{ г/см}^3$.

Установленные оптически небольшие отклонения от моноклинности подтверждаются и рентгеновскими данными — очень небольшим отклонением углов α и γ от 90° . Возможно, мы имеем дело с первично моноклинным минералом, претерпевшим упорядочение параллельно сопровождающимся полисинтетическим двойникованием.

В табл. 3 приведены результаты химических анализов таджикитов обоих морфологических типов и нового анализа гелландита. Сопоставление химических анализов (табл. 3), включая расписфровки сумм редкоземельных элементов (табл. 4) таджикита и гелландита, показывает, что гелландит по химическому составу существенно отличается от вновь открытого минерала. Существенно меняются соотношения Si/B, Ca/TR, Ce/Y в гелландите, полностью отсутствует характерный для таджикита титан и присутствует очень большое количество (до 10% в старых анализах Бреггера) воды.

Предположение о изменении соотношений Si/B и Ca/TR в результате изоморфизма по схеме $\text{CaSi} \rightarrow \text{TRB}$ не подтверждается, так как изменение содержания кальция коррелируется с изменением содержания бора, а не кремния. Это заставляет предположить, что изменение соотношений основных компонентов в гелландите по сравнению с таджикитом происходит в результате избирательного выщелачивания химических компонентов минерала при его гидратации. Необходимо напомнить, что наиболее гидратированные разновидности гелландита являются рентгеноаморфными, т. е.

крупные и часто лишены волнистого угасания, удается произвести замеры оптических констант. Минерал имеет постоянный оптический характер: $2V = -88^\circ$; $2V = 80^\circ$ — с преобладанием первого типа. $cN_g = 25^\circ$; $bN_g = 4^\circ$, $aN_m = 7^\circ$.

Рентгенограммы порошка таджикита обоих типов идентичны, и их основные линии близко совпадают с основными линиями порошковых гелландита (табл. 2). Таджикит характеризуется некоторым увеличением межплоскостных расстояний по сравнению с гелландитом. Особенности внутреннего строения таджикита I, о которых было сказано выше, не позволяют провести его рентгеновское изучение методом монокристалла; для таджикита II, не-

при значительной гидратации происходит разрушение структуры минерала.

Таким образом гелландит, по-видимому, является гидратированной разностью иттрового аналога таджикита, что и дало нам основание дать обнаруженному минералу новое название. В дальнейшем предлагается называть данную минеральную группу группой гелландита — таджикита, понимая под таджикитом разности минерала с цериево-иттриевым составом TR, а под гелландитом разности с существенно иттриевым составом.

Пересчет анализа таджикита II был произведен при принятии за основу расчета количества бора. В результате пересчета была получена фор-

Таблица 4

Состав редкоземельных элементов в таджикитах и гелландитах (%)

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Ti	Yb	Lu	Y
Гелландит (°)	1,0	2,9	0,7	2,4	2,0	0,1	6,0	1,1	8,5	2,0	7,0	1,0	13,0	2,0	50,0
Гелландит (°)	0,21	1,02	0,11	1,96	2,39	0,10	4,45	0,99	7,61	1,96	7,37	1,20	10,86	1,63	58,1
Таджикит II	6,45	25,35	3,82	15,75	3,8		6,0		6,6	1,05	4,2	0,22	0,57	0,09	24,0
Таджикит I	2,3	11,5	3,1	13,0	6,3	0,7	9,0	0,8	6,4	0,9	3,6	0,7	1,6	—	40,1

мула: $\text{Ca}_{3,16}\text{TR}_{2,19}(\text{Ti, Fe, Al})_{1,11}\text{B}_{4,00}(\text{Si, Al})_{4,00}\text{O}_{22,00}$. Пересчет анализа на содержимое элементарной ячейки (по методу Хейя) приводит к той же формуле: $\text{Ca}_{3,18}\text{TR}_{2,20}(\text{Ti, Fe, Al})_{1,11}\text{B}_{4,04}(\text{Si, Al})_{4,00}\text{O}_{22,00}$. Хорошая сходимость расчетных формул, как и хорошая сходимость вычисленной (3,732) и измеренной (3,73) плотностей указывает на достоверность предлагаемой формулы данного минерала: $\text{Ca}_3\text{TR}_2(\text{Ti, Al, Fe})_1\text{B}_4\text{Si}_4\text{O}_{22}$.

Если принять предложенную нами концепцию, по которой гелландит представляет собой в той или иной степени гидратированный минерал, в котором происходит избирательное выщелачивание некоторых катионов, то становится очевидным, что его анализ не может быть пересчитан на структурную формулу таджикита. Пересчет на указанную формулу анализа таджикита I был произведен при взятии за основу суммы (B + Si). Он привел к формуле: $\text{Na}_{0,39}\text{Ca}_{3,36}\text{TR}_{2,23}(\text{Ti, Fe})_{1,18}(\text{Si}_{4,24}\text{B}_{3,76})_{3,00}\text{O}_{22,54}$.

Сопоставляя формулы таджикита I и таджикита II, можно убедиться, что для исследуемой минеральной группы кроме изоморфизма TR различного состава, что мы уже отмечали, характерны изоморфные соотношения титана, алюминия и трехвалентного железа и, возможно, изоморфизм кремния и бора. Однако следует учитывать, что бор довольно трудно определяется химически в таких многокомпонентных соединениях и что, кроме того, расчет анализа таджикита I не мог быть проконтролирован расчетом по методу Хейя из-за отсутствия рентгеновских данных. Поэтому вопрос о возможности изоморфизма бора с кремнием в данной минеральной группе мы считаем открытым.

Образцы таджикита переданы на хранение в Минералогический музей АН СССР.

Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов
Москва
Геологический институт
Академии наук ТаджССР
Душанбе

Поступило
28 XI 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. C. Brögger, *Nyt. Mag. Naturv. (Oslo)*, **41**, 215 (1903). ² W. C. Brögger, *Zs. Kristallogr.*, **42**, 416 (1907). ³ W. C. Brögger, *Vid. Selsk. Skr. (Oslo)*, **1**, № 1 (1922). ⁴ I. Oftedal, *Norsk geol. tidsskr.*, **44**, 35 (1964). ⁵ I. Oftedal, *Tschermaks min. petrogr. Mit.*, **10**, 125 (1965). ⁶ В. Д. Дусматов, А. Ф. Ефимов и др., *ДАН*, **177**, № 3 (1967). ⁷ В. Д. Дусматов, А. Ф. Ефимов, Е. И. Семенов, *ДАН*, **153**, № 4 (1963). ⁸ Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов, «Наука», 1964.