

Е. Г. ПРОЩЕНКО

## КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ФЕРГЮСОНИТ ИЗ ПЕГМАТИТОВ

Фергюсонит — минерал, обычно встречающийся в метамиктном состоянии. Случаи обнаружения анизотропных фергюсонитов являются единичными. Подобные образцы известны на Среднем Урале (Комков, 1957), в Средней Азии (Горжевская и др., 1961) и Сибири (Петрова и др., 1961).

Нами в одном из месторождений Якутии был обнаружен в виде акцессорной примеси кристаллический фергюсонит в альбитизированных пегматитах, генетически близких щелочным гранитам (кварц, микроклин, эгирин, рибекит). Альбитизация в упомянутых пегматитах является более поздним, наложенным на пегматиты и вмещающие их эгиринизированные гранито-гнейсы и сланцы, процессом. В пегматитах нередко наблюдаются зоны дробления с брекчиевой текстурой: в мелкозернистом кварцево-альбитовом материале крупные обломки амазонита и серого микроклина. Эти зоны пересекают пегматиты, выходя во вмещающие породы.

Фергюсонит встречен в мелкозернистых альбитизированных участках пегматитов, где он образует равномерно рассеянные или полосчатые выделения. Макроскопически представлен мелкими кристаллами, наибольшая величина которых по длинной оси 2,5 мм при среднем соотношении толщины к длине 1:2. По форме это усеченные тетрагональные пирамиды с шероховатыми гранями.

Минерал окрашен в бурый и черный цвет. Черта серовато-черная. Излом неровный до раковистого. Блеск стеклянный в свежем изломе, реже алмазный и жирный. Хрупкий, спайность перпендикулярна удлинению. Твердость около 5. Удельный вес 5,99. рН суспензии минерала 6,8.

В шлифе наблюдаются удлиненные кристаллы или их квадратные сечения. Минерал обладает высоким двуупределением. Иногда наблюдаются двойники.

В табл. 1 приведены оптические свойства описываемого минерала. Здесь же помещены данные для кристаллического фергюсонита, обнаруженного на Среднем Урале (Комков, 1957).

Как видно, единственной отличительной особенностью оптических свойств описываемого фергюсонита является его одноосный характер. Очень редко встречаются низкодвуупределющие разности, почти изотропные (вероятно метамиктные). Средний показатель преломления таких зерен  $N = 2,23 \pm 0,04$ . После прокаливания эти разности изменяют окраску с черной на розовато-желтую, а буровато-желтые разности приобретают зеленоватый оттенок. При этом показатели преломления приближаются к непрокаленным образцам.

Таблица 1  
Оптические свойства фергюсонита

Константы	Фергюсонит (Якутия)	Фергюсонит (Урал)	Примечание
2V	—0	—34	Определялись в сплавах селены с селеном
Ng	2,28±0,02	2,28±0,02	
Np	2,18±0,02	2,18±0,02	
Ng — Np	0,03	0,03	Определено компенсатором Берекка

Таблица 2

Рентгенометрические данные фергюсонита

№ п/п	hkl	Непрокаленный						hkl	Прокаленный			
		I		II		по А. И. Комкову			II		по Е. А. Петровой и др.	
		I	d	I	d	I	d		I	d	I	d
1	110	—	—	1	3,65	—	—	—	—	5	3,43	
2	111	3	3,29	4	3,31	4	3,33	—	—	3	3,25	
3	112	10	3,003	10	3,02	10	3,03	121	10	3,08	10	3,10
4	—	—	—	—	—	—	—	—	10	2,925	8	2,94
5	004	3	2,692	2	2,71	4	2,72	040	4	2,706	4	2,71
6	200	4	2,567	3	2,58	5	2,58	002	3	2,613	3	2,62
7	—	—	—	—	—	—	—	200	3	2,506	33	2,52
8	114	—	—	—	—	1	2,18	141	1	2,145	—	—
9	204	2	2,049	—	—	3	2,06	042	—	—	4	2,08
10	213	—	—	2	1,912	—	—	—	—	—	—	—
11	204	9	1,862	7	1,874	9	1,87	202	10	1,888	9	1,882
12	220	—	—	2	1,834	6	1,822	240	7	1,846	5	1,845
13	214	1	1,772	—	—	1	1,793	202	—	—	1	1,771
14	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1,752	—	—
15	106	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,734
16	312	2	1,708	—	—	2	1,723	161	6	1,641	2	1,641
17	116	7	1,619	3	1,624	8	1,627	123	9	1,615	6	1,618
18	007	8	1,559	6	1,568	9	1,563	321	3	1,566	7	1,567
19	312	—	—	—	—	—	—	242	6	1,555	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	321	5	1,500	4	1,504
21	224	—	—	—	—	5	1,517	—	4	1,474	2	1,474
22	—	—	—	—	—	—	—	080	—	—	2	1,367
23	—	—	—	—	—	—	—	—	6	1,260	—	—
24	008	—	—	—	—	2	1,361	—	4	1,242	—	—
25	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1,232	—	—
26	412	3	1,215	5	1,213	—	—	—	4	1,218	6	1,216
27	—	—	—	—	—	—	—	—	7	1,211	—	—
28	208	3	1,203	—	—	—	—	—	3	1,200	—	—
29	218	—	—	5	1,171	—	—	—	7	1,187	—	—

Кривая нагревания описываемого анизотропного фергюсонита характеризуется отсутствием эффектов и подобна таковой для сибирского кристаллического фергюсонита (Петрова и др., 1961).

Таблица 3

## Параметры элементарной ячейки фергюсонита

	Непрокаленный		По А. И. Комкову	Прокаленный	
	Бурый	Черный		Бурый	По А. И. Комкову
$a_0, \text{Å}$	$5,15 \pm 0,09$	$5,179 \pm 0,002$	5,15	5,03	5,05
$b_0, \text{Å}$				10,82	10,89
$c_{0\beta}, \text{Å}$	$10,77 \pm 0,07$	$10,88 \pm 0,04$	10,89	5,25	5,27
				$85^\circ 29' \pm 18'$	$85^\circ 30'$
Уд. вес (эксп.)		5,99	5,60		5,62

На рентгеноструктурный анализ были отобраны два образца минерала: бурый и черный. Дебаграммы обеих разновидностей до и после прокаливания идентичны (табл. 2). Съемка бурого фергюсонита (I) производилась на  $\text{Cr}$ -излучении при  $V = 27 \text{ кэВ}$ ;  $I = 180 \text{ ма/час}$ ;  $d = 0,5 \text{ мм}$ ;  $D = 57,3 \text{ мм}$ ; черного фергюсонита (II) —  $\text{Cr}$ -излучение;  $V = 20 \text{ кэВ}$ ;  $I = 60 \text{ ма/час}$ ;  $d = 0,5 \text{ мм}$ ;  $D = 57,3 \text{ мм}$ .

Межплоскостные расстояния непрокаленного фергюсонита соответствуют межплоскостным расстояниям уральского образца (Комков, 1957). После прокаливания до  $900^\circ \text{C}$  на дебаграмме появляется ряд линий, свойственных высокотемпературной моноклинной модификации, характерной для нагретых метамиктных фергюсонитов.

Расчитанные параметры ячейки исследуемого фергюсонита приведены в табл. 3. Как видно, результаты в пределах точности измерения соответствуют данным для фергюсонитов.

Таблица 4

## Химический состав фергюсонита

Оксиды	Фергюсонит (Якутия)				По Е. А. Петровой и др. (1961)
	Вес. %	Пересчет на 100%	Молекулярное количество	Количество атомов в ячейке	
$\text{SiO}_2$	2,37	—			2,97
$\text{TiO}_2$	0,63	0,65	0,008	0,02	1,28
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,86	0,89	0,006	0,03	0,84
$\text{Nb}_2\text{O}_5$	46,16	47,82	0,180	1,01	40,38
$\text{Ta}_2\text{O}_5$	0,72	0,74	0,002	0,01	0,65
$\text{CaO}$	0,36	0,37	0,007	0,02	—
$\text{MgO}$	0,19	0,20	0,005	0,01	3,00
$\text{MnO}$	0,03	0,03	—		
$\text{ThO}_2$	1,08	1,12	0,004	0,01	3,14
$\text{TR}_2\text{O}_3$	45,16	46,77	0,158	0,89	44,83
$\text{PbO}$	0,03	0,03			
$\text{H}_2\text{O}^+$	1,13	1,17			
$\text{H}_2\text{O}^-$	0,20	0,21			
Сумма	98,92	100,00			99,68 *
Аналитик	М. Е. Казакова				

\* В сумму включены  $\text{UO}_2 = 1,58\%$  и  $\text{F} = 0,76\%$ .

Формула;  $(\text{TR}_{0,89}\text{Fe}_{0,03}\text{Th}_{0,01}\text{Mg}_{0,01}\text{Ca}_{0,02})_{0,96}(\text{Nb}_{1,07}\text{Ta}_{0,01}\text{Ti}_{0,02})_{1,04}\text{O}_4$

На химический анализ были отобраны кристаллы буровато-черного цвета. По валовому составу минерал представляет собой типичный фергюсонит (табл. 4), а по составу главных компонентов (ниобий, тантал, р. з. э.) ближе всего стоит к желтой кристаллической разновидности из Сибири (Петрова и др., 1961). В то же время между ними наблюдаются различия в содержании титана, магния и тория, повышенные количества которых характерны для сибирского фергюсонита. Пересчет химического анализа дает формулу, близкую к теоретической, с соотношением группы А и В 1 : 1.

Таблица 5

Состав р. з. э. в фергюсоните ( $TR_2O_3=100\%$ )

Элементы	Содержание, %						
La	0,8	Pm	—	Tb	1,2	Tu	1,8
Ce	1,5	Sm	2,3	Dy	14,0	Yb	11,0
Pr	0,5	Eu	0,4	Ho	3,4	Lu	2,5
Nd	1,9	Gd	6,0	Er	13,0	Y	(40,0)

Состав р. з. э., определенный рентгеноспектральным методом (Р. Л. Баринский) из выделенной химическим путем суммы TR, показан в табл. 5. Как видно, в описываемом фергюсоните присутствует вся гамма р. з. э. с преобладанием иттриевой группы над цериевой ( $\Sigma Ce = 13,4$ ;  $\Sigma Y = 86,6\%$ ). Характерной особенностью состава р. з. э. в данном минерале, сближающей его с сибирским фергюсонитом, является диспрозий-эрбиевый максимум.

В качестве элементов — примесей, установленных спектрально, в минерале присутствуют Be, Zn, Al, Sr. В повышенных количествах отмечается Sr, наличие которого не типично для данного минерала. Постоянно присутствует Be.

Как видно из описания, фергюсонит из Якутии обнаруживает большое сходство в составе, свойствах и условиях нахождения с кристаллическими фергюсонитами из других районов. Это обстоятельство может свидетельствовать о близких физико-химических условиях их образования, возможно оказавших влияние на сохранение кристаллической структуры.

## ЛИТЕРАТУРА

- Комков А. И. О фергюсоните. — Зап. Всес. мин. общ-ва, ч. 87, вып. 4, 1957.  
 Горжевская С. А., Сидоренко Г. А., Сморгачев И. Е. Новая модификация фергюсонита —  $\beta$ -фергюсонит. — В сб.: «Геология месторождений редких элементов», вып. 9, 1961.  
 Петрова Е. А., Сидоренко Г. А., Иванова Т. И. О фергюсоните из альбититов. — В сб.: «Геология месторождений редких элементов», вып. 9, 1961.