

Ю. Л. ОРЛОВ, Н. Н. МАРТЬЯНОВ

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЙ ВЕЗУВИАН ИЗ ЕНИСЕЙСКОГО
КРЯЖА

Во время работ в Енисейском кряже в 1957 г. в гибридных породах эндоконтактной зоны Ляхтинского гранитного интрузивного массива, прорывающего в изучавшемся районе мергелисто-глинистую толщу, нами был установлен весьма необычный по своим свойствам везувиан, который геологи, ранее исследовавшие этот район, относили к ортиту.

Гибридные породы эндоконтактной зоны представлены грано-сиенитами, грано-диоритами, сиенитами и диоритами, переходящими друг в друга без отчетливо выраженных границ. В этих породах наблюдается редкая вкрапленность везувиана, который в некоторых случаях в участках сиенитового состава, обладающих пегматоидной структурой, образует шпирообразные скопления (рис. 1) в виде значительных по размеру гнезд (до 5—6 м³). Везувиан, иногда вместе с темно-зеленой роговой обманкой, заключен в буровато-красный микроклин и тесно ассоциирует с альбитом. В шлифах наблюдаются сфен, хлорит, флюорит, кальцит, рудный минерал и развивающиеся по везувиану эпидот, клиноцоизит и цоизит. В шлифах везувиан имеет серовато-желтый цвет и у него обнаруживается четко выраженная зональность (рис. 2). В пегматоидных участках отдельные кристаллы везувиана иногда бывают 3—4 см длиной и 2—3 см в поперечнике. Кристаллы имеют хорошо выраженную тетрагональную форму, представляющую собой простую комбинацию двух призм и пинакоида: габитус кристаллов изометричный или слабо удлинненный.

В осколках минерал по цвету и блеску очень напоминает ортит: черный, просвечивающийся в краях зеленовато-бурым цветом, с ярким смолистым блеском, раковинчатым изломом. Твердость 6—6,5, удельный вес 3,23 (определен пикнометрически).

Рентгено-структурные исследования¹ подтверждают принадлежность кристаллов к тетрагональной сингонии: лауэграммы соответствуют лауэвскому классу C₄(C₄₁). Размеры элементарной ячейки равны $a_0 = 15,55 \text{ \AA}$ и $c_0 = 11,86 \text{ \AA}$ (определены методом качания). Эти значения близки к размерам, приводимым для везувиана Штрупцем: $a_0 = 15,66 \text{ \AA}$ и $c_0 = 11,85 \text{ \AA}$ (Strunz, 1957). Дебаеграмма, полученная с исследуемого минерала, хорошо совпадает с дебаеграммой взятого за эталон везувиана из месторождения Люпикко (Финляндия) (табл. 1).

Химический состав везувиана из Енисейского кряжа следующий (в весовых процентах): SiO₂—34,59; TiO₂—3,88; ThO₂—0,12; Al₂O₃—12,47; Fe₂O₃—3,06; ΣTR — 4,31; FeO — 5,6; MnO — 0,32; MgO — 1,42; CaO—

¹ Рентгено-структурные исследования выполнены в лаборатории ИМГРЭ АН СССР

30,84; Na_2O — 0,53; K_2O — 0,15; H_2O^+ — 2,19; H_2O^- — 0,05 (аналитик Г. Варшал, ИГЕМ АН СССР).

Пересчет химического анализа, приведенного в табл. 2, на формулу $\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_4$, предложенную для везувиана Уорреном и Моделлем (1931), дает близкую сходимость: $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K}, \text{TR}, \text{Th})_{9,9}$



Рис. 1. Кристаллы везувиана в пегматоидном участке сленитовой породы (штуф)

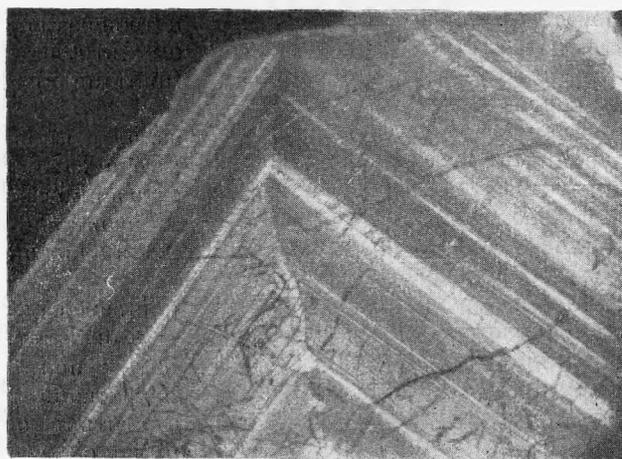


Рис. 2. Зональный кристалл везувиана (шлиф)

$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}), (\text{Fe}^{3+}, \text{Mn})_{2,35}(\text{Al}, \text{Ti})_{4,17}(\text{Si}, \text{Al})_9\text{O}_{34,32}(\text{OH})_{3,68}$; наблюдается дефицит в группе кальция. При пересчете на формулу, выведенную для везувиана Махачки: $\text{X}_{19}\text{Y}_{13}\text{Z}_{18}(\text{O}, \text{OH}, \text{F})_{76}$ (Machatschki, 1930), где $\text{X} = \text{Ca}, \text{Na}, \text{K}, (\text{Mn})$; $\text{Y} = \text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Ti}, \text{Mn}$ и $\text{Z} = \text{Si}$ (в нашем случае в группу X мы включаем, кроме указанных элементов, TR и Th , а в группу Z , частично, Al) получается формула — $\text{X}_{17,98}\text{Y}_{13}\text{Z}_{18}(\text{O}, \text{OH})_{76}$.

Таблица 1

Дебаграммы везувианов
(Fe = излучение, РКД 2R = 57,32 г = 0,6 мм)

I		II		III		IV	
hkl	d	I	d	I	d	I	d
421	3,33	5	3,34	3	3,31	2	3,33
511	2,948	—	—	5—	2,95	4,5	2,94
204	2,766	10	2,79	10	2,75	10	2,74
224	2,605	8	2,63	9	2,60	5,7	2,59
620	2,454	4	2,49	8	2,46	6	2,45
315	2,133	—	—	2,5	1,13	2,5	2,12
820	1,882	—	—	2	1,884	1,5	1,88
535	1,769	—	—	2,5	1,769	2	1,76
—	—	—	—	1,5	1,680	2,5	2,678
842	1,665	—	—	—	1,664	4,5	1,660
804	1,623	3	1,65	8	1,625	9	1,619
—	—	—	—	2	1,573	1,5	1,569
664	1,556	—	—	2	1,557	2,5	1,555
844	1,498	—	—	2	1,499	2	1,495
008	1,480	—	—	1,5	1,482	—	—
—	—	—	—	2	1,390	2	1,386
—	—	—	—	2,5	1,346	3	1,342
10.4.4.	1,295	—	—	3	1,296	3	1,296
608	1,285	—	—	2,5	1,283	—	—
122.0	1,275	—	—	—	1,272	2,5	1,278
—	—	—	—	4	1,108	3	1,102
14.2.2.	1,079	—	—	3	1,080	2	1,075
—	—	—	—	1	1,042	1,5	1,039
10.8.6.	1,033	—	—	2,5	1,032	2,5	1,029
—	—	—	—	2	1,023	2	1,021
888	1,004	—	—	3	1,005	1,5	1,003
—	—	—	—	—	—	1,5	1,001

* I — везувиан; теоретические значения межплоскостных расстояний; II — везувиан из Енисейского края (не прокаленный); III — везувиан из Енисейского края (прокаленный в течение 2 час. при $t = 800^\circ$); IV — везувиан из месторождения Люпикко (Финляндия). Значения d приводятся выборочно — только те, которые совпадают со значениями для прокаленного везувиана.

Спектральным анализом, кроме приведенных в химическом анализе элементов, устанавливаются: Be, Sr, Ga, Pb, Cu, Co, Ni, V, As, Ag, и Sn и F.

Таким образом, по форме кристаллов, структуре и размерам элементарной ячейки, а также по химическому составу исследованного минерала мы имеем полное основание относить его к везувиану.

Чрезвычайно интересной особенностью описываемого везувиана является высокое содержание в нем редких земель (4,31%), а также присутствие Th и U. По данным химического анализа, содержание ThO_2 в везувиане равно 0,12%. Специальными исследованиями, проведенными на отдельных навесках, в везувиане было установлено присутствие активных элементов в следующих количествах: Th = 0,22%; Ra = $1,64 \cdot 10^{-8}$ и U = $4,8 \cdot 10^{-2}\%$. Состав редких земель в везувиане, полученный в результате рентгено-

спектрального анализа, следующий (в процентах): редкие земли церовой группы суммарно составляют 95,49; из них сам Ce — 48; La — 24,0; Pr — 5,4; Nd — 16,0; Sm — 1,8; Eu — 0,2; Gd — 1,2; Tb — 0,2; Dy — 0,4; Er — 0,3; Yb — 0,2; Y — 3,0; Ho, Tm и Lu не обнаружены (аналитик Р. Л. Баринский, ИМГРЭ АН СССР).

В связи с присутствием радиоактивных элементов редкоземельный везувиан обладает активностью. Несмотря на незначительные количества U, Th и Ra, содержащихся в везувиане, они повлияли на структуру минерала. Лауеграммы с монокристаллов получаются очень нечеткие, с размытыми пятнами, дебаеграммы — с небольшим количеством отражений. В связи с этим для получения четких рентгеновских снимков исследуемый минерал прокаливался при 750—800° в течение 2 час.

Для замера показателей преломления были сделаны ориентированные шлифы из одного кристалла. Очень слабое двупреломление $N_g - N_p = 0,001 - 0,002$ наблюдается только в разрезах, параллельных N_g . По замерам в этих шлифах максимальная величина $N_g = 1,711 - 1,710$ и $N_p = 1,709 - 1,710$. При массовых замерах в иммерсионных препаратах показатели преломления падают от 1,711—1,709 до 1,658, при очень слабом двупреломлении или изотропии в каждом отдельном зерне, что связано с явлением метамиктного распада.

На поверхности редкоземельный везувиан сравнительно быстро выветривается, вследствие чего вокруг его кристаллов появляются охристые каемки красного, оранжевого и белого цвета. Как показывает спектральный анализ, охры содержат те же редкие элементы, включая и редкие земли, что и сам везувиан. Количественно из них определены: Th = 0,28%; Ra = $1,69 \cdot 10^{-8}\%$ и U = $5,9 \cdot 10^{-2}$. Детально продукты изменения везувиана не изучались.

ЛИТЕРАТУРА

- M a c h a t s c h k i F. Die Summenformel des Vesuvians und seine Beziehungen zum Granat. Cent. f. Min. etc. jahrg., Abt. A, № 7, 1930.
 S t r u n z H. Mineralogische Tabellen. 1957.
 W a r r e n B. E. a. M o d e l l D. I. The structure of vesuvianite $Ca_{10}Al(Mg, Fe)_2Si_9O_{34}(OH)_4$ Zeits. für Krist., Bd. 78, 1931.