

В. А. КОРНЕТОВА, Г. А. ОСОЛОДКИНА

**АКВАМАРИН  
ИЗ ХРУСТАЛЕНОСНЫХ ПЕГМАТИТОВ И МОНАЦИТ,  
ОТЛОЖИВШИЙСЯ В ПУСТОТАХ ЕГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

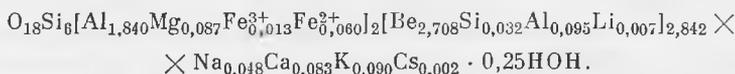
При анализе отечественной литературы, касающейся химических составов аквамаринов, обнаружилось, что число их весьма невелико и за последние десятилетия измеряется единицами (Фекличев, 1964; Соколова, 1959). По этой причине нам представляется полезным опубликовать всякого нового анализа этого довольно распространенного минерала.

Описываемый аквамарин приурочен к монокристаллам микроклин-пертита, окружающих полость занорыпа в одном из хрусталеносных пегматитов Сибири. Цвет зеленовато-голубой; полупрозрачен, иногда совершенно прозрачен. Разлит в длиннопризматических кристаллах, достигающих 10—12 см в длину при поперечнике в 1,5—2 см. Иногда зонален. Зоны отличаются друг от друга степенью прозрачности или едва заметным оттенком в цвете. Зональность развивается вокруг главной оси. Зональность вдоль оси не наблюдается.

Большинство кристаллов сидит непрочно внутри микроклина и при легком сотрясении выпадает из последнего, оставляя шестигранные каналы. В них иногда встречаются реликты полурасстворенного аквамарина, имеющие форму игольчатых сосулек, очень хрупких и покрытых пирамидками — «конвертиками» растворения. Поверхность граней аквамарина, не подвергнутого разъеданию, обычно тонко исштрихована вдоль главной оси, отсюда и игольчатые реликты вытянуты в том же направлении.

При исследовании стенок шестигранных полостей, оставшихся от выщелоченного берилла, обнаружилось, что они покрыты клювообразными выступами-выростами из микроклина (рис. 1). Эти выступы — свидетели одновременной кристаллизации аквамарина и микроклина, причем на последний растворы, выщелочившие берилл, не оказали никакого действия.

Удельный вес аквамарина 2,69;  $N_0 = 1,581$ ,  $N_e = 1,575$ . Постоянные решетки, определенные З. П. Размановой, (в Å):  $a_0 = 9,22 \pm 0,01$ ,  $c_0 = 9,19 \pm 0,01$ . Помимо главных элементов Be, Si, Al, спектральным анализом установлены: Fe, Mg, Mn (средние линии), Ca, Sc, Cu, Ag, Na (слабые), Ga, Ti, Zn, Zr. Полный химический анализ выполнен Г. А. Осолодкиной. Расчет формулы производим по В. В. Бакакину и Н. В. Белову (1962) на 18 O. Коэффициент 5,5131.



Из формулы становится очевидным дефицит в группе Be, который мы дополняем, следуя Бакакину и Белову, избытком Si, Al и Li, и некоторый недостаток H<sub>2</sub>O, учитывая сумму щелочей и щелочных земель (по Фекличеву, 1964). В химическом составе обращает на себя внимание повышенное количество Ca и K и преобладание последнего над Na.

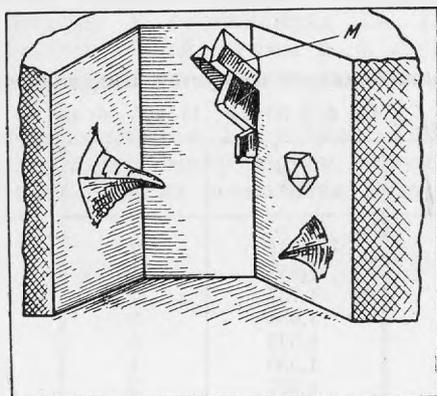


Рис. 1. Схематическое изображение стенок пустотки от выщелоченного берилла в микроклине. Видны хорошо сохранившиеся клювообразные выступы микроклина, иногда имеющие форму пирамидок. Бериллы полностью растворены. Справа видна друза кристаллов монацита (M), выросших на стенках пустотки

Анализ производился на совершенно чистом материале, представленном прозрачными кусочками одного кристалла аквамарина. Следы растворения на них не наблюдались, поэтому дефицит в области Be не может быть отнесен за счет некоторой разрушенности вещества.

О природе же растворов, корродирующих кристаллы берилла, сказать что-либо с достаточной степенью точности нельзя. Полурастворенный

Таблица 1

Химический анализ аквамарина

Оксиды	Вес. %	Молекулярное количество	Атомное количество		Коэффициент
			катиона	кислорода	
SiO <sub>2</sub>	65,71	1,0941	1,0941	2,1882	6,0319
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,88	0,1755	0,3510	0,5265	1,9351
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,19	0,00119	0,00238	0,00357	0,0131
FeO	0,79	0,01099	0,01099	0,01099	0,06059
BeO	12,29	0,4912	0,4912	0,4912	2,7080
CaO	0,85	0,01516	0,01516	0,01516	0,0836
MgO	0,64	0,01587	0,01587	0,01587	0,0875
Na <sub>2</sub> O	0,27	0,00435	0,0087	0,00435	0,0479
K <sub>2</sub> O	0,77	0,00817	0,01634	0,00817	0,09008
Li <sub>2</sub> O	0,02	0,00067	0,00134	0,00067	0,00739
Cs <sub>2</sub> O	0,07	0,00025	0,0005	0,00025	0,0027
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,82	0,04550			
Сумма	100,30				

Кроме того, анализом установлено отсутствие Mn, Rb и H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>.

берилл не ассоциирует в нашем случае ни с одним минералом. Форма фигур растворения изучена еще недостаточно, чтобы однозначно судить, в какой среде произошло растворение берилла.

Некоторые полости, оставшиеся от берилла, оказались заполненными кристаллами красноватого монацита, отложившегося явно после исчезновения аквамарина. Монацит образует толстопризматические кристаллы.

Таблица 2

Рентгенограмма монацита из пустот выщелачивания берилла  
( $\lambda$  Cu б/ф 30 kV, 11 mA, 6 час.)

$kX$	$I$	$kX$	$I$	$kX$	$I$
3,273	6	1,934	7	1,367	2
3,040	10	1,852	8	1,325	6
2,859	9	1,727	7	1,278	7
2,595	3	1,684	3	1,231	8
2,426	3	1,593	3	1,183	2
2,289	2	1,530	4	1,093	1
2,113	6	1,467	3	1,059	2
				1,027	1

Цвет оранжево-красный, полупрозрачен. Удельный вес 5,4,  $Ng - Np = 0,050$ ,  $Nm \geq 1,780$ ;  $(+)2V$  около  $5^\circ$ . Рентгенограмма приведена в табл. 2.

Отложенный в пустотах растворения монацит в какой-то мере может иллюстрировать природу циркулировавших растворов.

Незначительные количества монацита не позволили произвести химический анализ его, однако состав р. з. э. определить удалось; он оказался

Таблица 3

Состав TR в монаците полостей выщелачивания аквамарина и сравнение его с монацитами других месторождений

Окислы TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Среднее из двух определений	Монацит Браун Дербн (Heinrich а. о., 1960)	Монацит, ассоциирующий с ксенотимом (Корнетова, Варшав, 1964)
La	8,5	8,1	15,3
Ce	44,9	37,6	40,00
Pr	6,2	5,4	5,75
Nd	24,2	23,4	18,20
Sm	7,4	16,6	7,75
Gd	3,7	5,7	5,10
Tb + Y	4,6	3,2	4,65
Dy	0,3	—	2,65
Ho	—	—	0,15
Er	0,1	—	0,3
Сумма	99,9	100,00	99,85

весьма своеобразным (табл. 3). В лаборатории ИГЕМ АН СССР Г. М. Варшав была установлена сумма  $TR + ThO_2 = 60,75\%$ , причем  $ThO_2 = 5,53 \pm 20\%$  от определяемой величины. На TR приходится  $55,22\%$ .

На рис. 2 графически сравниваются составы монацитов. Как видно, в описываемом нами монаците резко занижено количество La в сравнении

с монацитом, ассоциирующим с ксенотимом из альбитизированных пегматитов, хотя содержания остальных р. з. э. сравнительно близки, в первом лишь больше легких р. з. э. цериевой группы. Общая сумма р. з. э. в монаците из альбитизированных пегматитов 62,16%; при этом  $\text{ThO}_2 = 5,16\%$ , т. е. равно содержанию его в описываемом образце. Однако разница в сумме р. з. э. у них составляет 6,94% (62,16—55,22%), что почти эквивалентно разнице в содержаниях La (15,3 — 8,5 = 6,8%). Иными словами, снижение общей суммы р. з. э. в монаците из пустот выщелачивания осуществляется почти целиком за счет этого элемента.

Монацит с низким содержанием La описан Хейнрих с соавторами (1960) в ассоциации с альбитом, микроклином, колумбитом, ганитом, синим турмалином, спессартином из пегматитов Браун Дерби, Колорадо.

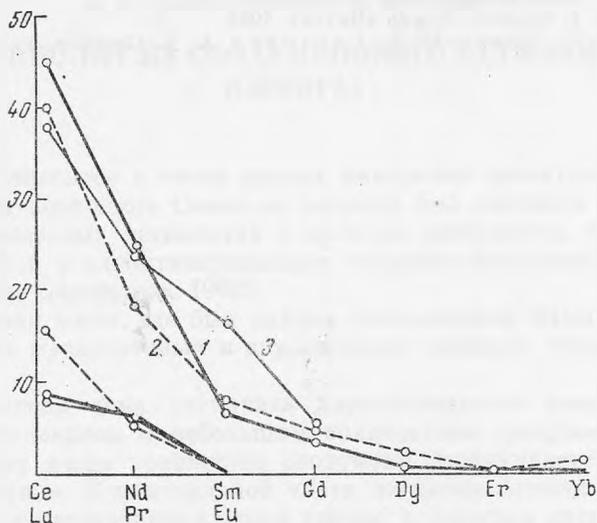


Рис. 2. Сравнение составов TR в монацитах различных месторождений

1 — монацит из хрусталеносных пегматитов, 2 — монацит из альбитизированных пегматитов, 3 — Браун Дерби, Колорадо (Heinrich e. o., 1960)

В этом образце сумма р. з. э. + Y +  $\text{ThO}_2 = 75,7\%$ ;  $\text{ThO}_2 = 4,1\%$ , соответственно  $\Sigma\text{TR} = 71,6\%$ . Низкие содержания La компенсируются повышенным количеством Sm и Gd.

Если состав р. з. э. монацитов Браун Дерби при их высокой сумме (71,6%) в минерале следует объяснять спецификой геохимических условий, то в монаците из полостей растворения берилла сумма р. з. э. достаточно мала (55,22%), и низкий процент La, по всей вероятности, связан либо с особенностью растворов, из которых кристаллизовался монацит, либо этот элемент был вынесен из минерала в процессе гипергенеза при предварительном окислении.

Известную аналогию можно было бы усмотреть в работе Ю. А. Балашова, М. Д. Дорфмана и Н. В. Туранской (1965), где описан случай частичного выноса La из эвдиалита при гипергенном выветривании последнего и превращении его в калиевый цирсит в условиях слабощелочной среды.

Однако свежесть кристаллов монацита, отсутствие следов выветривания противоречат предположению о выносе La в зоне гипергенеза.

Таким образом, растворение кристаллов аквамарина произошло в гидротермальную фазу пегматитового процесса. Вполне вероятно, что

в этом могли участвовать те растворы, из которых позже отложился монацит. Малые количества La в составе р. з. э. монацита могут быть скорее объяснены специфическим составом самих гидротермальных растворов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бакакин В. В., Белов Н. В. Кристаллохимия берилла. — *Геохимия*, 1962, № 5.
- Балашов Ю. А., Дорфман М. Д., Туранская Н. В. Отделение церия от редкоземельных элементов при выветривании эвдиалита. — *Труды Мин. музея АН СССР*, вып. 16, 1965.
- Корнетова В. А., Варшал Г. М. Срастание ксенотима с монацитом и распределение в них редкоземельных элементов. — *Сб. «Химический анализ минералов и их химический состав»*. Изд-во «Наука», 1964.
- Соколова Е. П. Аквамарины из пегматитов Памира. — *Материалы Всес. н.-и. геол. ин-та, серия минер.*, вып. 26, 1959.
- Фекличев В. Г. Берилл. Изд-во «Наука», 1964.
- Heinrich E. U., Bogup R. A., Levinson A. A. *Geochim. et cosmochim. acta*, 1960, 19, N 3.