

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.612

Д. чл. П. Б. СОКОЛОВ, М. Г. ГОРСКАЯ, д. чл. В. В. ГОРДИЕНКО,  
М. Г. ПЕТРОВА, Ю. Л. КРЕЦЕР, д. чл. В. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ

ОЛЕНИТ  $\text{Na}_{1-x}\text{Al}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{O},\text{OH})_4$  —  
НОВЫЙ ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫЙ МИНЕРАЛ  
ИЗ ГРУППЫ ТУРМАЛИНОВ<sup>1</sup>

Пересмотр данных по химизму турмалинов показал (Foit, Rosenberg, 1977), что эльбаит представляет собой член изоморфной группы Al-Li турмалинов, в котором Al : Li в позиции Y  $\approx$  1 : 1. Данные наших исследований и литературные данные приводят к выводу, что существует серия изоморфных переходов от такого эльбаита до составов, где практически все позиции Y заняты Al. Выделение этого крайнего члена ряда в группе турмалинов очень важно, так как Al встречается в октаэдрах Y практически во всех природных турмалинах. Данная номенклатура уже вошла в литературу, но в связи с отсутствием материала существование конечного Al-члена этого ряда только предполагалось (Foit, Rosenberg, 1975). Именно такому турмалину, открытому нами в редкометальных пегматитовых жилах одного из докембрийских полей СССР, предлагается новое название оленит  $\text{Na}_{1-x}\text{Al}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{27}(\text{O},\text{OH})_4$ . Пегматитовые жилы мощностью от 5 до 30 см залегают в метадиабазах, занимая секущее положение по отношению к сланцеватости вмещающих пород, и обладают четко выраженным зональным строением. Призальбандовая их часть сложена среднезернистой турмалино-кварцевой зоной. Центральная часть жил сложена агрегатом мелкопластинчатого альбита и игольчатых бледно-розовых хорошо ограненных кристаллов турмалина размером 0.5 × 3.0 мм. Этот агрегат обладает флюидальной текстурой, обусловленной преимущественной ориентировкой пластинок альбита и кристаллов турмалина субпараллельно контактам жил. Конусные кристаллы турмалина в приконтактных частях жил раздроблены, что свидетельствует о тектонической природе этого агрегата.

Химический состав кристаллов турмалина изучен методом микрозондового анализа, а также классическими методами мокрой химии (табл. 1). Пересчет результатов микрозондовых анализов химического состава турмалинов на кристаллохимическую формулу проведен из расчета шести атомов кремния, при этом делалось допущение, что дефицит катионов в позиции Y вызван литием,<sup>2</sup> что подтверждается данными рентгеноструктурного анализа (Горская и др., 1982). В литературе известны аналогичные приемы расчета кристаллохимических формул турмалинов (Walenta, Dunn, 1979). Пересчет результатов химического анализа турмалина проведен на 15 катионов (сумма катионов в позициях Y, Z и Si).

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 14 июня 1985 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 28 апреля 1985 г.

<sup>2</sup> При микрозондовом анализе количественно не определяется.

Химический состав и кристаллохимические формулы исследованных турмалинов

Анализ	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO
1	36.86	0.03	46.43	0.14	0.00	0.49	0.00	0.26
2	37.89	0.00	39.44	1.14	0.00	2.29	0.01	0.09
3	37.95	0.03	43.25	0.13	0.00	1.67	0.02	0.45
4	37.92	0.02	43.39	0.14	0.00	1.54	0.00	0.41

Таблица 1 (продолжение)

Анализ	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	ZnO	F	Li <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Сумма
1	1.60	0.03	0.03	0.06	— *	10.90 *	1.36 *	98.29
2	1.67	0.01	0.98	0.00	1.69 *	10.98 *	3.78 *	99.97
3	1.48	0.07	0.00	0.17	0.82	10.64	2.80	99.48
4	1.55	0.01	0.02	0.04	1.07 *	11.00 *	2.78 *	99.89

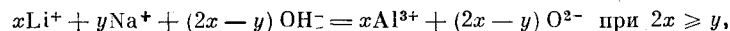
## Кристаллохимическая формула

- Ан. 1 — (Na<sub>0.51</sub>K<sub>0.01</sub>Ca<sub>0.05</sub>)<sub>0.57</sub>(Al<sub>2.91</sub>Mn<sub>0.07</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>0.02</sub>Ti<sub>0.01</sub>)<sub>3.01</sub>Al<sub>6.00</sub>B<sub>3.00</sub>Si<sub>6.00</sub>O<sub>27</sub>(O<sub>2.53</sub>OH<sub>1.44</sub>F<sub>0.03</sub>)<sub>4.00</sub>  
 Ан. 2 — (Na<sub>0.51</sub>Ca<sub>0.02</sub>)<sub>0.53</sub>(Al<sub>1.36</sub>Li<sub>1.08</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>0.14</sub>Mn<sub>0.31</sub>Zn<sub>0.11</sub>)<sub>3.00</sub>Al<sub>6.00</sub>B<sub>3.00</sub>Si<sub>6.00</sub>O<sub>27</sub>(OH)<sub>4.00</sub>  
 Ан. 3 — (Na<sub>0.48</sub>K<sub>0.01</sub>Ca<sub>0.08</sub>)<sub>0.55</sub>(Al<sub>2.18</sub>Li<sub>0.53</sub>Mn<sub>0.22</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>0.02</sub>Ti<sub>0.01</sub>)<sub>2.96</sub>Al<sub>6.00</sub>B<sub>2.96</sub>Si<sub>6.04</sub>O<sub>27</sub>·  
 (O<sub>1.47</sub>OH<sub>2.44</sub>F<sub>0.09</sub>)<sub>4.00</sub>  
 Ан. 4 — (Na<sub>0.48</sub>Ca<sub>0.07</sub>)<sub>0.55</sub>(Al<sub>2.09</sub>Li<sub>0.69</sub>Mn<sub>0.21</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>0.00</sub>)<sub>3.00</sub>Al<sub>6.00</sub>B<sub>3.00</sub>Si<sub>6.00</sub>O<sub>27</sub>(O<sub>1.05</sub>OH<sub>2.93</sub>F<sub>0.02</sub>)<sub>4.00</sub>

Примечание. Ан. 1 и 2 — данные микрозондового анализа для турмалинов с максимальным и минимальным содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; ан. 3 — данные химического анализа из навески 1 г (содержание щелочей определено методом пламенной фотометрии); ан. 4 — микрозондовый анализ кристалла, выбранного для структурного исследования; содержания, отмеченные звездочкой (\*), рассчитаны, исходя из кристаллохимических соотношений элементов, характерных для турмалина. Условия микрозондового анализа: микроанализатор «Камебакс», ускоряющее напряжение 15 кВ, ток образца 20 нА, диаметр зонда 10 мкм; эталоны — кварц, корунд, альбит, нефелин, периклаз, волластонит и чистые металлы (Fe, Mn, Zn и Ti); пересчет относительных интенсивностей на концентрации по программе «Сотгех» матобеспечения анализатора.

Исследование степени неоднородности кристаллов турмалина методом микрозондового анализа показало, что многие из них обладают зональностью. Содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в кристаллах изменяется от 39.4 до 46.5 мас.%, так что центр кристалла имеет состав почти чистого эльбаита Na(Al<sub>1.5</sub>Li<sub>1.5</sub>)<sub>3.0</sub>Al<sub>6.0</sub>B<sub>3.0</sub>Si<sub>6.0</sub>O<sub>27</sub>(O, OH)<sub>4</sub>, а в краевой зоне содержание Al в позиции Y возрастает до 2.91 форм. ед. (табл. 1, ан. 1). Изученные образцы, таким образом, представляют собой непрерывный ряд твердых растворов от эльбаита до оленита, у которого позиция Y в структуре минерала содержит практически только Al.

Образование таких высокоглиноземистых турмалинов отвечает следующей схеме изоморфных замещений в эльбаите:



т. е. компенсация зарядов при изоморфизме Li<sup>+</sup> → Al<sup>3+</sup> в позиции происходит в результате замещения OH<sup>-</sup> → O<sup>2-</sup> в анионной части структуры и образованием вакансий в позиции X. В общем случае формула турмалинов этого ряда имеет вид Na<sub>1-y</sub>(Al<sub>3-x</sub>Li<sub>x</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>6</sub>B<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>27</sub>(O<sub>3-2x-y</sub>OH<sub>1+2x+y</sub>)<sub>4</sub>. Значения y=0—1 и x=1.5—0.75 отвечают составам эльбаитов, а y=0—1 и x=0.75—0 — составам оленитов. Собственно оленит является безлитиевым аналогом эльбаита с идеальной формулой Na<sub>1-x</sub>Al<sub>3</sub>Al<sub>6</sub>B<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>27</sub>(O, OH)<sub>4</sub> при x=1—0.

Цвет оленита бледно-розовый, блеск стеклянный. Изменение значения твердости (нагрузка 100 гс) в ряду эльбаит—оленит (рис. 1) описывается уравнением  $H=1044 - 3.681x$ , где x — молярный процент оленитового

Результаты расчета дебаграммы оленита

<i>I</i>	$d_{\text{изм}}$	$d_{\text{выч}}$	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$d_{\text{изм}}$	$d_{\text{выч}}$	<i>hkl</i>
5	7.80	7.85	110	4	2.000	2.002	611
30	6.33	6.31	011	20	1.899	1.899	432 *
20	4.91	4.92	201 *	10	1.853	1.853	143
8	4.56	4.56	030	7	1.834	1.834	261
40	4.18	4.19	121 *	4	1.813	1.813	170
70	3.95	3.95	220 *				
80	3.43	3.44	102 *	14	1.758	1.758	333
70	3.394	3.382	311 *			1.757	014
8	3.081	3.084	041	5	1.673	1.673	622
10	2.986	2.986	140	5	1.641	1.641	603
30	2.924	2.923	212 *	10	1.628	1.627	721 *
3	2.869	2.870	231	6	1.581	1.581	550
5	2.585	2.590	132	8	1.574	1.573	044
100	2.551	2.553	501 *	6	1.569	1.571	542
18	2.361	2.363	003 *	3	1.542	1.541	082
20	2.352	2.352	322 *	10	1.488	1.488	504 *
15	2.322	2.323	151 *				
5	2.280	2.281	060	6	1.460	1.462	424
7	2.166	2.165	052 *			1.460	812
8	2.145	2.143	341			1.438	173
15	2.097	2.098	303	15	1.437	1.437	154
4	2.085	2.089	242			1.435	462
		2.020	512	7	1.406	1.406	911, 561
30	2.021	2.027	223				
				10	1.392	1.392	363
						1.391	344
				10	1.2587	1.2585	055 *

Примечание. Звездочкой (\*) отмечены отражения, использованные для определения параметров элементарной ячейки.

компонента. Минерал одноосный отрицательный.  $N_o=1.654$  (2),  $N_e=1.635$  (2) для состава, соответствующего ан. 4 в табл. 1. В кристаллах толщиной 0.5 мм наблюдается слабый плеохроизм: по  $N_o$  — ярко-розовый, по  $N_e$  — розово-желтый. Плотность оленита, измеренная методом термоградиментной трубки,  $3.010$  (2) г/см<sup>3</sup>.

Типичная дебаграмма оленита (для минерала состава, отвечающего ан. 4 в табл. 1) приведена в табл. 2. Параметры элементарной ячейки нового минерала, рассчитанные по дебаграмме методом МНК на ЭВМ следующие (Å):  $a=15.803$  (3),  $c=7.086$  (1),  $V=1532.3$  (4) Å<sup>3</sup>, рентгеновская плотность  $\rho_{\text{рент}}=3.12$ .

Для того же кристалла проведено уточнение структуры оленита (Гор-

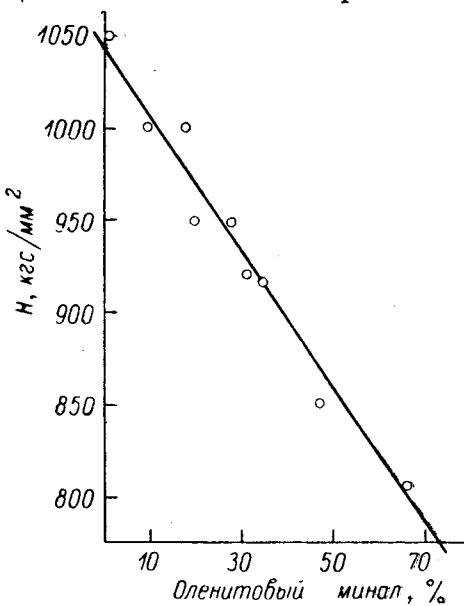


Рис. 1. Изменение твердости для минералов ряда эльбаит—оленит.

ская и др., 1982). Уточнение факторов заселенности кристаллографических позиций и анализ величин средних длин связей в полиэдрах показали, что Al занимает полностью октаэдр Z и на 3/4 октаэдр Y, тетра-

эдрические позиции заняты только Si, заселенность позиции щелочного катиона (Na) — 1/2.

К сожалению, малый размер кристаллов и присутствие оленитовых составов в них только в виде краевых зон роста не позволили дать более обширное описание физических характеристик оленита. Однако особенности химического состава, структурных характеристик и ряд физических свойств подтверждают правомочность выделения в изоморфном ряду Li-Al турмалинов высокоглиноземистого члена с содержанием Al в позиции Y > 75 % в качестве самостоятельного минерального вида — оленита.

Проведенный статистический анализ химического состава более 300 природных турмалинов показал (рис. 2), что в подавляющем большинстве

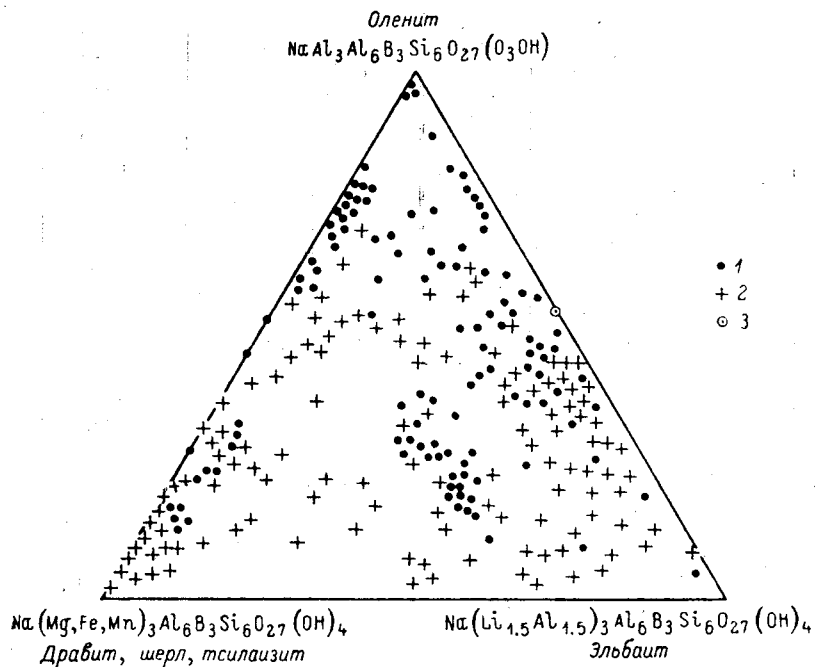


Рис. 2. Диаграмма составов природных турмалинов.

1 — данные авторов, 2 — литературные данные, 3 — состав структурно изученного кристалла.

случаев наблюдается некоторый и часто довольно значительный «избыток» Al в позиции Y, который не представляется возможным связать ни с одним из известных конечных членов этой группы. Кроме того, многие авторы, изучавшие химизм природных турмалинов, отмечают вхождение в позицию Y шерлов, дравитов, эльбаитов «избыточного» Al (см., например: Корнетова, 1975; Афонина и др., 1980; Горская и др., 1980; Ozaki, 1982), что позволило ряду авторов (Foit, Rosenberg, 1975; Слюдоносные пегматиты. . ., 1976; Schmetzer e. a., 1979; Povondra, 1981) высказать предположение о возможности существования турмалина с формулой, аналогичной изученному нами минералу. Ф. Фойт и Ф. Розенберг (Foit, Rosenberg, 1975) дали этому гипотетическому минералу условное название алюмобюргерит. Однако в данном случае такое название неудачно, так как впервые обнаруженный нами в природе оленит изоморфно связан не с бюргеритом (как это следовало бы из названия «алюмобюргерит»), а с эльбаитом.

Название оленит (olenite) дано по месту находки.

Эталонные образцы оленита переданы на хранение в Минералогический музей Ленинградского горного института и Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР (Москва).

## Литература

- Афонина Г. Г., Макагон В. М., Бсгданова Л. А., Владыкин Н. В. Параметры элементарных ячеек турмалинов разного состава. — ЗВМО, 1980, вып. 1, с. 105—117.
- Горская М. Г., Соколов П. Б., Франк-Каменецкая О. В., Рождественская И. В., Франк-Каменецкий В. А. О пределах изоморфной смешимости Al-Li турмалинов. — В кн.: Тез. докл. V Всесоюз. симпозиум по проблемам изоморфизма. Черноголовка, 1980, с. 9—10.
- Горская М. Г., Франк-Каменецкая О. В., Рождественская И. В., Франк-Каменецкий В. А. Уточнение кристаллической структуры богатого Al эльбаита. — Кристаллография, 1982, т. 27, вып. 1, с. 108—112.
- Корнетова В. А. О классификации минералов группы турмалина. — ЗВМО, 1975, вып. 3, с. 332—336.
- Слюдоносные пегматиты Северной Карелии / Под ред. В. В. Гордиенко, В. А. Леоновой. Л.: Недра, 1976. 368 с.
- Foit F. F., Rosenberg P. E. Aluminobuergerite a new end member of the tourmaline group. — Trans. Amer. Geophys. Union, 1975, N 56, p. 461.
- Foit F. F., Rosenberg P. E. Coupled substitutions in the tourmaline group. — Contribs. Miner., Petrol., 1977, vol. 62, N 2, p. 109—127.
- Ozaki M. Mineralogical properties of natural and synthetic tourmalines enriched by Al. — J. Jap. Assoc. Miner. Petrol. Econ. Geol., 1982, vol. 77, N 11, p. 375—386.
- Povondra P. The crystal chemistry of tourmalines of the schorl-dravite series. — Acta Univ. Carol. Geol., 1981, N 3, p. 223—264.
- Schmetzer K., Nuber B., Abraham K. Zur Kristallchemie Magnesium-reicher Tourmaline. — N. Jb. Miner. Abh., 1979, Bd 136, N 1, S. 93—112.
- Walenta K., Dunn P. J. Ferridravite a new mineral of the tourmaline group from Bolivia. — Amer. Miner., 1979, vol. 64, p. 945—948.

Ленинградский университет,  
ВНИИ «Механобр».

---