

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ И ПЕРВЫЕ НАХОДКИ В СССР

УДК 549.1(47+57)

А. Д. НОЖКИН, В. А. МОЛЕВА и Т. П. ЧУБКОВА

## ПЕРВАЯ НАХОДКА ЯРЛИТА В СССР

Ярлит является весьма редким минералом и до сих пор был известен только в криолитовом месторождении Ивигтут в Гренландии (Bögvad, 1933; Ferguson, 1949; Минералы, 1963). По химическому составу это натриево-стронциевый алюмофторид с незначительной примесью магния, кальция и бария.

В 1963 г. А. Д. Ножкиным в верховьях р. Нойбы (приток р. Теи в северо-восточной части Енисейского кряжа) обнаружена разновидность ярлита, обогащенная кальцием, в той же флюоритовой жиле, в которой выявлен недавно описанный (Ножкин и др., 1967) новый минерал — усовит. Геологические условия местонахождения и состав флюоритовой жилы с усовитом уже охарактеризованы (Ножкин и др., 1967). Здесь лишь отметим, что жила залегает в кварцево-сланцевых сланцах пенчегинской свиты протерозоя и выполнена в основном темно-фиолетовым, зеленым и бесцветным флюоритом. Подчиненное значение в ее составе имеют ферримусковит (фенгит), торит, усовит, ярлит, железистый хлорит (дафнит), цеолиты (филлипсит, эрионит), галлуазит, гидрослюда и другие минералы.

Для ярлита наиболее характерна ассоциация с усовитом, зеленой и бесцветной разновидностями флюорита. Все эти минералы находятся в тесном взаимопрорастании и, по-видимому, близки по времени кристаллизации. В мелкозернистой массе флюорита и в усовите ярлит образует мелкие (0.3—1.5 см в диаметре) гнезда. Для него характерны тонкокристаллические плотные массы и радиальнолучистые агрегаты, образованные удлиненнотабличчатыми веерообразно расходящимися кристаллами. Таблички и зерна кальциевого ярлита наблюдаются в виде беспорядочно ориентированных включений в усовите и флюорите, развиваются в интерстициях зерен этих минералов (рис. 1). Средний размер зерен  $0.25 \times 0.02$  мм. Максимальная величина табличек не превышает 1.5—2.0 мм по длинной оси.

Цвет минерала в массе белый, в мелких зернах бесцветный и прозрачный, блеск стеклянный. Излом неровный, спайность отсутствует. Твердость по шкале Мооса около 4. Микротвердость, замеренная на приборе ПМТ-3, составляет 206—221 кг/мм<sup>2</sup>. Удельный вес, определенный пикнометрическим методом, составляет 3.51. На выветрелой поверхности агрегаты ярлита приобретают белый фарфоровидный облик и имеют пониженную (до 2—2.5) твердость.

В шлифах минерал чист и бесцветен. Двусный, преимущественно оптически положительный. Погасание табличек прямое, знак удлинения их обычно положительный. С удлинением совпадает ось  $Nm$  ( $Nm \parallel b$ ).

Плоскость оптических осей перпендикулярна плоскости таблитчатости по 001.  $N_g$  образует угол  $10-15^\circ$  с нормалью к 001,  $2V = 72^\circ$ . Показатели преломления определены методом фокального экранирования:  $N_g = 1.432 \pm 0.001$ ,  $N_m = 1.428 \pm 0.001$ ,  $N_p = 1.425 \pm 0.001$ ;  $N_g - N_p = 0.007$ . Изредка (2—3 зерна в шлифе) отмечаются таблитчатые выделения, имеющие отрицательное удлинение и дающие двусную оптически отрицательную коноскопическую фигуру. Однако по величине светопреломления и двупреломления они не отличаются от оптически положительных кристаллов этого минерала. Заметим, что ярлит из Гренландии, описанный Р. Б. Фергуссоном (Ferguson, 1949), также бывает оптически

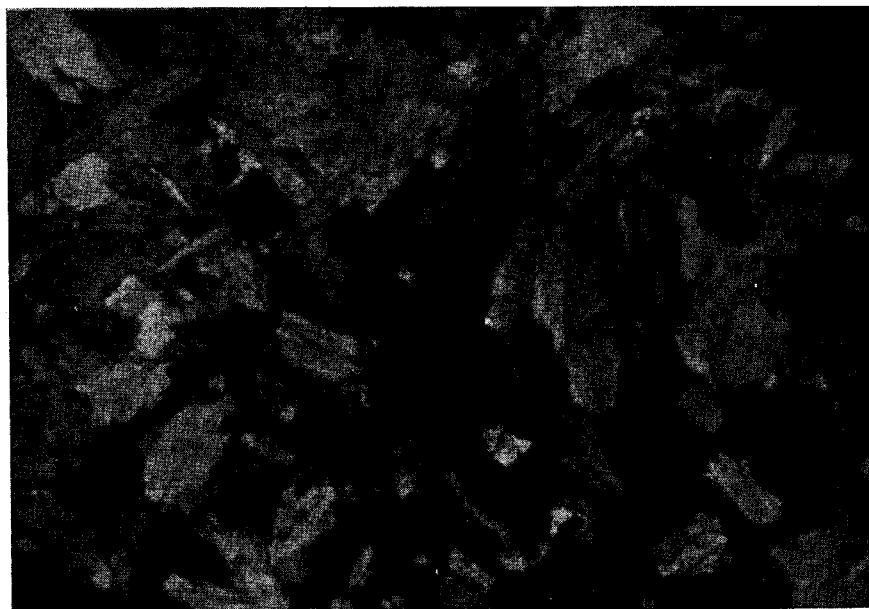
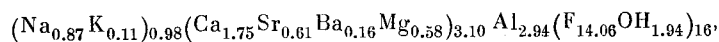


Рис. 1. Радиальнолучистые агрегаты ярлита в усовите. Ник. скрещ., увел. 30.

положительным и отрицательным, хотя большая часть кристаллов там оптически отрицательная.

По данным химического анализа (табл. 1), приняв за основу 16 (F, OH), можно рассчитать кристаллохимическую формулу ярлита



которая близка к впервые предложенной для ярлита



а не к  $\text{NaSr}_2\text{Al}_2(\text{F,OH})_{11}$ .

В состав минерала в незначительном количестве входит калий, который, очевидно, изоморфно замещает натрий. Спектральным анализом дополнительно установлено присутствие Pb, Cu, Mn — 0.003% и Sn, Fe, Be — 0.001%.

Сравнивая химический состав описываемого минерала с составом ярлита из Гренландии (табл. 2), нетрудно заметить, что по содержанию Na, Al, F и  $\text{H}_2\text{O}^+$  они близки. Значительные различия наблюдаются в изоморфной группе щелочноземельных элементов — Ca, Sr, Ba, Mg. Если ярлит месторождения Ивигтут существенно стронциевый алюмофторид, а Ca, Mg и Ba присутствуют в незначительном количестве,

Таблица 1  
Химический состав ярлита  
Енисейского кряжа

Компоненты	Вес. %	Молекулярные количества
CaO . . . . .	17.40	0.310
SrO . . . . .	11.33	0.109
BaO . . . . .	4.46	0.029
MgO . . . . .	4.21	0.104
K <sub>2</sub> O . . . . .	0.97	0.010
Na <sub>2</sub> O . . . . .	4.78	0.078
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	26.46	0.260
F . . . . .	47.50	2.500
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> . . . . .	Не обн.	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> . . . . .	3.10	0.172
Сумма . . . . .	120.21	
—F=O . . . . .	—19.95	
Сумма . . . . .	100.26	

Примечание. Аналитик В. А. Молева (ИГЕМ АН СССР).

Таблица 2  
Сопоставление химических анализов  
ярлита

Компоненты	Криолитовое месторождение Ивигтут, Гренландия (Böggvad, 1933)		Из флюоритовой жилы Енисейского кряжа (в вес. %) *
	ярлит	мета-ярлит	
Ca . . . . .	0.55	3.20	12.44
Sr . . . . .	35.60	28.70	9.58
Ba . . . . .	0.99	2.25	3.99
Mg . . . . .	0.90	1.38	2.54
K . . . . .	—	—	0.80
Na . . . . .	3.25	3.54	3.54
Li . . . . .	0.08	0.04	—
Al . . . . .	12.16	12.49	14.00
Fe . . . . .	0.17	0.31	—
F . . . . .	43.28	45.50	47.50
O . . . . .	—	—	2.75
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> . . . . .	2.91	2.14	3.10
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> . . . . .	0.08	0.08	—
Сумма . . . . .	99.90	99.63	100.24

то исследуемая разновидность ярлита отличается высоким содержанием кальция, также несколько повышенным содержанием бария и магния. Количество стронция здесь значительно ниже. Поскольку химические и кристаллохимические свойства щелочноземельных элементов близки (Сауков, 1966), можно полагать, что в кристаллической структуре данного соединения большая часть стронция изоморфно замещена кальцием, а также магнием и барием. Так как кальций наряду со стронцием в щелочноземельной группе является преобладающим элементом, то описываемый минерал, очевидно, следует считать кальциевым членом изоморфного ряда ярлита.

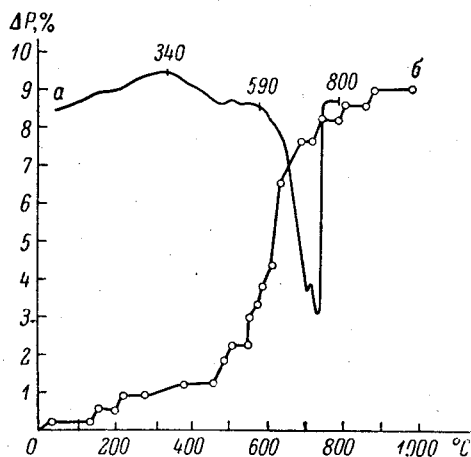


Рис. 2. Термограмма (а) и кривая потери веса (б) ярлита при нагревании.

ный вес, что вполне объясняется более низким содержанием в минерале стронция — элемента с гораздо более высоким, чем у кальция, атомным весом. Кристаллы преимущественно положительны, имеют меньший угол 2V и несколько пониженное светопреломление (табл. 3).

В то же время практически полное совпадение оптических свойств минералов свидетельствует о том, что при замещении стронция кальцием, а также некоторым количеством бария и магния особых изменений в структуре соединения не произошло. Этот вывод подтверждают и

Отличия в химическом составе данного ярлита от ранее описанного нашли отражение и в изменении некоторых физических свойств. В частности, в ярлите из Енисейского кряжа ниже удель-

\* Пересчет данных анализа табл. 1.

Таблица 3

## Кристаллооптические свойства ярлита

Оптические свойства	Гренландия (Минералы, 1963)	Енисейский край
$N_g$ . . . . .	1.435—1.437	1.432 ± 0.001
$N_m$ . . . . .	1.432—1.432	1.428 ± 0.001
$N_p$ . . . . .	1.427—1.430	1.425 ± 0.001
$N_g - N_p$ . . . . .	0.007—0.008	0.007
$2V$ (в град.) . . . . .	90 ± 10	72
Оптический знак и знак удлинения . . . . .	—, реже +	+, очень редко —
Угол $N_g$ с нормалью к 001 (в град.) . . . . .	16—20	10—15

Таблица 4

Ярлит из Ивигтута			Исследуемый ярлит		Ярлит из Ивигтута			Исследуемый ярлит	
$hkl$	$I$	$\frac{d}{n}$	$I$	$\frac{d}{n}$	$hkl$	$I$	$\frac{d}{n}$	$I$	$\frac{d}{n}$
201	1	5.93	2	5.77	350	}	4	2	2.01
021	0.5	4.94	—	—	801				
400	0.5	3.94	1	3.76	223				
311	4	3.62	5	3.51	442				
112	4	3.44	3	3.44	711	}	2	2	1.967
420	}	3.18	6	3.16	313				
401					603				
312	}	3.10	7	3.04	403	}	1	1	1.862
421					533				
202	}	2.97	10	2.96	622	}	6	3	1.812
511					204				
022					2				
331	0.5	2.86	2	2.86	1	1	1	1	1.700
421	}	2.71	3	2.68	—	—	—	1	1.664
040					1	1.591	—	—	
601	}	2.63	2	2.61	0.5	1.566	2	2	1.566
222					2	1.508	1	1.503	
621					1	1.475	1	1.476	
530	}	2.36	2	2.36	0.5	1.435	1	1	1.435
003					—	—	1	1.402	
113					0.5	1.398	1	1.393	
403					0.5	1.378	1	1.382	
440					2	1.344	2	1.340	
113	}	2.21	1	2.20	1	1.332	—	—	—
023					0.5	1.299	1	1.287	
332					0.5	1.269	—	—	
622	}	2.15	4	2.15	—	—	—	1	1.240
203					1	1.210	—	—	
423					1	1.178	—	1.174	
513					0.5	1.079	—	—	
	}	2.06	1	2.06	0.5	1.054	—	—	—
					0.5	0.999	—	—	

Примечание. Условия съемки: камера ПРС-3,  $D = 114.6$  мм, Fe-антикатод, 35 кв, 10 ма,  $d = 0.5$  мм, 25 час., исправление по особому снимку с NaCl, аналитик Т. П. Чубкова.

рентгенометрические данные нашего минерала (табл. 4). Значения межплоскостных расстояний исследуемого ярлита и минерала из Гренландии весьма близки между собой. Причем некоторые из них полностью совпадают, другие — несколько ниже. Имеются незначительные отличия и в интенсивностях линий. Отмеченные различия результатов рентгено-

структурного анализа вызваны, очевидно, изоморфным замещением в структуре минерала стронция кальцием, а также барием и магнием.

В лаборатории Томского политехнического института на установке ФЛК для пробы весом 50 мг при нагревании в течение 65 мин. получены кривая потери веса ярлита и синхронная ей дифференциальная кривая нагревания (рис. 2). На кривой нагревания фиксируются экзотермический эффект при температуре 340° и глубокий эндоэффект при температуре 730° (плавление). Общая потеря веса минерала при нагревании до 1000° составляет 8.85%. Обусловлена она выделением главным образом фтора и воды.

Таким образом, авторами описана первая в СССР и вторая на Земле находка редкого природного соединения — щелочноземельного алюмофторида — ярлита. От существенно стронциевого ярлита криолитового месторождения Ивигтут исследуемый ярлит отличается высоким содержанием кальция. Это обуславливает некоторое различие в свойствах ярлита из Ивигтута и Енисейского кряжа. Сказанное дает основание считать, что в данном случае мы имеем дело с особой кальциевой разновидностью ярлита.

Образцы ярлита хранятся в Минералогическом музее Томского политехнического института и в Институте геологии и геофизики СО АН СССР.

#### Литература

- Минералы. (1963). Т. II, вып. 1. Изд. АН СССР.  
Ножкин А. Д., В. А. Гавриленко, В. А. Молева. (1967). Усовит — новый бариевый фторалюминат. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 96, вып. 1.  
Сауков А. А. (1966). Геохимия. Изд. «Наука».  
Vögvað R. B. (1933). New mineral from Ivigtut. Médd. Gröland, v. 92, № 8.  
Ferguson R. B. (1949). Observations on some aluminium fluoride minerals. Amer. Miner., v. 34, № 5—6.
-