

А. В. СТЕПАНОВ и Э. А. СЕВЕРОВ

ГАГАРИНИТ — НОВЫЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЙ МИНЕРАЛ

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 23 V 1961)

Гагаринит представляет собой новый природный фторид редких земель, натрия и кальция. Название минерала дано в честь первого в мире летчика-космонавта Героя Советского Союза Юрия Алексеевича Гагарина. Впервые минерал был обнаружен в 1958 г. А. В. Степановым в интенсивно альбитизированных гранитах и связанных с ними кварц-микроклиновых жилах одного из гранитных массивов Казахстана. Этот же минерал был встречен и на контакте с гранитами в альбитизированных породах песчано-сланцевой толщи. Единичные зерна гагаринита были найдены также в аналогичных породах других районов Советского Союза. Характерными особенностями этих пород является присутствие в них рибекита, а из аксессуарных минералов — пирохлора, циркона.

Минерал имеет кремовый, реже розовато-желтый цвет и встречается обычно в виде скрытокристаллических агрегатов неправильной формы, прожилков, редко в виде шестигранных призматических кристаллов размером до нескольких сантиметров в длину (в кварц-микроклиновых жилах). Полупрозрачный до непрозрачного. Блеск матовый до стеклянного, черта белая. Спайность средняя по призме. Хрупкий. Твердость $4\frac{1}{2}$. Микротвердость, определенная на микротвердомере ПМТ-3, равна 370 кг/мм^2 (что соответствует примерно 4,6 по шкале Мооса). Удельный вес 4,21 (определен методом гидростатического взвешивания). В ультрафиолетовых лучах ($\lambda = 2600\text{—}2800\text{ \AA}$) не светится. Не радиоактивен или слабо радиоактивен. По магнитным свойствам близок к таким минералам, как рибекит, эгирин, астрофилит.

В прозрачных шлифах бесцветный, прозрачный с четким отрицательным рельефом. Показатели преломления $N_e = 1,492$, $N_o = 1,472$. Одноосный, положительный. Иногда аномально двуосный с $2V$ до 20° . Угасание относительно трещин спайности прямое, удлинение положительное.

Данные рентгенометрического анализа гагаринита приведены в табл. 1. Условия съемки. Образец № 1. Си-излучение с Ni-фильтром. Диаметр камеры 57,3 мм, $2R = 0,6$ мм. Поправка на углы отражений вводилась по снимку с NaCl. Индицирование отражения осуществлялось как аналитическими, так и графическими методами. Параметры элементарной ячейки получены из рентгенограмм качания вдоль осей a и c (камера РКОП) и уточнены по рентгенограмме порошка. Аналитик Н. Г. Шумяцкая, ИМГРЭ.

Образец № 2. Fe-излучение, нефильТРованное. Диаметр камеры 57,3 мм, $2R = 0,5$ мм. Поправки на углы вводились. Индицирование выполнено с помощью снимка слоев линий, вращающегося вокруг 3-й оси обломка кристаллика. Аналитик А. Е. Шаламов, КазИМС.

Сопоставление результатов рентгенометрических анализов, проведенных в различных лабораториях, показывает удовлетворительное соответствие межплоскостных расстояний. Параметры элементарной ячейки совпадают. Некоторые расхождения в оценке интенсивности линий, видимо, обусловлены субъективными причинами.

Таблица 1

Межплоскостные расстояния, измеренные по дебаграммам гагаринита. Гексагональная сингония $a_0 = 5,99 \pm 0,02$; $c_0 = 3,53 \pm 0,02$

№ п/п	Образец № 1			Образец № 2			hkl	Образец № 1			Образец № 2		
	hkl	I	d (Å)	d (Å)	I	hkl		hkl	I	d (Å)	d (Å)	I	hkl
1	10 $\bar{1}$ 0	3	5,24	5,153	4	10 $\bar{1}$ 0	20	40 $\bar{4}$ 1	<1	1,218	1,218	2	40 $\bar{4}$ 1
2	11 $\bar{2}$ 0	5	3,00	2,980	7	11 $\bar{2}$ 0	21	23 $\bar{5}$ 0	<1	1,191	1,191	2	23 $\bar{5}$ 0
3	10 $\bar{1}$ 1	5	2,92	2,914	5	10 $\bar{1}$ 1	22	22 $\bar{4}$ 2		1,143	1,143	2	10 $\bar{1}$ 3
4	20 $\bar{2}$ 0	1	2,60	2,587	2	20 $\bar{2}$ 0	23	14 $\bar{5}$ 0, 23 $\bar{5}$ 1	3	1,129	1,129	3	22 $\bar{4}$ 2
5	11 $\bar{2}$ 1	2	2,28	2,291	4 дв.	11 $\bar{2}$ 1	24	13 $\bar{4}$ 2	1	1,115	1,115	4	14 $\bar{5}$ 0, 23 $\bar{5}$ 1
6	20 $\bar{2}$ 1	9	2,086	2,085	9	20 $\bar{2}$ 1	25	20 $\bar{2}$ 3	1,5	1,072	1,072	5	13 $\bar{4}$ 2, 14 $\bar{5}$ 1
7	12 $\bar{3}$ 0	2	1,962	1,953	4	12 $\bar{3}$ 0	26	40 $\bar{4}$ 2	1	1,046	1,046	2	20 $\bar{2}$ 3, 14 $\bar{5}$ 1
8	0002	2	1,763	1,766	3	0002	27	12 $\bar{3}$ 3	2	1,008	1,008	7	40 $\bar{4}$ 2,
9	30 $\bar{3}$ 0, 12 $\bar{3}$ 1	10 ш	1,717	1,726	9	30 $\bar{3}$ 1	28	33 $\bar{6}$ 0	1,5	0,997	0,997	5	33 $\bar{6}$ 0
10	10 $\bar{1}$ 2	1	1,668	1,709	10	12 $\bar{3}$ 1	29	23 $\bar{5}$ 2	<1	0,987	0,987	8 гр.	50 $\bar{5}$ 1
11	11 $\bar{2}$ 2	2	1,518	1,673	2	10 $\bar{1}$ 2	30	14 $\bar{5}$ 2	2	0,952	0,952	5	23 $\bar{5}$ 2
12	22 $\bar{4}$ 0	2	1,498	1,519	3	11 $\bar{2}$ 2	31	24 $\bar{6}$ 1	1,5	0,945	0,945	5	23 $\bar{5}$ 2
13	20 $\bar{2}$ 2	1	1,460	1,495	5	22 $\bar{4}$ 0	32	13 $\bar{4}$ 3	1	0,909	0,909	5	23 $\bar{5}$ 2
14	13 $\bar{4}$ 0	1	1,435	1,462	2 ш	20 $\bar{2}$ 2	33	15 $\bar{6}$ 1	2	0,900	0,900	5	23 $\bar{5}$ 2
15				1,361	1	13 $\bar{4}$ 0	34	0004	<1	0,883	0,883	5	23 $\bar{5}$ 2
16	13 $\bar{4}$ 1	2	1,334	1,330	6	22 $\bar{4}$ 1	35	40 $\bar{4}$ 3, 33 $\bar{6}$ 2	1	0,869	0,869	5	23 $\bar{5}$ 2
17	12 $\bar{3}$ 2	1	1,315	1,313	4	12 $\bar{3}$ 2	36	34 $\bar{7}$ 0	<1	0,847	0,847	5	23 $\bar{5}$ 2
18	40 $\bar{4}$ 0	<1	1,297	1,295	2	40 $\bar{4}$ 0	37	23 $\bar{5}$ 3, 60 $\bar{6}$ 1	2	0,837	0,837	5	23 $\bar{5}$ 2
19	30 $\bar{3}$ 2	2	1,237	1,255	6	30 $\bar{3}$ 2	38	25 $\bar{7}$ 0	2	0,831	0,831	5	23 $\bar{5}$ 2
							39	25 $\bar{7}$ 1	<1	0,806	0,806	5	23 $\bar{5}$ 2
							40						

Таблица 2

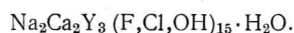
Химический состав гагаринита

Оксиды	Образец № 1					Образец № 2				
	вес. %	атомн. ко- лич.	группи- ровка	атомн. соотн.	кратные	вес. %	атомн. ко- лич.	группи- ровка	атомн. соотн.	кратные
SiO ₂	0,23	0,0023				0,15	0,0025			
TiO ₂	Не обн.	—				Сл.	—			
Al ₂ O ₃	Сл.	—				0,60	0,0118			
Fe ₂ O ₃	0,50	0,0063	}	0,3516	1,41	3	0,15	0,0019	}	0,3511
ΣTR ₂ O ₃	54,00	0,3434					54,80	0,3374		
ThO ₂	0,50	0,0019					—	—		
CaO	14,00	0,2496	0,2496	1,00	2	14,18	0,2528	0,2528	1,04	2
Na ₂ O	7,70	0,2484	0,2484	0,99	2	7,50	0,2419	}	0,2440	1,00
K ₂ O	Не обн.	—	—	—	—	0,10	0,0021			
P ₂ O ₅	Не обн.	—				Не обн.	—			
S	Не обн.	—				Не обн.	—			
F	36,00	1,8947	1,8947	7,59	15	33,00	1,7368	}	1,8437	7,56
Cl	Не обн.	—	—	—	—	3,79	0,1069			
H ₂ O+	2,38	0,1321	0,1321	0,53	1	—	—			
H ₂ O-	Не обн.	—				0,57	—			
Сумма	115,31	—				114,34	—			
O = F + Cl	15,10	—				14,73	—			
Сумма	100,21	—				99,61	—			

Примечание. Образец № 1. Скрытокристаллическая разновидность. Аналитик А. В. Быкова, ИМГРЭ. Молекулярный вес TR₂O₃ = 314,54 (табл. 3). Фтор определялся объемным методом и методом отгонки в виде H₂SiF₆. Образец № 2. Кристаллическая разновидность. Аналитик И. А. Соколова, КазИМС. Na₂O и K₂O определены методом пламенной фотометрии. Молекулярный вес TR₂O₃ = 324,86 (табл. 3).

Результаты химического анализа тех же двух образцов гагаринита представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, анализы двух образцов гагаринита практически идентичны и состав минерала хорошо может быть выражен формулой Na₂Ca₂Y₃F₁₅. Наличие в одном анализе 3,79% хлора свидетельствует о том, что в анионной группе может присутствовать этот элемент, хотя фтор, несомненно, преобладает. Кроме того, при изучении образца № 2 в инфракрасном излучении была отмечена слабая полоса поглощения (3,0 м), соответствующая наличию небольшого количества гидроксила (аналитик В. Климов, КазИМС). Важно отметить и наличие в анализе № 1 2,38% воды. В связи с этим, как вариант, формула гагаринита может быть представлена в виде



Рентгеноспектральным анализом в гагарините установлен следующий состав редкоземельных элементов (табл. 3).

Таблица 3

Состав редкоземельных элементов в гагарините

Элемент	Образец № 1		Образец № 2		Элемент	Образец № 1		Образец № 2	
	ΣTR + Y = =100%	ΣTR = =100%	ΣTR + Y = =100%	ΣTR = =100%		ΣTR + Y = =100%	ΣTR = =100%	ΣTR + Y = =100%	ΣTR = =100%
La	1,5	2,3	1,2	1,7	Dy	12,0	18,3	18,2	26,0
Ce	7,7	11,8	5,3	7,5	Ho	2,8	4,3	3,6	5,1
Pr	2,0	3,1	1,0	1,4	Er	8,2	12,6	10,6	15,1
Nd	6,7	10,3	6,1	8,6	Tm	1,2	1,8	1,4	1,9
Sm	5,7	8,8	4,8	6,8	Yb	5,7	8,8	10,1	14,3
Eu	0,7	1,1	—	—	Lu	1,8	2,8	—	—
Gd	7,4	11,4	6,1	8,6	Y	~35,0	—	29,4	—
Tb	1,7	2,6	2,2	3,0	Атомн. вес (средн.)	133,27	—	138,43	—

Примечание. Образец № 1. Аналитик Р. Л. Баринский, ИМГРЭ. Образец № 2. Аналитик Л. А. Юзвак, КазИМС.

Как видно из табл. 3, состав редкоземельных элементов характеризуется отношением ΣYTR : ΣCeTR около 3 : 1 с четким максимумом на Dy.

Кривая нагревания представлена на рис. 1. Характерна эндотермическая остановка при температурах около 720—750° и незначительная экзотермическая реакция при температуре около 900°. Потеря веса при прокаливании происходит при температуре выше 500°, при этом минерал теряет воду и часть фтора (8—10%).

В ходе химического анализа выяснилось, что гагаринит частично растворяется в воде, причем в водную вытяжку переходит большая часть натрия.

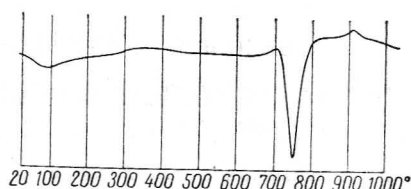


Рис. 1

Минерал хорошо разлагается азотной, соляной и крепкой серной кислотами, особенно при нагревании, с выделением HF.

Гагаринит довольно легко подвергается вторичным изменениям и замещается агрегатом тенгерита, синхизита и иттрофлюорита. В породах часто встречается в парагенезисе с бастнезитом. Образцы гагаринита находятся в Минералогическом музее АН СССР.

Казахский научно-исследовательский институт
минерального сырья
Институт минералогии, геохимии и
кристаллохимии редких элементов
Академии наук СССР

Поступило
20 V 1961