

УДК 549.6

Д. члены Ю. Л. КАПУСТИН, А. П. ХОМЯКОВ, Е. И. СЕМЕНОВ,
Е. М. ЕСТЬКОВА, А. В. БЫКОВА и З. В. ПУДОВКИНА

ФОСИНАИТ — НОВЫЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЙ МИНЕРАЛ¹

Новый акцессорный силикофосфат редких земель, кальция и натрия одновременно и независимо обнаружен на Кольском п-ове в щелочных массивах Хибин (Ю. Л. Капустин) и Ловозера (А. П. Хомяков). Название фосинаит (phosinaite [fosinait']) дано по главным химическим компонентам нового минерала.

Рентгенографическое исследование хибинского (З. В. Пудовкина) и ловозерского (А. А. Воронков) фосинаита привело к аналогичным результатам. Структурная идентичность изученных образцов подтверждена

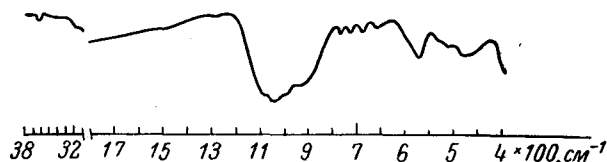


Рис. 1. ИК спектр поглощения ловозерского фосинаита (спектрофотометр UR-10, ИГЕМ АН СССР).

рентгенограммами порошка (табл. 1).² Монокристалльными методами установлена принадлежность фосинаита к ромбической сингонии (класс Лауэ *mmm*). Дополнительно на ловозерском материале определены возможные пространственные группы $P22_12$ или $P22_12_1$. Параметры элементарной ячейки образцов из обоих массивов одинаковы в пределах точности измерений ($\pm 0.04 \text{ \AA}$), близки и физические свойства этих минералов (табл. 2).

Ловозерский фосинаит образует шестоватые кристаллы до 5×1 мм, лучистые сростки и удлиненные зерна. Минерал прозрачный, коричнево-розовый, со стекляннным блеском, хрупкий. Исследованием на федоровском столике выявлено преобладающее развитие граней призмы $\{110\}$, дополнительно отмечены формы $\{100\}$, $\{010\}$ и $\{001\}$, спайность совершенная по $\{100\}$ и несовершенная по $\{010\}$ и $\{110\}$. Шестоватые кристаллы имеют прямое погасание. Оптическая ориентировка: $a = Ng$, $b = Np$, $c = Nm$.

Хибинский фосинаит встречен в виде бесцветных или светло-розоватых скоплений неправильной формы размером до 5 мм. Твердость около 3.5, твердость микровдавливания 207—340 кг/мм² (определено Н. В. Никитиной на приборе ПМТ-3 при нагрузке 20 Г).

ИК спектр поглощения фосинаита индивидуален (рис. 1). На кривой нагревания (рис. 2) отмечается эндотермическая остановка около 250° С,

¹ Рассмотрено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 21 января 1974 г.

² Наблюдаются некоторые отличия в интенсивностях соответственных линий вплоть до полного исчезновения ряда слабых рефлексов; эти различия дебаеграмм можно объяснить особенностями химического состава образцов.

Таблица 1

Результаты расчета дебаеграмм фосинаита

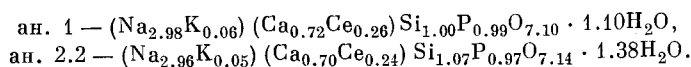
1			2		1			2	
I	$\frac{d}{n}$	hkl	I	$\frac{d}{n}$	I	$\frac{d}{n}$	hkl	I	$\frac{d}{n}$
55	7.44	020	—	—	—	—	—	5	1.795
50	6.92	001	—	—	—	—	—	5	1.770
9	6.39	120, 011	11	6.41	—	—	—	5	1.739
15	5.72	210, 111	11	5.78	—	—	—	8	1.704
12	4.71	201, 121	11	4.73	10	1.685	462, 443, 353, 163, 561	8	1.686
			8	4.48				4	1.669
15	4.11	031, 300	9	4.14	10	1.659	552, 632	4	1.652
21	3.94	221	29	3.95	9	1.617	533	4	1.634
29	3.62	002, 040	—	—	13	1.596	642	19	1.600
41	3.51	311	8	3.47	—	—	—	6	1.565
18	3.37	231	15	3.38	—	—	—	6	1.541
21	3.13	141, 202	14	3.14	—	—	—	14	1.518
18	3.01	212, 410	22	3.05	11	1.511	382	14	1.507
7	2.89	032	14	2.907	9	1.486	811, 633		
7	2.82	420, 401	14	3.819	7	1.445	572, 742, 083	6	1.443
100	2.74	340	100	2.716	—	—	—	6	1.424
			9	2.638	—	—	—	3	1.405
53	2.566	042	76	2.571	13	1.355	680, 590	9	1.354
9	2.504	142	—	—	9	1.340	770, 1.10.2, 920, 681	8	1.320
			6	2.446	10	1.284	3.10.2	6	1.288
			6	2.400	—	—	—	5	1.276
			5	2.338	—	—	—	3	1.254
11	2.317	412	8	2.307	—	—	—	3	1.240
			5	2.268	—	—	—	3	1.231
			11	2.225	—	—	—	3	1.210
21	2.172	530, 342, 261	26	2.176	—	—	—	3	1.192
			8	2.133	8	1.172	5.11.0, 791, 6.10.1, 593, 773	6	1.172
18	2.038	600, 170, 451, 313, 233	32	2.040	8	1.160	3.12.0, 881, 10.1.2	8	1.158
10	1.985	143, 323	9	1.988	—	—	—	5	1.147
			9	1.958	7	1.117	693, 882, 7.10.0	6	1.118
7	1.907	243, 333, 460	11	1.914	—	—	—	5	1.090
			6	1.873	—	—	—	5	1.067
17	1.832	080, 423, 153	19	1.830	—	—	—	5	1.049
15	1.804	004, 343	19	1.807	—	—	—	3	1.017
			—	—	—	—	—	3	0.9826

Примечание. Условия съемки: Cu излучение, Ni фильтр, $D = 114$, внутренний стандарт NaCl, интенсивности оценивались визуально по шкале из марок почернения с шагом $\sqrt[4]{2}$. 1 — фосинаит из Ловозера, гора Карнасурт, индифференцирование линий проведено с помощью ЭВМ «Найри-2»; 2 — фосинаит из Хибин, гора Коашва, аналитики З. В. Пудовкина и Н. М. Черницова.

сопровождающаяся потерей веса (воды). Полученные в атмосфере азота термические кривые ловозерского минерала обнаруживают также эндотермический эффект около 600° . Плавление минерала происходит около 860° . Фосинаит медленно растворяется в концентрированных кислотах.

Спектральным анализом, помимо главных компонентов (табл. 2), в фосинаите установлено присутствие Pb, Sn, Ca, Al и Cu. Редкие земли (табл. 3) имеют цериевый состав, причем хибинский минерал по сравнению с ловозерским существенно обогащен лантаном за счет неодима и тяжелых лантаноидов.

Химические анализы хибинского фосинаита (аналитик А. В. Быкова) пересчитываются на общую формулу $\text{Na}_3(\text{Ca}, \text{Ce})\text{SiPO}_7 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Na}_3(\text{Ca}, \text{Ce})(\text{SiO}_4)(\text{PO}_4)(Z=6)$ или, принимая сумму катионов за 6:



Пересчет на эту формулу анализа ловозерского минерала приводит к нецелочисленным результатам:

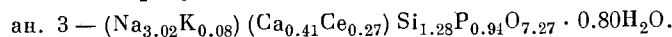


Таблица 2

Химический состав и физические свойства фосинаита

Компоненты, константы	Хибины				Ловозеро — ан. 3	
	ан. 1		ан. 2		вес. %	атомные количе- ства
	вес. %	атомные количе- ства	вес. %	атомные количе- ства		
P_2O_5	21.30	0.3000	21.60	0.3042	20.50	0.2888
SiO_2	18.30	0.3050	18.81	0.3135	23.78	0.3957
Fe_2O_3	Не обн.	—	Не обн.	—	0.49	0.0061
TR_2O_3	13.44	0.0790	13.00	0.0765	13.80	0.0816
MnO	Сл.	—	Не обн.	—	1.90	0.0241
CaO	12.20	0.2179	12.00	0.2142	5.39	0.0961
Na_2O	28.10	0.9064	28.00	0.9032	28.78	0.9287
K_2O	0.74	0.0157	0.70	0.0149	0.47	0.0100
Li_2O	—	—	—	—	0.24	0.0161
H_2O	6.07	0.6744	5.67	0.6411	4.41	0.4900
Сумма	100.15	—	99.78	—	99.76	—
a_0 (в Å)	12.23	—	—	—	12.24	—
b_0 (в Å)	14.62	—	—	—	14.59	—
c_0 (в Å)	7.21	—	—	—	7.20	—
V_0 (в Å)	1290	—	—	—	1286	—
D (в г/см ³)	2.62	—	—	—	3.00	—
$-2V$ (в град.)	68	—	—	—	70	—
Ng	1.570	—	—	—	1.573	—
Nm	1.569	—	—	—	1.572	—
Np	1.567	—	—	—	1.570	—
Цвет	Белый	—	—	—	Розовый	—

Таблица 3

Соотношение редкоземельных элементов в фосинаите
($\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3 = 100\%$)

Элементы	Местонахождение		
	Хибины		Ловозеро (спектральный анализ)
	хроматогра- фия	спектральный анализ	
La.	30.7	29	16.8
Ce	50.5	50	53.9
Pr	4.1	4	4.4
Nd	12.2	13	19.5
Sm	1.4	1	3.0
Eu	—	0.1	0.5
Gd	1.1	0.8	0.7
Tb	—	—	0.3
Dy	—	0.2	—
Ho	—	0.1	—
Er	—	0.2	0.3
Yb	—	0.1	—
Y	—	0.6	0.6

Примечание. Спектральный анализ выполнен Л. Г. Логиновой, хроматографический — Г. В. Любимовой.

Дело в том, что этот минерал по сравнению с хибинским богаче кремнием, марганцем и беднее кальцием, а также водой. Эти особенности химического состава обуславливают более темную окраску, а также более высокие удельный вес и показатели преломления ловозерского минерала. Не исключено, что эти различия окажутся при дальнейшем изучении достаточно существенными для выделения двух самостоятельных минералов группы фосинаита.

Обращает на себя внимание постоянство содержания редких земель (14%) в минералах двух различных массивов, что позволяет предполагать упорядоченность в распределении обычно изоморфных Ca и TR и дать варианты более сложных формул фосинаита типа $\text{Na}_{10}\text{CaCeP}_3\text{Si}_4\text{O}_{23} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при $Z = 2$ для ловозерского минерала или $\text{H}_7\text{Na}_{12}\text{Ca}_3\text{Ce}(\text{SiO}_4)_4(\text{PO}_4)_4$ для хибинского. Кроме обычного изоморфизма — Ca—Mn, SiO_4 — $(\text{OH})_4$, — в фосинаите, подобно другим силикофосфатам натрия (ломносовиту, стенструпину), возможны и блочные, клатратные замещения водой $\text{Ca}_2\text{PO}_4(\text{OH})$ и др.

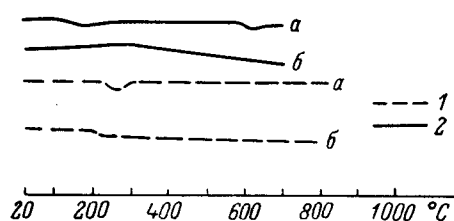


Рис. 2. Термограммы фосинаита.

a — ДТА, *б* — ТГ. 1 — Хибинь, навеска 120 мг, потеря веса 6.0%, дериватограф ИМГРЭ; 2 — Ловозеро, навеска 119.6 мг, потеря веса 1.9%, дериватограф ИГЕМА АН СССР, в азоте.

В Хибинах фосинаит обнаружен на восточном склоне горы Коашва в пегматитовых жилах мощностью до 40 см, секущих рихчорриты. Прожилки сложены крупнозернистым агрегатом зеленого анортотклаза, нефелина, эгирина, ломносовита и барий-лампрофиллита. Промежутки между крупными кристаллами анортотклаза выполнены фосинаитом, проросшим иглами эгирина. Во внутренних частях прожилки кавернозные, с друзами кристаллов поздних минералов: катаплеита, ловозерита, щербаковита, цеолитов, виллиомита и натрофосфата. В этих участках фосинаит изменен. Измененный минерал имеет розовую окраску, замутнен; в нем проявлена отдельность, по отдельности развиты тонкие чешуйчатые вторичные продукты с высоким двупреломлением. Конечным продуктом изменения фосинаита является розовое непрозрачное рентгеноаморфное, оптически изотропное вещество с показателем преломления $N = 1.510 - 1.514$. В этом материале содержится рассеянная примесь чешуйчатой высокодвупреломляющей фазы. Спектральным анализом в аморфной массе обнаружены в количестве свыше 1 вес.% Ca, TR, Si и P, а Na значительно меньше, чем в первичном фосинаите.

В Ловозере, гора Карнасурт, фосинаит встречен в уссингитовых прожилках мощностью до 3 см, пересекающих мальньиты и фойниты верхней части дифференцированного комплекса. В уссингите кристаллы фосинаита располагаются перпендикулярно стенкам прожилков. Совместно с фосинаитом встречены нордит, беловит, нептунит и вуоннемит.

Все ассоциации фосинаита характеризуются исключительно высоким содержанием щелочей (натрия), летучих и редких элементов.

Образцы фосинаита переданы в минералогические музеи АН СССР и ИМГРЭ.

Институт минералогии,
геохимии и кристаллохимии
редких элементов (ИМГРЭ),
Москва.

Поступила в редакцию
28 мая 1974 г.