

Д. чл. А. П. ХОМЯКОВ, М. Е. КАЗАКОВА, З. В. ВРУБЛЕВСКАЯ,  
д. чл. Б. Б. ЗВЯГИН, Г. О. ПИЛОЯН

**ЗАХАРОВИТ  $\text{Na}_4\text{Mn}_5^{2+}\text{Si}_{10}\text{O}_{24}(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  —  
НОВЫЙ ГИДРОСИЛИКАТ НАТРИЯ И МАРГАНЦА <sup>1</sup>**

Описываемый минерал обнаружен А. П. Хомяковым в щелочных массивах Кольского полуострова — Ловозерском (1977 г.) и Хибинском (1978 г.). Он назван захаровитом (zakharovite) в память о Евгении Евгеньевиче Захарове (1902—1980), заведующем кафедрой полезных ископаемых Московского геологоразведочного института, крупном педагоге, ученом и исследователе рудных месторождений.

В Ловозерском массиве захаровит найден на горе Карнасурт в уссингитовом прожилке мощностью 5 см, рассекающем фойяит. Он образует в массе сливного бледно-сиреневого уссингита неправильной формы гнездообразные обособления диаметром 3—10 мм, сложенные очень однородным, плотным или рыхлым тонкочешуйчатым агрегатом ярко-желтого цвета. В агрегат минерала местами включены кристаллы бесцветного эпидидимита.

В Хибинском массиве аналогичный тонкочешуйчатый минерал, отождествленный с ловозерским захаровитом по оптическим свойствам и рентгенограмме порошка, обнаружен в незначительных количествах в пегма-

Таблица 1

Результаты расчета рентгенограммы порошка захаровита

<i>I</i>	$d_{\text{эксн}}$	$d_{\text{вмч}}$	<i>hkl</i>	<i>I</i>	$d_{\text{эксн}}$	$d_{\text{вмч}}$	<i>hkl</i>
100	12.57	{ 12.63 12.57	01 $\bar{1}$ 0 0003	15	3.064	{ 3.062 3.059	04 $\bar{4}$ 3 1346
3	9.30	9.43	0004	7	2.975	2.969	03 $\bar{3}$ 9
7	8.86	8.91	01 $\bar{1}$ 3	7	2.900	{ 2.901 2.897	0.0.0.13 23 $\bar{5}$ 0
3	6.83	6.80	11 $\bar{2}$ 2				
4	6.30	{ 6.31 6.28	02 $\bar{2}$ 0, 11 $\bar{2}$ 3 0006	15	2.820	{ 2.823 2.821	23 $\bar{5}$ 3 0446
		5	5.64			5.64	02 $\bar{2}$ 3
4	4.76	4.77	12 $\bar{3}$ 0, 11 $\bar{2}$ 6	3	2.754	{ 2.755 2.750	14 $\bar{5}$ 0 2249
5	4.45	4.46	12 $\bar{3}$ 3, 02 $\bar{2}$ 6			{ 2.748	14 $\bar{5}$ 1
5	4.195	{ 4.21 4.19	03 $\bar{3}$ 0 0009	3	2.691	{ 2.694 2.692	0.0.0.14 14 $\bar{5}$ 3
		10	3.986			3.991	03 $\bar{3}$ 3
4	3.807	{ 3.502 3.501	12 $\bar{3}$ 6	15	2.631	2.631	23 $\bar{5}$ 6
			1340 22 $\bar{4}$ 3				
7	3.495	{ 3.500 3.497	03 $\bar{3}$ 6 02 $\bar{2}$ 9	10	2.385	4	2.234
			3	2.167			
			7	2.138			
15	3.427	3.428	0.0.0.11	3	1.906	3	1.737
			3	1.706			
40	3.160	{ 3.157 3.153	04 $\bar{4}$ 0 2246	3	1.706	5	1.672
		5	1.672				

Примечание. Условия съемки: дифрактометр,  $\text{FeK}\alpha$  излучение, Mn фильтр, внутренний стандарт Ge, интенсивности оценивались по высоте пиков,  $d_{\text{вмч}}$  — по параметрам  $a_0 = 14.58 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 37.71 \text{ \AA}$ .

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 25 октября 1980 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 21 декабря 1981 г.

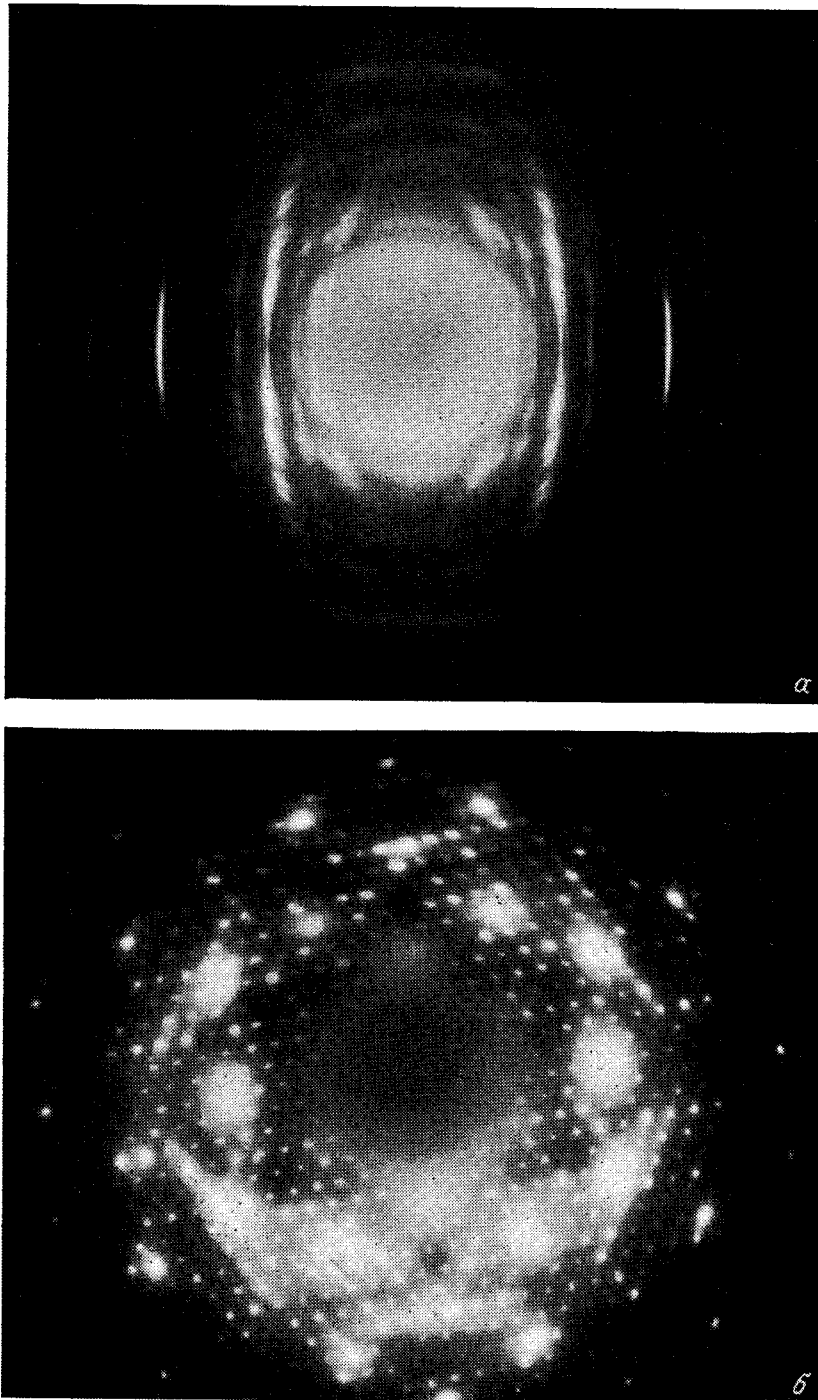


Рис. 1. Электронограммы захаровита.  
*a* — косая текстура,  $\varphi=60^\circ$ ; *b* — микродифракция.

титах и гидротермалитах на горах Юкспор и Коашкар. Он встречается в тесной ассоциации с калиевым полевым шпатом, эгирином, дельхайелитом, щербаковитом, натиситом, ломоносовитом, расвумитом, виллиомитом и натрофосфатом.

Авторами детально изучен ловозерский образец, имевшийся в количестве, достаточном для проведения широкого комплекса исследований.

Агрегат минерала состоит из тесно сросшихся разноориентированных чешуек размером 0.01—0.1 мм, имеет желтую окраску, тусклый восковой, шелковистый или землистый блеск, раковистый излом. Характерна совершенная слюдоподобная спайность по (0001). Твердость агрегата около 2 по шкале Мооса. Сильно электромагнитен. В тонких сколах просвечивает, под микроскопом бледно-желтый, прозрачный, в скрещенных николях агрегатно поляризует. Плотность, определенная В. Ф. Недобой методом гидростатического взвешивания и микрометодом, равна 2.58 и 2.64 г/см<sup>3</sup> соответственно.

Минерал оптически одноосный, отрицательный. Показатели преломления определены иммерсионным методом:  $N_e=1.535$ ,  $N_o=1.565$  ( $\pm 0.002$ ). Ось  $N_e$  оптической индикатрисы совпадает с нормалью к плоскости чешуек. В естественных условиях минерал устойчив, с водой не взаимодействует, но быстро разлагается на холоду 10% HCl.

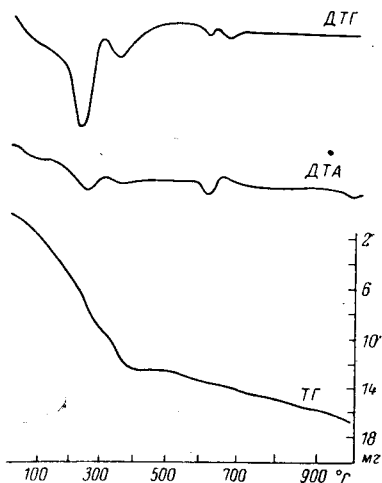


Рис. 2. Термограмма захаровита, записанная на воздухе. Навеска 100 мг, потеря веса 16.7 мг (16.7%).

Рентгенограмма порошка минерала индивидуальна (табл. 1). На рентгенограммах, записанных в малоугловой области от текстурированного образца, обнаружено дополнительное слабое отражение (0002) — 18.9 Å.

В связи с тонкодисперсным характером выделений минерала определение параметров его элементарной ячейки монокристалльными рентгенографическими методами оказалось невозможным. Эта задача была успешно решена методами электронографии и электронной микроскопии в сочетании с методами порошковой рентгенографии.

Т а б л и ц а 2

Результаты расчета электронограмм от текстур захаровита

№ эллипса	I	$d_{\text{эсп}}$	$d_{\text{выч}}$	$hkl$	№ эллипса	I	$d_{\text{эсп}}$	$d_{\text{выч}}$	$hkl$
I	90	12.621	12.627	0110	IX	100	2.747	2.748	2354
	50	8.527	8.530	0113		60	2.501	2.501	2357
	30	5.255	5.259	0116		40	2.409	2.409	2358
II	20	4.533	4.531	1126	X	40	2.223	2.224	2.3.5.10
	30	6.311	6.313	2020		40	2.133	2.134	2.3.5.11
III	10	4.774	4.772	1230	XII	10	2.754	2.755	1450
	20	4.207	4.209	0330		30	2.430	2.430	3360
V	60	4.091	4.090	0332	XIII	30	2.385	2.386	2460
	50	3.786	3.787	0334		10	2.299	2.301	2464
	20	3.021	3.021	0338		10	2.256	2.257	2465
VI	15	3.626	3.625	2241	XVIII	5	2.925	1.925	1670
	15	3.500	3.502	1340		5	1.803	1.804	0770
VII	10	3.126	3.127	1345	XXII	100	1.673	1.672	1780
	10	2.860	2.860	1347		5	1.542	1.543	2790
IX	15	2.895	2.897	2350	XXVII	5	1.477	1.478	1890
	60	2.885	2.887	2351		XXXIV	40	1.309	1.309

Примечание. Условия съемки: высоковольтный электронограф, ускоряющее напряжение 350 кВ, интенсивности оценивались визуально,  $d_{\text{выч}}$  — по параметрам  $a_0 = 14.58$  Å,  $c_0 = 34.71$  Å.

Анализ электронограмм (рис. 1, табл. 2) проведен З. В. Врублевской и Б. Б. Звягиным (ИГЕМ АН СССР). Согласно полученным результатам,

сингония захаровита тригональная, пространственная группа  $R\bar{3}1m$  или  $R3m1$ ,  $a_0=14.58 \text{ \AA}$ ,  $c_0=34.7 \text{ \AA}$ . Параметры элементарной ячейки, уточненные по рентгенограмме порошка:  $a_0=14.58$ ,  $c_0=37.7 \text{ \AA}$ ,  $V_0=6940.2 \text{ \AA}^3$ ,  $Z=9$ . Неполное соответствие данных различных методов объясняется сжатием элементарной ячейки захаровита вдоль оси  $c$  под влиянием

Т а б л и ц а 3  
Химический состав захаровита

Компоненты	Мас. %	Атомные количества
SiO <sub>2</sub>	48.74	0.8111
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.70	0.0338
MnO	25.63	0.3613
MgO	0.05	0.0012
CaO	2.11	0.0376
SrO	0.09	0.0009
Na <sub>2</sub> O	7.95	0.2565
K <sub>2</sub> O	0.44	0.0087
H <sub>2</sub> O	12.25	1.3599
С у м м а	99.93	

Примечание. Аналистик М. Е. Казакова.

анализа, проведенного в лаборатории Г. О. Пилояна (ИГЕМ АН СССР). Согласно полученным результатам (рис. 2), вода из изученного образца выделяется в три этапа: 20—120° С ( $\approx 2.0$  мас. %), 120—300° ( $\approx 9.0$  %) и 300—500° ( $\approx 3.0$  %). Можно предположить, что на первом этапе выделяется гигроскопическая вода, на втором — молекулярная вода, более прочно связанная со структурой, и на третьем — гидроксильные группы.

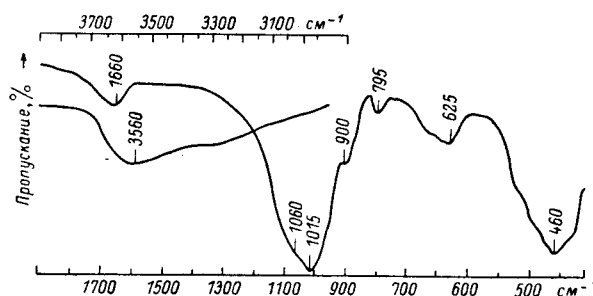


Рис. 3. ИК спектр захаровита. Спектрофотометр UR-20.

Термические эффекты в высокотемпературной области (500—1000°) обусловлены выделением кислорода и изменением валентных состояний марганца в минерале. Присутствие в минерале структурно связанной воды подтверждается также наличием в его ИК спектре характерных полос поглощения 1660 и 3560  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 3).

Среди известных минералов наиболее близким аналогом захаровита является описанный выше Na, K, Mn, Fe-гидросиликат шафрановскит (Хомяков и др., 1982). Сравнение показывает (табл. 4), что оба минерала близки друг другу по составу, некоторым свойствам и характеру выделе-

<sup>2</sup> Влияние вакуума в рассматриваемом случае отражается и на значениях структурных факторов отдельных отражений, в результате чего электронографическая дифракционная картина не только по геометрии, но и по интенсивностям рефлексов достаточно сильно отличается от соответствующей рентгеновской (ср. табл. 1 и 2).

Таблица 4

## Сравнительная характеристика захаровита и шафрановскита

Свойства минералов	Захаровит $\text{Na}_4\text{Mn}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24}(\text{OH})_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Шафрановскит $\text{H}_6(\text{Na}, \text{K})_3(\text{Mn}, \text{Fe})_3\text{Si}_9\text{O}_{27} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Сингония	Тригональная	Тригональная
$a_0, \text{Å}$	14.58	14.58
$c_0, \text{Å}$	37.7	21.01
$V_0, \text{Å}^3$	6940,2	3867.8
$Z$	9	6
Плотность, г/см <sup>3</sup>	2.58—2.64	2.76
Сильные линии на рентгенограмме порошка ( $I - d$ )	100 — 12.57 15 — 3.427 40 — 3.160 15 — 3.064 15 — 2.820 15 — 2.631	100 — 10.5 50 — 3.60 70 — 3.51 50 — 2.977 60 — 2.785
Главные максимумы поглощения в ИК спектре, см <sup>-1</sup>	460, 625, 795, 900, 1015, 1060, 1660, 3560	470, 495, 655, 1010, 1065
Температура дегидратации, °C	120, <u>260</u> , 370	90, <u>430</u>
pH водной суспензии	7	10—12
Осность, знак	Одноосный, —	Одноосный, —
$N_e$	1.535	1.570
$N_o$	1.565	1.587
Цвет	Желтый	Зеленый, желтый
Характер выделений	Тонкочешуйчатые агрегаты	Тонкозернистые агрегаты

Примечание. Подчеркнуты температуры основных максимумов дегидратации.

ний. Об их тесном структурном родстве свидетельствует принадлежность к единой кристаллографической системе и равенство одного из параметров ( $a_0$ ) элементарной ячейки. Оба минерала, вероятно, принадлежат к единому кристаллохимическому семейству. Вместе с тем индивидуальность каждого из них не вызывает сомнений.

К рассматриваемому кристаллохимическому семейству принадлежит и описанный в цитированной выше работе недостаточно изученный продукт изменения шафрановскита, имеющий примерную формулу  $\text{H}_6(\text{Na}, \text{K})_3(\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{4+}, \text{Fe}^{3+})_3\text{Si}_9\text{O}_{27} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Этот вторичный минерал и захаровит весьма близки друг другу по составу и свойствам, но их дифракционные картины — как рентгеновские, так и электронографические — существенно различны. Таким образом, первоначальное предположение авторов о том, что захаровит может представлять собой продукт гидратации и декатионирования шафрановскита, не подтверждается. Распространенность изученного минерала ниже зоны выветривания, его ассоциация с водорастворимыми и малостойкими минералами (натрофосфат, ломоносвит и т. п.) свидетельствует о первичной природе захаровита, который, как и шафрановскит, может рассматриваться как типоморфный минерал высокощелочных пегматитов и гидротермалитов — дериватов агпайтовых нефелиновых сиенитов.

Эталонные образцы захаровита переданы в минералогические музеи Академии наук СССР (Москва) и Кольского филиала АН СССР (Апатиты).

## Литература

Хомяков А. П., Врублевская З. В., Звягин Б. Б., Матвеева Н. А., Пилоян Г. О. (1982). Шафрановскит — новый минерал. ЗВМО, вып. 4.

Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ),  
Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР,  
Москва.