

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ И ПЕРВЫЕ НАХОДКИ В СССР

УДК 546.64 (420.21)

А. Н. МЕРЬКОВ, д. чл. И. В. БУССЕН, д. чл. Е. А. ГОЙКО,  
Е. А. КУЛЬЧИЦКАЯ, д. чл. Ю. П. МЕНЬШИКОВ и А. П. НЕДОРЕЗОВА

РАИТ И ЗОРИТ — НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ  
ИЗ ЛОВОЗЕРСКИХ ТУНДР<sup>1</sup>

Новые минералы раит и зорит обнаружены А. Н. Мерьковым и А. П. Недорезовой в той же пегматоидной залежи «Юбилейная» Ловозерского массива, в которой ими ранее найден ильмаюкит (Буссен и др., 1972). Залежь асимметрично зональная и сложена в основном микроклином, арфведсонитом, эгирином разных генераций, эвдиалитом, а также рамзаитом, ломоносовитом и содалитом. В центральной натролитовой зоне установлены нептунит, серандит (шизолит), сфалерит, чкаловит, стенстру-

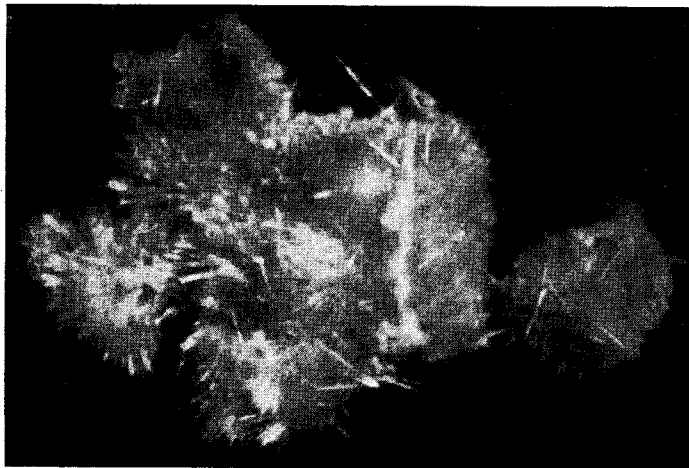


Рис. 1. Лучистый сросток игольчатых кристаллов раита.  
Увел. 40. Фото А. В. Волошина.

пин, полилитионит, маунтинит, лейкофенит, галенит, галит, термонатрит, ильмаюкит, нордит, нарсарсукит, лампрофиллит и ряд неопределенных цеолитов. Раит и зорит вместе с волокнистым светлым эгирином, маунтинитом и мелкокристаллическим натролитом образуются на стенках трещин и пустот, выполняют элатолиты (чаще — в центральной зоне залежи, но иногда — и в лежащих выше фойяитах).

Раит (Raite) назван в ознаменование успешной работы международного коллектива ученых на папирусной лодке «Ра». Минерал образует корочки из радиальнолучистых сростков иголочек (рис. 1) золотистого цвета с блестящей бурой сердцевинной. Диаметр сростков 2—3 мм. Харак-

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам Всесоюзного минералогического общества 22 марта 1971 г.

Таблица 1

Результаты расчета дебаеграммы раита

I	$\frac{d}{n}$ экпер.	$\frac{d}{n}$ расч.	hkl
10	11.4	11.3	202
1р.	(9.8)		
1р.	8.9	9.1	002
1р.	7.4	7.65	400
3р.	5.7	5.64	203
1р.	(4.97)		
8	4.5	4.54	112, 004, 311
4	4.2	4.19	312
6ш.	3.8	3.74	801, 313
0.5	3.37	3.38	710, 604, 513
2	(3.24)		
2	(3.14)		
10	2.939	2.951	804, 713, 605
3	2.819	2.819	406, 911
0.5	2.715	2.712	714, 515
10	2.650	2.659	020, 021, 805
6	2.482	2.489	421, 715
5	2.351	2.351	12.0.3, 10.0.5, 620, 621
5	2.206	2.199	424, 623
3р.	2.133	2.138	13.1.1, 225, 14.0.2, 822
1	2.073	2.078	608, 425, 916
5	2.027	2.029	13.1.3
2	1.990	1.995	10.2.1, 226, 026, 10.0.7
1	1.968	1.969	824, 14.0.4, 10.2.2
3	1.895	1.894	15.1.1, 16.0.1, 119, 718
1	1.874	1.874	16.0.2, 14.0.5, 825, 609
5	1.813	1.817	15.1.3, 0.0.10, 2.0.10, 427
4	1.764	1.763	16.0.4, 12.2.3, 131, 130, 826
4	1.719	1.719	1.1.10, 228, 332, 601
2	1.680	1.681	14.2.1, 333, 17.1.2, 10.2.6
6	1.640	1.640	533, 17.1.3, 730, 801, 18.0.3
0.5	1.614	1.613	15.1.6, 029, 401, 732, 16.0.6
0.5	(1.591)		
6	1.575	1.575	335, 429, 828, 230, 1.1.11
2	(1.555)		
1	1.536	1.536	9.1.10, 15.1.7, 629, 19.1.1
6	1.514	1.514	336, 0.0.12, 8.0.11, 2.0.12
2	1.484	1.484	14.0.9, 20.0.3, 829, 18.0.6
1	1.469	1.469	16.2.4, 13.1.9, 4.2.10
6	1.442	1.441	6.2.10, 935, 736, 3.1.12
4ш.р.	1.409	1.410	8.0.12, 20.0.5, 13.3.1
4	1.373	1.374	11.1.11, 19.1.6, 22.0.2, 4.0.13
5	1.341	1.341	11.3.6, 9.1.12, 3.1.13, 21.1.4
2	1.317	1.317	0.12.2, 0.4.2, 15.1.10, 6.0.10
2	1.302	1.303	539, 18.0.9, 12.0.12, 17.1.9, 0.0.14
5	1.280	1.281	443, 4.0.14, 16.2.8, 23.1.2
0.5	1.265	1.263	17.3.6, 24.0.2, 23.1.3, 22.0.6
1	1.245	1.245	245, 842, 14.0.12, 17.1.1
1	1.238	1.238	644, 14.2.10, 0.2.13, 5.1.14
1	1.231	1.232	16.2.9, 22.2.0, 8.0.14
1	1.222	1.223	4.2.3, 15.3.6, 22.2.2, 20.0.9
1	1.203	1.203	24.0.5, 446, 13.3.8, 11.3.9
1	1.190	1.190	25.1.1, 9.3.10, 15.3.7, 19.3.1
1	1.177	1.177	26.0.0, 12.4.1, 10.4.4
1	1.157	1.157	18.1.11, 8.0.15, 10.4.5, 12.4.3
1	1.147	1.147	24.2.1, 20.2.8, 048, 10.2.13
0.5	1.139	1.139	9.3.11, 26.0.4, 24.2.2, 6.2.14
0.5	1.121	1.120	648, 12.4.5, 26.0.5, 23.1.8
0.5	1.109	1.109	11.3.11, 20.2.9, 19.3.6, 25.1.6
0.5	1.097	1.097	26.0.6, 24.2.5, 1.3.13, 12.0.5
0.5	1.092	1.092	28.0.0, 9.3.12, 3.3.13, 16.4.0
2р.	1.082	1.082	5.3.13, 17.1.13, 18.2.11
1р.	1.071	1.071	2.4.10, 17.3.9, 21.1.11
0.5	1.061	1.061	8.2.15, 14.0.15, 151

Таблица 1 (продолжение)

I	$\frac{d}{n}$ экспер.	$\frac{d}{n}$ расч.	hkl
0.5	1.055	1.055	21.3.6, 152, 351, 19.3.8
3	1.048	1.048	550, 23.3.3, 1.3.14, 18.4.0
3	1.044	1.044	3.1.17, 24.0.10, 10.4.9, 2.2.16
0.5	1.038	1.038	17.3.10, 10.2.15, 12.0.16
2р.	1.032	1.032	26.2.5, 18.4.3, 751
0.5	1.028	1.028	28.0.6, 29.1.2
1р.	1.016	1.016	355, 14.4.8, 6.4.11, 950
1р.	1.011	1.011	0.0.18, 28.2.0
1р.	1.004	1.004	17.3.11, 23.2.6, 15.3.15, 156

Примечание. Условия съемки: Fe излучение,  $D=66$ . Исправлено по особому снимку с NaCl. В скобках — линии, вызванные  $\beta$ -излучением. р. — расплывчатые, ш. — широкие линии. Аналитик Л. Г. Латышева.

терно срастание райта с маунтинитом и волокнистым эгирином, часто покрыт налетом соды (термонаррита).

Кристаллы райта игольчатые 1—2 мм длиной при толщине 0.02—0.04 мм. Габитусные грани образуют прямые углы, грани (111) сходятся под углом  $146^\circ$ . Э. М. Куллетской для них вычислено  $\varphi=9^\circ 51'$  и  $\rho=73^\circ 58'$ . Спайность совершенная по (100), (010) и (001), пересекающаяся под прямыми углами.

Твердость агрегатов райта 3, иголки хрупкие, но в массе они легко сминаются. Удельный вес минерала, определенный из микронавески С. А. Егоровой,  $2.39 \pm 0.02$ . Удлинение иголок положительное. Плеохроизм отчетливый: по Ng — золотистый или буроватый, по Nm желтоватый, по Np почти бесцветный; схема абсорбции  $Ng > Nm > Np$ ;  $cNg=0-3^\circ$ ;  $Ng=1.550 \pm 0.002$ ,  $Nm=1.542 \pm 0.002$ ,  $Np=1.540 \pm 0.002$ ;  $Ng-Np=0.010$ ;  $+2V_{\text{вычисл.}}=53^\circ$ .

Рентгеноструктурное исследование райта (рентгенограммы качания, РКВ, Си излучение, а также развертки плоскостей обратной решетки  $h0l-h4l$ , КФОР, Си и Mo излучение, снятые вдоль вытянутости кристалла) доказало принадлежность его к ромбической сингонии. Параметры элементарной ячейки, вычисленные по этим рентгенограммам и уточненные по дебаеграмме (в Å):  $a_0=30.6 \pm 0.1$ ,  $b_0=5.31 \pm 0.02$ ,  $c_0=18.20 \pm 0.05$ ;  $v_0=2957.2 \text{ Å}^3$ .

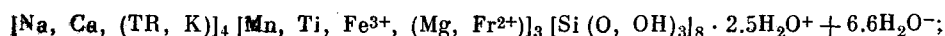
Пространственная группа по погасаниям определена однозначно:  $D_2^5=C_{222}$ . Для 2-го варианта формулы, предложенного И. Д. Борнеман-Старынкевич (см. ниже),  $Z=4$ ,  $\rho_{\text{рентг.}}=2.32$ , включая  $5H_2O$ . Для варианта формулы, данного авторами,  $Z=12$ ,  $\rho_{\text{рентг.}}=2.43$  (без  $aq$ ).

В табл. 1 приведены результаты расчета дебаеграммы райта. Индексирование производилось на ЭВМ «Минск-22» по программе Э. М. Медведевой. Совпадение  $d_{\text{эксп.}}$  и  $d_{\text{расч.}}$  удовлетворительное, что свидетельствует о надежности выбранных параметров.

Результаты химического анализа (навеска 1.2 г, аналитик Е. А. Кульничая) приведены в табл. 2. Спектральный анализ показал присутствие следов Р, Ве, Та, Pb, Ga, Ba, Си и Sr.

Рассмотрев результаты анализа, И. Д. Борнеман-Старынкевич предложил два варианта формулы райта, различающихся по положению воды в структуре:

1-й — вода не включена в структурную формулу минерала:



2-й — вода включена в радикал  $[Si_2(O, OH)_7]$ :

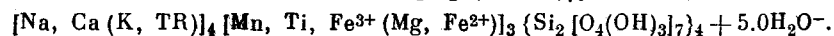


Таблица 2

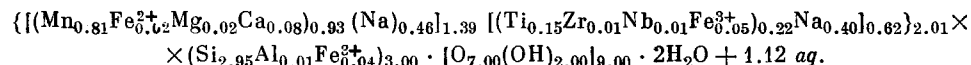
## Химический состав рафта

Компоненты	Вес. %	Атомные количества катионов	Компоненты	Вес. %	Атомные количества катионов
SiO <sub>2</sub> . . . . .	46.20	0.7689	Na <sub>2</sub> O . . . . .	11.24	0.3627
TiO <sub>2</sub> . . . . .	3.11	0.0389	K <sub>2</sub> O . . . . .	0.17	0.0036
ZrO <sub>2</sub> . . . . .	0.16	0.0013	(Nb, Ta) <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.44	0.0033
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.12	0.0024	Σ TR . . . . .	0.16	0.0010
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.86	0.0233	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> . . . . .	8.01	(0.8892)
FeO . . . . .	0.37	0.0051	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> . . . . .	11.36	(1.2611)
MnO . . . . .	15.00	0.2115	CO <sub>2</sub> . . . . .	0.40	0.0091
MgO . . . . .	0.20	0.0050			
CaO . . . . .	1.24	0.0221			
			Сумма . . . . .	100.04	1.4582

Примечание. Атомные количества Na, С и Н даны за вычетом 0.0182 Na, 0.0091 С и 0.0182 Н, относящихся к примеси термонаритита. Здесь и в табл. 4 цифры, взятые в скобки, в сумму не входят.

Данные термического анализа — рис. 2 (дериватограф, навеска 250 мг; смесь с 50% инертного вещества, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; время нагрева до 1000° 100 мин.; термопара платина—платина-родий; аналитики А. В. Волошин и С. А. Егоров) лучше согласуются со 2-м предположением. Сумма катионов в обоих случаях равна 15. Допустив возможность замены 2M<sup>+</sup> ↔ M<sup>2+</sup>, т. е. Na и Mn, подобно тому как это принимается для Ca и Na в кальциевом эгирине (Сердюченко и др., 1961), в некоторых цеолитах (Штрунц, 1962), а также в искусственных соединениях (K<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>16</sub> и др. — Винчелл, Винчелл, 1967) получим без воды (M<sup>2+</sup>M<sup>+</sup>)<sub>0.5</sub>Si<sub>0.75</sub>O<sub>2.0</sub>. Приняв, что вода преимущественно входит в решетку рафта (рис. 2), получим его эмпирическую формулу (Mn, Na<sub>2</sub>)<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>[O<sub>7</sub>(OH)<sub>2</sub>]<sub>0</sub>·2H<sub>2</sub>O + 1aq. Допустим и изоморфизм: 3Mn<sup>2+</sup> ← Ti<sup>4+</sup> + 2Na<sup>+</sup>, 4Mn<sup>2+</sup> ← Nb<sup>5+</sup> + 3Na<sup>+</sup> и 2Mn<sup>2+</sup> ← Fe<sup>3+</sup> + Na<sup>+</sup>.

При делителе D = ΣO/8 = 0.26053 результат расчета таков:



Углекислота отнесена на счет термонаритита (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O). Окончательная формула рафта будет установлена после определения его структуры.

Исследуемый минерал представляет собой водный силикат натрия и марганца с изоморфной примесью титана, железа и др. Распределение воды в рафте, принятое нами, не противоречит данным его ИК спектроскопии и согласуется с результатами термического анализа. Потеря веса начинается с 60° (рис. 2), разложение минерала происходит, видимо, уже около 110°. Эндотермический эффект при 160° фиксирует конец разложения минерала, ему соответствует потеря веса 11.9%; затем, к 300°, теряется 13.4% и к 340° — 15.5%. Потеря веса продолжается и дальше. При 700° имеет место слабый экзотермический эффект (изменение фазового состояния?). Общая потеря веса 19.8% (по химическому анализу сумма H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> равна 19.8%).

Перед паяльной трубкой рафт спекается в серую пузыристую массу. При 745° плавится в светло-бурое стекло с показателем светопреломления

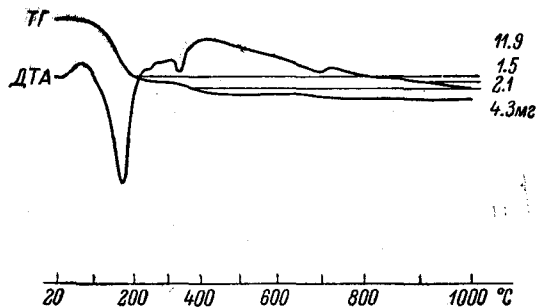


Рис. 2. Термограмма рафта.

$N=1.623$ . В воде не растворяется, в 4% HCl при температуре 20° медленно разлагается, давая каркасный гель кремнекислоты, который после высыхания имеет тонковолокнистое строение. Волокна гаснут прямо и обладают положительным удлинением. Их  $N=1.450$ ,  $N_g-N_p=0.002-0.003$  (люссатит? — Винчелл, Винчелл, 1953). В 6% HNO<sub>3</sub> при 20° разлагается медленно, давая бесструктурный гель, в 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 20° не растворяется. Продукты изменения неизвестны.

Раит — позднегидротермальный минерал, образующийся совместно с волокнистым эгирином и призматическим натролитом, но ранее ильмайтита, галита и термонатрита.

Недавно раит обнаружен Л. В. Козыревой и Ю. П. Меньшиковым в Хибинах в среднезернистых эгирино-нефелиновых сиенитах на стенках

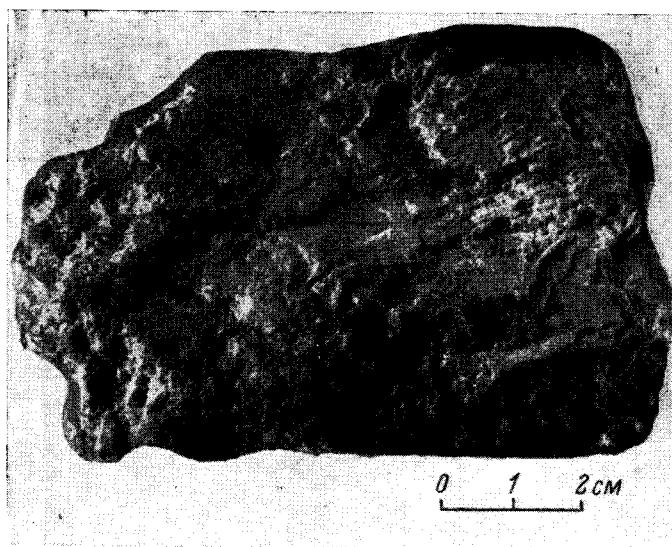


Рис. 3. Поликристаллическая пластинка зорита с реликтами спайности замещенного минерала. Фото М. П. Базанова.

пустот вместе с альбитом, содалитом, пектолитом и натролитом. Раит образует сростки светло-бурых иголочек и красно-бурых мелкопластинчатых кристаллов.

**З о р и т** (Zorite) назван по предложению И. Д. Борнеман-Старынкевич от слов «зори», «зорька» — по окраске. Кроме сростков призматических кристаллов образует поликристаллические пластинки размером до 10×6×0.5 см, видимо псевдоморфозы, так как сохраняются реликты спайности пластинчатого минерала, параллельные большей грани (рис. 3). Пластинки сложены спутанноволокнистой массой игольчатых кристалликов около 1—2 мм длиной. Подобные иголочки образуют лучистые и сфероидальные сростки на стенках пустот и трещин, иногда — на пластинчатых агрегатах зорита.

Кристаллы розовые, прозрачные, со стекляннным блеском. Спайность совершенная по (010) и (001), пересекающимся под прямыми углами. Спайность по (110) проявлена хуже. Угол между нею и гранями (100)=73°11'. Для грани (110) Э. М. Куплетская вычислила  $\varphi=16^\circ49'$ . Удлинение кристалликов положительное, погасание почти прямое (2—3°).

Твердость агрегата 3—4, призмочки хрупкие; удельный вес агрегата  $2.27 \pm 0.02$ , кристаллов 2.36—2.40 (определено из микронавески С. А. Егоровой и Ф. Н. Тюшевой), минерал смачивается плохо. Плео-

Таблица 3

## Результаты расчета дебаграммы зорита

I	$\frac{d}{n}$ экпер.	$\frac{d}{n}$ расч.	hkl
8	11.6	11.96	200
2	(7.4)		
10	6.9	6.93	110
1	(6.4)		
3	5.8	5.97	400
4	5.2	5.30	310, 111
2	4.92	4.97	112
2	(4.83)		
1	4.64	4.58	402
5	4.45	4.41	311
1	4.01	3.99	510, 600
2р.	(3.78)		
2	3.59	3.62	020, 004
5	3.43	3.41	204, 220
8	3.38	3.37	221
2	(3.30)		
1	3.20	3.23	022
8	3.067	3.062	404, 513
8	2.979	2.968	314, 800
3	2.899	2.880	023
3	(2.848)		
3	2.759	2.758	802
2	2.667	2.659	514, 604, 620
8	2.588	2.591	713, 423
2	2.505	2.508	622, 910, 315
3	2.442	2.458	911
1	2.283	2.280	331, 804, 132, 821
1	2.233	2.240	025
1	2.192	2.194	822, 332, 225
2	2.158	2.155	530
1	(2.134)		
1	2.101	2.098	425, 715
0.5	2.062	2.062	532, 11.1.1
0.5	2.031	2.042	606
1	1.992	1.991	134, 10.2.0, 12.0.0, 026, 10.0.4
3	1.934	1.936	824, 334
3	1.896	1.900	732, 317
3	(1.875)		
0.5	1.840	1.841	10.2.3, 534, 135
3	1.802	1.799	11.1.4, 040, 041, 335
1	1.781	1.784	13.1.0, 930, 626, 241, 027, 008
8	1.742	1.742	10.2.4, 12.0.4, 12.2.0, 242
0.5	1.720	1.721	916, 535, 441, 734
6	1.701	1.701	717, 427, 12.2.2
1	1.673	1.672	933, 243, 13.1.3
0.5	1.659	1.656	336, 14.0.2, 826
1	1.648	1.648	640
0.5	1.616	1.616	11.3.0, 044
0.5	1.568	1.568	12.2.4, 11.1.6
4	1.543	1.541	14.0.4, 14.2.0, 841, 840
4	1.528	1.528	12.0.6, 10.2.6, 827, 337, 045
2	1.513	1.513	842, 935, 13.1.5, 245, 736
0.5	1.494	1.496	16.0.0, 644, 12.2.5
0.5	1.478	1.480	445, 537, 15.1.3
4	1.453	1.456	11.1.7, 13.3.1
0.5	1.431	1.430	246, 936, 645, 13.1.6, 13.3.2
3	1.419	1.418	14.2.4, 844, 737, 351, 152, 0.0.10
1	1.396	1.397	352, 13.3.3, 446
3	1.384	1.383	153, 550, 10.4.3, 14.0.6, 16.2.0
3	1.347	1.344	247, 937
0.5	1.333	1.333	750, 11.3.6, 12.4.1, 553, 15.3.0
1	1.312	1.310	752
1	1.301	1.302	13.3.5, 15.1.6
1	1.294	1.292	554, 14.2.6, 846
0.5	1.274	1.274	355, 950
2	1.265	1.266	951, 11.3.7, 16.0.6

