

Д. чл. С. В. МАЛИНКО, Б. П. ФИЦЕВ,  
Н. Н. КУЗНЕЦОВА, Л. Е. ЧЕРКАСОВА

### ЕКАТЕРИНИТ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ БОРА<sup>1</sup>

Екатеринит (ekaterinite) — новый водный борат-хлорид кальция. Он установлен в Коршуновском скарновожелезородном месторождении Нижнеилимского района Иркутской области. Это месторождение находится на юго-восточном крыле Коршуновского флексуорообразного поднятия, в строении которого участвуют осадочные породы кембрия и ордовика, взрывно-пирокластические образования, скарны, траппы и руды пермотриаса. Среди скарнов выделяются пироксеновые, гранатовые и монтчеллитовые разновидности. В различных количествах и соотношениях в них присутствуют эпидот, хлорит, серпентин, кальцит, датолит, цеолиты, амфиболы и гидрослюды; в качестве второстепенных и редко встречающихся минералов наблюдаются апатит, везувиан, шпинель, сфен, кварц, таумассит, периклаз, брусит, гипс, ангидрит, галит и битумы. Скарны и скарнированные породы в различной степени насыщены магнетитом, при значительном содержании которого они переходят в магнетитовые руды различных текстурных и минеральных разновидностей. Среди траппов выделяются долериты, габбро-долериты и базальты.

Месторождение представляет собой сложно построенное взрывное сооружение с несколькими каналами-жерлами со «слепыми» ответвлениями по субгоризонтальным зонам трещин отслоения. Скарновородное поле, сформированное в основном в вертикальных структурах, повторяет их контуры и имеет крутые контакты. Прослеженная глубина оруденения 1200 м без тенденции к затуханию.

Екатеринит наблюдался в керне трех скважин на глубине от 820 до 1260 м и образует практически мономинеральные гнезда и прожилки мощностью до 2 см в карбонатной и ангидрито-карбонатной породе. В незначительных количествах в ассоциации с екатеринитом наблюдаются галит в виде мельчайших идиоморфных кристаллов размером в десятые доли миллиметра, единичные мелкие зерна кварца и округлые скопления тонкодисперсного ашарита (диагностирован оптически и рентгенометрически) размером до 1 мм. Характерной особенностью екатеринита является его способность вспучиваться под действием влаги, что ярко проявляется в кусках керна при хранении его под открытым небом или во влажном помещении (рис 1).

В наиболее хорошо сохранившихся выделениях екатеринит образует плотные тонколистоватые слоистые агрегаты с шелковистым блеском, белого цвета, иногда со слабым розоватым оттенком, похожие на тальк. Отдельные индивиды этих агрегатов представлены шестоватыми кристаллами размером 1 мм и менее, прозрачными, на отдельных гранях с перламутровым блеском, обладающими призматическим габитусом и ясной спайностью параллельно плоскости *ab*.

На электронных микрофотографиях (рис. 2) хорошо видны кристаллы екатеринита, характеризующиеся гексагональными очертаниями. В сравнении с екатеринитом наблюдаются мельчайшие выделения галита. Часто, особенно в наиболее мелких гнездах и прожилках, екатеринит изменен до белой порошкообразной массы. Именно в таком виде он обычно встречается в карбонатных породах, образуя белые налеты по плоскостям трещин.

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 26 октября 1979 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 30 января 1980 г.

Плотность екатеринита, измеренная методом микроплавка,  $2.440 \pm 0.005$ , твердость несколько более 1 по шкале Мооса. Екате­ринит растворяется в воде и в разбавленных кислотах. Обладает синеватой люминесценцией при 300 и 77° К, сопровождаемой голубой фосфоресценцией, особенно сильной при 77° К; рентгенолюминесценция отсутствует (люминесцентные свойства екатеринита изучены М. Л. Гафтом). Оптические свойства екатеринита: двуосный, оптически отрицательный, с очень малым углом оптических осей и очень низким двупреломлением ( $0.002-0.003$ ),  $N_g=1.577 \pm 0.001$ ,  $N_p=1.574 \pm 0.001$ . За 10–15 мин пребывания в иммерсионном препарате показатели преломления минерала снижаются на 0.030, и все его зерна становятся почти изотропными, что, по-видимому, связано со структурными изменениями екатеринита.



Рис. 1. Выделения екатеринита (Ек) в скарированной карбонатной породе.

а — нат. вел., б — увел. 10.

Определение параметров элементарной ячейки екатеринита проводилось по микродифракционным картинам, полученным в электронном просвечивающем микроскопе TESLA-B-540. Симметрия дифракционной картины отвечает дифракционному классу  $C_6$  (гексагональная сингония,  $\gamma=120^\circ$ ). Параметры элементарной ячейки определялись относительно А1 стандарта:  $a=11.86 \text{ \AA}$ ,  $b=11.86 \text{ \AA}$ ,  $c=23.88 \text{ \AA}$ ,  $\alpha=\beta=90^\circ$ ,  $\gamma=120^\circ$ ,  $V=2905 \text{ \AA}^3$ .

По рассчитанным параметрам и условно выбранной группе  $P_6$  на ЭВМ ВЦ ВИМСа была проиндексирована дебаграмма екатеринита (табл. 1). На дебаграмме екатеринита отмечены слабые линии галита, ашарита, сидерита и кварца.

ИК спектр екатеринита (UR-20, аналитик Л. С. Солнцева) содержит полосы поглощения  $H_2O$  ( $1660 \text{ см}^{-1}$ ,  $3440$  и  $3555 \text{ см}^{-1}$ ). Полосы поглощения, относящиеся к колебаниям боратного аниона, находятся в области от  $900$  до  $1200 \text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует, вероятно, о преимущественно четверной координации бора (рис. 3).

Термический анализ был проведен отдельно для двух образцов екатеринита: обр. 1 — отобран непосредственно из горной породы, после извле-

чения из скважины; обр. 2 — порошкообразный образец после долговременноного пребывания в сухом помещении. Сопоставление результатов обоих анализов показывает существенные различия термических характеристик этих образцов (рис. 4), несмотря на идентичность их дебаеграмм.

Термический анализ обр. 1 выполнен на дериватографе из навески 160 мг при скорости нагревания 100 град/мин и температуре нагревания

Таблица 1

## Результаты расчета дебаеграммы екатеринита

I	$d_{изм}$	$\Delta$	$hkil$	I	$d_{изм}$	$\Delta$	$hkil$
71	11.94	0	0002	26	1.770	+0.001	3366
30	10.30	0.01	1010	53	1.764	0.000	5164
21	5.02	0.04	2021	14	1.657	0.001	4373
31	4.77	0.01	1123	55	1.634	-0.002	5271
21	3.84	-0.01	2131	28	1.627	0.000	4268
32	3.71	-0.01	1016	56	1.596	-0.002	4375
32	3.50	-0.03	2025	56	1.577	-0.002	6066
66	3.24	0.02	1017	42	1.573	-0.002	5168
33	3.15	0.08	3033	72	1.517	0.004	4377
22	3.02	0.00	2135	73	1.485	0.000	6065
22	2.88	-0.03	2241	60	1.429	-0.002	4484
45	2.84	0.00	2027	60	1.426	0.004	6281
57	2.77	0.02	3142	30	1.393	-0.001	4486
23	2.58	-0.01	2028	63	1.331	-0.004	6286
58	2.57	-0.01	3144	64	1.290	-0.001	6391
23	2.56	0.00	4041	80	1.288	0.000	6392
93	2.51	0.00	4042	97	1.281	-0.001	5494
100	2.31	0.00	3252	16	1.265	-0.001	6394
48	2.24	-0.01	3038	66	1.234	-0.002	6396
12	2.23	0.00	4151	51	1.207	+0.005	5498
24	2.21	0.00	4152	51	1.184	-0.001	5510.2
61	2.16	0.00	4153	87	1.166	0.000	6410.3
98	2.09	0.00	4154	36	1.117	0.004	6410.7
12	2.06	-0.02	3148	37	1.105	0.003	5510.8
99	2.047	+0.004	5051	37	1.076	0.030	6511.1
13	2.025	0.011	5052	38	1.070	0.000	6511.2
38	1.969	+0.002	3361	39	1.033	0.000	6511.6
63	1.940	0.003	3257	39	1.029	0.000	6511.7
25	1.922	0.002	3363	20	0.951	-0.012	6612.0
100	1.916	+0.010	4262	20	0.984	0.002	6612.3
78	1.829	0.001	3365				

Примечание.  $\Delta = d_{изм} - d_{вмч}$ .

до 960° С (аналитик Т. В. Хромова). Результаты анализа показывают (рис. 4), что потеря веса от навески в интервале температур от 20 до 165° составляет 8.12%, от 165 до 335° — 5%, от 335 до 410° — 2.5%, от 410 до 500° — 6.25%, от 500 до 600° — 0.63%, от 600 до 960° — 6.56%, общая потеря веса — 29.06%, что близко суммарному количеству воды и хлора в образце по данным химического анализа (табл. 2). На кривой ТГ на фоне постепенной потери веса в процессе нагревания четко выделяются два момента резкой потери веса, соответствующие на кривой ДТА интенсивным эндотермическим пикам с максимумами при 150 и 420°. Менее четкая эндотермическая реакция имеет максимум при 200°. При 620° отмечен резкий экзотермический эффект.

Термическое исследование обр. 2 (рис. 4, б) показало, что потеря веса в интервале температур от 40 до 155° составляет 1.9%, от 155 до 300° — 4.5%, от 300 до 495° — 10.3%, от 295 до 600° — 0.5%, от 600 до 1000° —

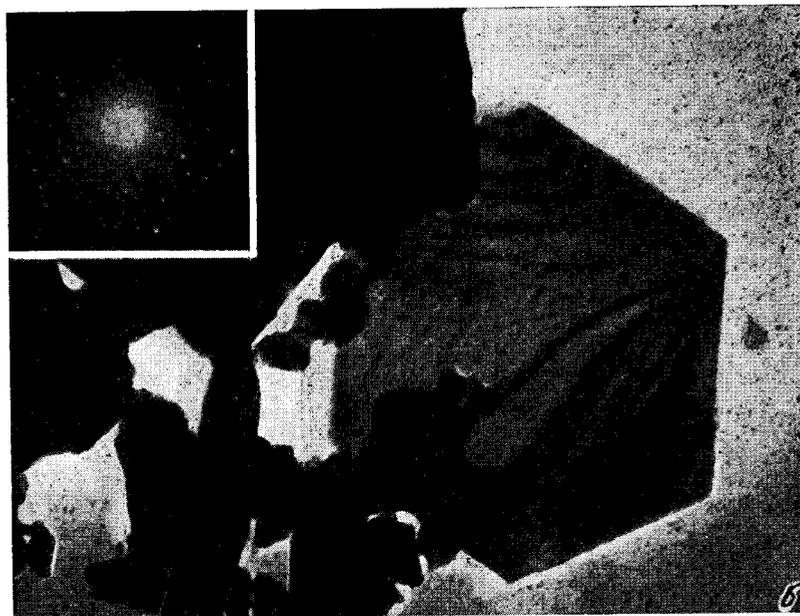


Рис. 2. Электронные микрофотографии екатеринита.

*a* — выколки екатеринита, суспензия, увел. 14 000; *б* — гексагональный кристалл екатеринита и его микродифракционная картина, увел. 20 000; *в* — обволакивающая реплика с кристаллов екатеринита; мелкие кристаллики квадратного сечения — галит, увел. 14 000.

10.6%, общая потеря веса — 27.8%, что соответствует суммарному количеству воды и хлора в образце, по данным химического анализа. На кривой ДТА здесь отсутствует низкотемпературная эндотермическая реакция при 150°, характерная для обр. 1, и наблюдается более пологий характер кривой ТГ в области невысоких температур. Отмечаются эндотермические реакции: слабая при 300° и резкая двухступенчатая с максимумом при 480°.

При 670° фиксируется четкий экзотермический пик. При нагреве до 940° екатеринит плавится, что выражается отчетливой эндотермической реакцией на кривой ДТА.

По-видимому, эндотермические реакции, наблюдаемые на ДТА кривых обоих образцов при температурах ниже экзотермического эффекта, связаны с дегидратацией минерала. При этом эндотермическая реакция с максимумом при 150°, фиксирующаяся у обр. 1 и отсутствующая у обр. 2, связана с потерей, вероятно, адсорбированной воды, о чем свидетельствуют и данные химических анализов обоих образцов (табл. 2). Эндотермические реакции в области 420 и 480° на обоих кривых, по-видимому, соот-



Рис. 2 (продолжение).

ветствуют потере кристаллизационной воды в минерале, а резкие эндотермические пики при 420 и 480° связаны с распадом гидроксильных группировок. Экзотермическая реакция в области 620 и 670° по аналогии с другими боратами связана с перекристаллизацией дегидратированного минерала. Дебаеграмма полностью дегидратированного екатеринита при температуре выше экзотермического эффекта соответствует синтетическому  $\text{CaB}_2\text{O}_4$ .

Для тех же двух образцов екатеринита был выполнен химический анализ: для обр. 1 — из навески 1 г (аналитик Л. М. Панина), для обр. 2 — микрохимический анализ из навески 100 мг (аналитик Н. Н. Кузнецова). Как показывает сопоставление результатов обоих анализов (табл. 2), обр. 1 характеризовался значительно более высоким содержанием адсорбированной воды в сравнении с обр. 2. Химический состав екатеринита рассчитан по данным двух анализов двумя способами: по соотношению атомных количеств катионов и с учетом параметров элементарной ячейки. При расчете формулы предположено частичное замещение ионов хлора гидроксильными группировками, что обосновано присутствием подобных замещений в других кальциевых боратах, например в солонгоите, а также простыми целочисленными отношениями катионов и анионов, свойственными природным боратам. Оба способа расчета двух анализов привели

Таблица 2

## Химический состав екатеринита

Компоненты	Обр. 1				Обр. 2				Теоретический состав
	Мас. %	Атомные соотношения	Атомные количества при $F = 34,99$	Округленные значения при $Z = 10$	Мас. %	Атомные соотношения	Атомные количества при $F = 34,99$	Округленные значения при $Z = 10$	
SiO <sub>2</sub>	0.04	—	—	—	0.51	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	He обн.	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.04	—	—	—	He обн.	—	—	—	—
CaO	30.67	2.00	19.10	2	32.43	2.00	20.22	2	28.38
MgO	0.11	—	—	—	He обн.	—	—	—	—
MnO	Сл.	—	—	—	—	—	—	—	—
Na <sub>2</sub> O	0.08	—	—	—	0.22	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	0.16	—	—	—	0.12	—	—	—	—
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38.47	4.04	38.63	4	42.01	4.16	42.20	4	40.64
F	He обн.	—	—	—	He обн.	—	—	—	—
Cl	11.07	1.14+	10.88+	2	12.30	1.16+	11.83+	2	20.46
		0.86 (ОН)	9.12 (ОН)			0.84 (ОН)	8.17 (ОН)		
CO <sub>3</sub>	He обн.	—	—	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	14.17	5.76—	55.07—	4.7	15.05	5.78—	58.50—	5	10.52
		0.86 (ОН)	9.12 (ОН)			0.84 (ОН)	8.17 (ОН)		
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	7.62	—	—	—	—	—	—	—	—
С у м м а	102.43				102.64				100.00
—O=Cl	2.50				—2.70				
С у м м а	99.93				99.94				

Примечание. При расчете формулы состава обр. 2 учтено присутствие в незначительных количествах примесей кварца, галита и сильвина.

условиях влажности будут изменяться содержание воды в нем, термическая характеристика в области низких температур, плотность, показатели преломления и некоторые другие характеристики. Эти обстоятельства необходимо учитывать при изучении минерала. Специальное исследование явлений гидратации—дегидратации екатеринита будет выполнено отдельно.

Образование екатеринита в карбонатных и ангидрито-карбонатных породах Коршуновского железорудного месторождения, вероятно, связано с диагенетическими преобразованиями бороносных хлорсодержащих осадочных толщ.

Находка екатеринита расширила перечень природных хлорид-боратов. До недавнего времени среди них были известны минералы группы хильгардита с общей формулой  $(Ca, Sr) [B_5O_9]Cl \cdot H_2O$ , визерит  $Mn_4[(B_2O_5(OH, Cl)_4]$ , солонгоит  $Ca_2[B_3O_4(OH)_4] Cl$  и гидрохлорборит  $Ca_2[B_3O_3(OH)_4 \cdot OB(OH)_3]Cl \cdot 7H_2O$ . Из числа названных минералов екатеринит отличается наиболее высоким содержанием хлора. По физическим свойствам он наиболее близок гидрохлорбориту — редкому эвапоритовому минералу, установленному в Китае и Чили. Кроме близости составов, с этим минералом его сближают и физические свойства, в частности слоистый характер выделения и растворимость в воде. Именно растворимость в воде гидрохлорборита еще более легкая, чем екатеринита, приводит к появлению его в месторождениях лишь в сухое время года. Как показало изучение структуры гидрохлорборита (Brown, Clark, 1978), отмеченные специфические особенности этого минерала обусловлены тем, что его основные структурные элементы связаны между собой лишь водородными связями.

практически к единому составу  $\text{Ca}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cl}, \text{OH})_2 \cdot (2.3-2.5)\text{H}_2\text{O}$ . Учитывая, что, по данным термического анализа, потеря веса в интервале от 20 до 165° несколько превышает количество адсорбированной воды, определенное химическим путем, содержание молекул воды в формуле, по-

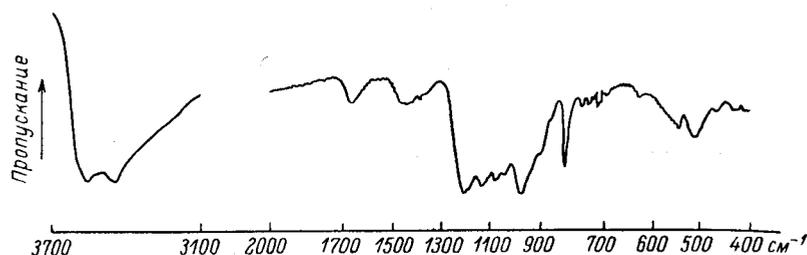


Рис. 3. ИК спектр екатеринита.

видимому, следует считать равным двум. Таким образом, формула екатеринита имеет вид  $\text{Ca}_2\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cl}, \text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

По химическому составу, оптическим, физическим свойствам, рентгеновской и термической характеристикам описываемый минерал не иден-

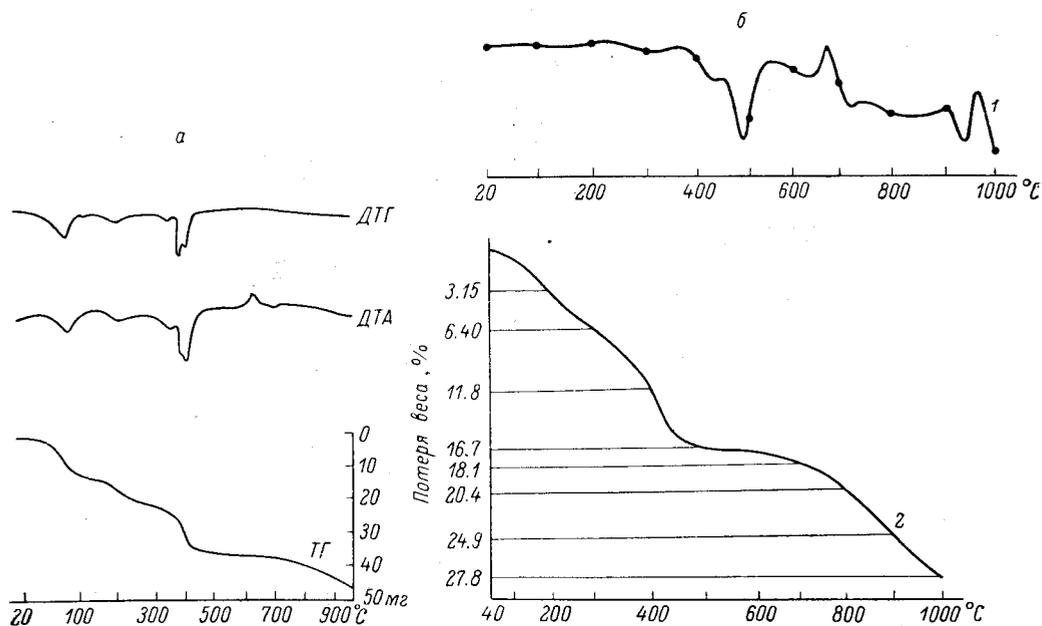


Рис. 4. Результаты термического исследования екатеринита.

а — дериватограмма екатеринита, обр. 1; б — ДТА (1) и ТГ (2) кривые екатеринита, обр. 2.

тифицируется ни с одним известным минералом, природным или синтетическим, и должен рассматриваться как новый минеральный вид. Название минералу дано в память об одном из ведущих исследователей в области минералогии, авторе ряда новых направлений в исследовании минерального сырья, крупном ученом-организаторе, докторе геолого-минералогических наук, заслуженном деятеле науки и техники, профессоре Екатерине Владимировне Рожковой (1898—1979 гг.).

Как весьма характерное свойство екатеринита следует отметить его способность, с одной стороны, к гидратации, с чем связана, вероятно, указанная выше всучиваемость, и, с другой стороны, — к дегидратации. Соответственно в зависимости от нахождения этого минерала в различных

Следует особо подчеркнуть, что растворимость в воде приводит к полному уничтожению екатеринита при изготовлении шлифов, в связи с чем этот минерал может быть легко пропущен при минералогическом и петрографическом изучении пород.

Авторы выражают благодарность Г. А. Сидоренко, Л. М. Паниной, Л. С. Солнцевой, Т. В. Хромовой, Т. А. Хрулевой и М. Л. Гафту за участие в изучении екатеринита.

#### Литература

Brown G. E., Clark J. R. (1978). Crystal structure of hidrochlorborite,  $\text{Ca}_2[\text{B}_2\text{O}_3(\text{OH})_4 \cdot \text{OB}(\text{OH})_3] \text{Cl} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , a seasonal evaporite mineral. Amer. Miner., v. 63, N 9—10.

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
минерального сырья (ВИМС), Москва,  
Железногорская комплексная ГРП  
Иркутского территориального  
геологического управления, г. Железногорск-Илимский.

УДК 549.0

Д. чл. А. П. ХОМЯКОВ, А. В. БЫКОВА,  
Ю. А. МАЛИНОВСКИЙ

### ОЛИМПИТ $\text{Na}_3\text{PO}_4$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ<sup>1</sup>

Новый минерал состава  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , содержащий свыше 50% окиси натрия, — больше, чем любой из известных природных фосфатов, — обнаружен А. П. Хомяковым в 1977 г. в пегматитах горы Расвумчорр Хибинского щелочного массива (Кольский п-ов). Он получил название олимпит (olympite) в связи с впервые проводимыми в СССР Летними олимпийскими играми 1980 г.

Пегматитовое тело, в котором встречен олимпит, вскрыто глубокой горной выработкой в уртигах лежащего бока апатитовой залежи. Субвертикально падающее тело имеет мощность 2—3 м и состоит из крупных выделений нефелина, гакманита, калиевого полевого шпата, щелочного амфибола, эгирин-диопсида и энigmatита; в интерстициях между зернами указанных минералов, а также в виде псевдоморфоз по ним развита более поздняя минеральная ассоциация — натролит, пектолит, тонкоигольчатый эгирин, виллиомит, термонатрит, накафит ( $\text{Na}_2\text{CaPO}_4\text{F}$ ), натрофосфат и сидоренкит ( $\text{Na}_3\text{MnPO}_4\text{CO}_3$ ); спорадически распространены эвдиалит с каемочными псевдоморфозами цирсиалита и лозозерита, ломоносовит, лампрофиллит, щербаковит, фосинаит, дельхайелит, расвумит, джерфшерит, пирротин, молибденит, сфалерит и галенит.

Олимпит встречен в тесной ассоциации с сидоренкитом, виллиомитом, тонкоигольчатым эгирином и находящимся в процессе исследования новым щелочным гидросиликатом марганца состава  $\text{Na}_2\text{MnSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Выделения олимпита представлены редкими овальными зернами диаметром 1—3 мм (в одном случае свыше 5 мм), содержащими включения сидоренкита и других минералов этой ассоциации. Ограниченные кристаллы не встречены. С поверхности зерна олимпита покрыты корочкой скрытокристаллического вторичного фосфата  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Хомяков, Меньшиков, 1979).

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 26 октября 1979 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 30 января 1980 г.