

УДК 549.6(470.5)

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИИ ВИШНЁВЫХ ГОР НА УРАЛЕ

*Е.П. Макагонов<sup>1,2</sup>, В.А. Муфтахов<sup>1,2</sup>*

В фенитизированных породах Вишнёвогорского миаскитового массива описаны силикат-карбонатные прожилки с необычной редкоземельной минерализацией. Дана краткая характеристика акцессорных редкоземельных минералов: перрьерита-(Ce), алланита-(Ce), церфосфорхаттонита, апатита-(CaOH), галгенбергита-(Ce), анкилита-(Ce).

Ключевые слова: Вишнёвогорский миаскитовый массив, редкоземельные минералы.

В фенитизированных амфиболитах, залегающих в кровле Вишнёвогорского миаскитового массива, встречены прожилки силикат-карбонатных пород с необычной редкоземельной минерализацией. Главные минералы прожилков: кальцит, флогопит, альбит. Содержание этих минералов переменное, в середине прожилков обычно преобладает кальцит. Акцессорные минералы: ильменит, рутил, алланит-(Ce), апатит-(CaOH), монацит-(Ce), анкилит-(Ce). В прожилках установлены новые минералы для Вишнёвых гор: перрьерит-(Ce), галгенбергит-(Ce), церфосфорхаттонит. Списки минералов Вишнёвых гор приведены в работах [1, 2].

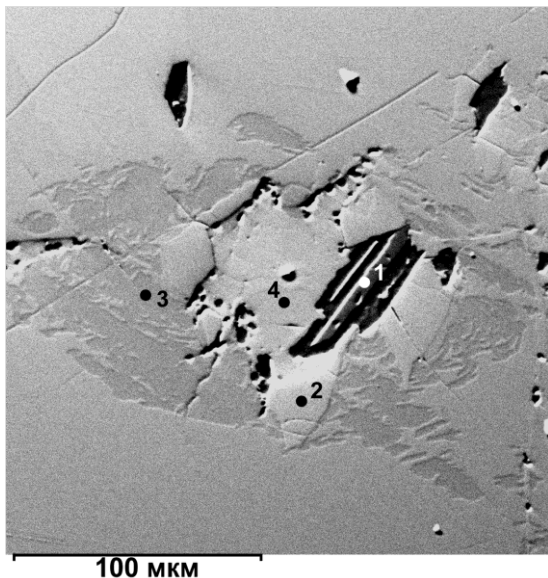


Рис. 1. Алланит-(Ce) (1) и анкилит-(Ce) (4) в пустотке перрьерита (2–3)

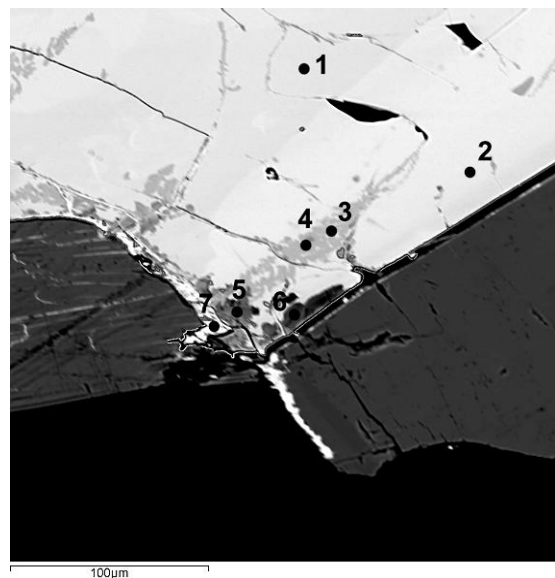


Рис. 2. Выделение галгенбергита-(Ce) (7) на границе с перрьеритом-(Ce) (1–6)

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миасс.

<sup>2</sup> Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс.

**Перрьерит-(Ce)**  $(Ce,La,Ca\dots)_4(Ti,Fe)_5Si_4O_{22}$  встречается в виде одиночных индивидов размером до 1,5 см и друзочек мелких кристаллов. Кристаллы хорошо образованы с гранями форм  $a \{100\}$ ,  $c \{001\}$ ,  $r \{110\}$ ,  $o \{111\}$ ,  $p \{111\}$ ,  $m \{110\}$ ,  $n \{310\}$ ,  $s \{312\}$ ,  $x \{302\}$ . Цвет смолянисто-чёрный, просвечивает в краях тёмно-красным цветом. Минерал метамиктный. Рентгенограмма минерала, прокалённого в аргоне при температуре выше 650 °С, соответствует рентгенограмме перрьерита (табл. 1). Химический состав приведён в таблице 2, анализы 1–2.

Таблица 1

Дифрактограмма перрьерита из Вишнёвых гор

hkl	1		2		hkl	1		2	
	d, Å	I, %	d, Å	I, %		d, Å	I, %	d, Å	I, %
100	11.788	9			022,	2.505	24	2.50453	16.8
001	10.823	7	10.75756	13.4	-222	2.459	6		
002	5.405	15	5.37878	18.3		2.411	3		
110	5.17	23	5.15761	26.1		2.333	4		
	5.007	12				2.279	3		
	4.39	8			-405	2.243	13		
11-2, -112	4.084	24	4.07403	25.5	-601, 0 23	2.223	11		
	3.858	7			42-1	2.172	37	2.1732	25.7
003	3.592	24	3.58585	12.4	-422			2.16247	12.7
31-1, -311	3.556	29	3.54887	29	-311	2.157	27	2.15495	11.8
112	3.452	21	3.44899	20.7	313	2.132	14		
	3.384	9				2.1	6		
	3.343	11				2.072	8		
	3.204	11			024	1.949	46	1.94952	30.7
400	3.132	16	3.13026	20.1		1.838	9		
40-3	3.043	28	3.03758	26.3	-225	1.808	9		
31-3	2.98	100	2.97739	88.9		1.79	14		
311	2.949	92	2.94725	100	-623	1.752	14		
020	2.829	47	2.83005	39.7		1.727	11		
	2.766	8			33-3	1.693	8	1.66087	12.1
401	2.734	15			331	1.657	21	1.65558	11.8
004	2.691	48	2.68939	39.7	-805	1.607	9		
404	2.625	9			-426	1.592	14		
	2.566		9		-716	1.572	12		

*Примечание.* 1 – перрьерит-(Ce) из Вишнёвых гор (дифрактометр ДРОН-2.0, Си-излучение с монохроматором, аналитик Т.М. Рябухина; ИМин УрО РАН); 2 – [http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/s\\_carta.php?PERRIERITE-\(La\)+8545](http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/s_carta.php?PERRIERITE-(La)+8545) Перрьерит-(La) (PERRIERITE-(La)).

**Алланит-(Ce)**  $CaCeAl_2Fe(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$  отмечается в виде зёрен микронного размера во включениях в перрьерите совместно с анкилитом (рис. 1). Химический состав приведён в таблице 2, анализ 3.

**Церфосфорхаттонит**  $(Ce,LREE)Th[PO_4]SiO_4$  выделения неправильной формы размером до 5 мкм. Диагностирован на основе химического анализа (табл. 3, анализ 2).

**Апатит-(CaOH)**  $Ca_5(PO_4)_3(OH)$  наблюдаются в виде кристаллов с гексагональным сечением размером до 2 мм в пороодообразующем агрегате. Для его состава характерно присутствие резкоземельных элементов (см. табл. 3, анализ 1). Название минерала дано по [3].

Таблица 2

Химический состав минералов из Вишнёвых гор (мас. %)

	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	20.12	19.76	29.51	0.13
TiO <sub>2</sub>	17.51	17.24	1.13	47.63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.24	1.86	11.08	–
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.77	9.0687	17.18	–
FeO	–	–	–	44.39
MnO	0.8	0.55	0.65	4.8
MgO	0.51	–	0.88	–
CaO	3.81	3.11	9.21	–
BaO	0.94	–	–	–
SrO	1.12	1.8	–	–
ZrO <sub>2</sub>	–	0.43	–	–
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	0.45	–	0.56
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.21	0.04	–	–
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15	15.75	9.34	0.59
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.2	20.94	12.16	–
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.36	1.5	1.02	–
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.64	4.08	2.82	–
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.45	–	–	–
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	0.88	0.32	1.56
Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.48	–	0.33	–
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.62	–	0.85	0.44
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.63	–	–	–
ThO <sub>2</sub>	0.56	1.37	0.74	–
UO <sub>3</sub>	0.3	–	–	–
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.86	0.78	–	–
Сумма	100.13	99.61	97.22	100.1
<b>Коэффициенты формул</b>				
Si	4.00	4.03	3.03	–
Ti	2.62	2.64	0.09	0.91
Al	0.52	0.45	1.34	–
Fe	1.31	1.39	1.33	0.95
Mn	0.13	0.09	0.06	0.10
Mg	0.15	0.00	0.13	–
Ca	0.81	0.68	1.01	–
Ba	0.07	–	–	–
Sr	0.13	0.21	–	–
Zr	–	0.04	–	–
Nb	–	0.04	–	0.01
Sc	0.04	0.01	–	–
La	1.10	1.18	0.35	0.01
Ce	1.40	1.56	0.46	–
Pr	0.10	0.11	0.04	–
Nd	0.33	0.30	0.10	–
Sm	0.03	–	–	–
Dy	–	0.06	0.01	0.01
Ho	0.03	–	0.01	–
Er	0.04	–	0.03	–
Yb	0.04	–	–	–
Th	0.03	0.06	0.02	–
U <sub>3</sub>	0.01	–	–	–
V	0.11	0.11	–	–
Количество катионов в формулах	13	13	8	2

*Примечание.* 1–2 – перрьерит, 3 – алланит-(Ce), 4 – ильменит. Знак «–» – не установлено. Аналитик В.А. Муфтахов.

Таблица 3

Химический состав редкоземельных фосфатов  
и карбонатов Вишнёвых гор (мас. %)

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	–	7.45	0.76	–	–
TiO <sub>2</sub>	–	1.33	–	0.08	–
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	–	0.22	–
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	–	0.14	–
FeO	–	0.91	0.18	–	0.44
MnO	0.12	0.16	0.13	–	0.87
MgO	–	–	–	–	0.45
CaO	51.55	0.54	8.08	1.51	52.54
BaO	–	–	2.0	–	–
SrO	1.84	2.7	1.7	17.87	1.73
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	0.23	0.16	–	0.47
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	0.7	0.34	0.33
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.63	15.59	21.82	17.99	–
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.39	22.13	24.05	23.67	–
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.37	2.34	2.63	2.15	–
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.51	4.59	5.7	4.98	–
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	0.68	–	–
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	0.45	0.58	–
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	0.07	0.51	–
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	–	0.35	–
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	0.43	–	–
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	–	0.27	–
ThO <sub>2</sub>	0.38	24.96	–	0.23	–
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	42.41	13.45	–	–	–
SO <sub>3</sub>	0.29	–	–	–	–
Сумма	99.49	96.38	69.54	70.89	56.83
<b>Коэффициенты формул</b>					
Si	–	0.66	0.07	–	–
Ti	–	0.09	–	0.03	–
Al	–	–	–	0.13	–
Fe	–	0.07	0.01	0.05	0.01
Mn	–	0.01	0.01	–	0.01
Mg	–	–	–	–	0.01
Ca	4.49	0.05	0.80	0.78	0.94
Ba	–	–	0.07	–	–
Sr	0.08	0.14	0.09	5.00	0.02
Sc	–	0.02	0.01	–	0.01
Y	–	–	0.03	0.09	–
La	–	0.51	0.74	3.20	–
Ce	0.02	0.72	0.81	4.18	–
Pr	–	0.08	0.09	0.38	–
Nd	0.02	0.15	0.19	0.86	–
Sm	–	–	0.02	–	–
Gd	0.01	–	0.01	0.09	–
Tb	–	–	–	0.08	–
Dy	–	–	–	0.05	–
Er	–	–	0.01	0.00	–
Yb	0.01	–	–	0.04	–
Th	–	0.50	–	0.03	–
P	2.97	1.01	–	–	–
S	0.03	–	–	–	–
Количество катионов в формулах	3	4	3	15	1

*Примечание.* 1 – апатит-(СаОН), 2 – церфосфорхаттонит, 3 – галгенбергит-(Се), 4 – анкилит-(Се), кальцит. Аналитик В.А. Муфтахов.

**Галгенбергит-(Ce)**  $\text{CaCe}_2(\text{CO}_3)_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , наблюдается в виде тонких микронных плёнок на кристаллах перрьерита (рис. 2). Диагностирован по химическому составу (см. табл. 3 анализ 3).

**Анкилит-(Ce)**  $\text{SrCe}(\text{CO}_3)_2(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Округлые зёрна светло-жёлтого цвета размером до 1 мм в карбонатной массе и микронные включения в перрьерите (см. рис. 1). Химический состав отличается от стехиометрического. Кроме анализа № 4 в таблице 3 получено ещё 4 анализа, практически идентичные приведённому. Эти анализы больше соответствуют не утверждённому минералу амбатаариниту  $\text{Sr}(\text{Ce},\text{La})_2\text{CO}_3$ .

**Кальцит**  $\text{CaCO}_3$ . Большая часть минерала имеет простой, практически стехиометрический состав:  $\text{CaO}$  50,78 мас. %. Кроме того встречаются кальциты с Fe, Mn, Mg, Ba, Sr, Sc (см. табл. 3 анализ 5).

**Ильменит**  $\text{FeTiO}_3$  и **рутил**  $\text{TiO}_2$  отмечаются в виде тонких включений в перрьерите. По-видимому, эти минералы являются продуктами распада перрьерита. В минералах обычна примесь Mn, Nb, La и др. (см. табл. 2, анализ 4).

#### Библиографический список

1. Кобяшев, Ю.С. Минералы Вишневых и Потаниных гор / Ю.С. Кобяшев, Е.П. Макагонов, С.Н. Никандров. – Миасс: Изд-во ИГЗ, 1998. – 79 с.
2. Попова, В.И. Карбонаты Вишнёвогорского Zr-Nb-месторождения (Южный Урал) / В.И. Попова, В.А. Попов, С.Н. Никандров, Е.И. Чурин, И.А. Блинов, П.В. Хворов // Минералогия. – 2015. – № 4. – С. 91–102.
3. Pasero, M. Nomenclature of the apatite supergroup minerals / M. Pasero, A.R. Kampf, R. Ferraris, I.V. Pekov, J. Rakovan, T.J. White // Eur. J. Mineral. – 2010. – № 22. – Pp. 163–179.

[К содержанию](#)