

В. А. Попов, Л. А. Паутов, В. И. Попова

**ПОЛЯКОВИТ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ:
РЕЗУЛЬТАТЫ ДОИЗУЧЕНИЯ ХРОМОВО-МАГНИЕВОГО
ЧЕВКИНИТА**

V. A. Popov, L. A. Pautov, V. I. Popova

**POLYAKOVITE — A NEW MINERAL: RESEARCH
OF CHROMOMAGNESIOCHEVKINITE**

The mineral has been found in 1976 within carbonatite vein in Ilmen Mts. (South Ural). It forms separate euhedral crystals (0.5—3 cm in size). Associated minerals: calcite, dolomite, fluorrichterite, phlogopite, forsterite, clinohumite, chromite, monazite-(Ce), chromian davidite-(Ce), and other. The mineral has black colour and resined lustre. All the physical properties, optic parameters, X-ray powder data and chemical composition are presented in the paper.

Хромово-магниевого аналога чевкинита с высоким содержанием редких земель с преобладанием церия был найден В. Ф. Ждановым в 1976 году в отвалах копи 97 Ильменского заповедника. Минерал изучался В. О. Поляковым, В. Ф. Ждановым и Л. Ф. Баженовой [1], но вследствие ненадежных рентгенометрических данных не был утвержден КНМ ММА, хотя и поддержан большинством голосов. Предпринятое нами доизучение (после кончины В. О. Полякова с использованием некоторых его данных) позволяет говорить о новом минеральном виде, названном поляковитом [polyakovite] в память о Владиславе Олеговиче Полякове (1950—1993 гг.), который неоднократно инициировал изучение этого минерала и описал 43 новых для Ильменского заповедника минерала.

Копь 97 была заложена горным инженером И. И. Редикорцевым в 1836 году «на бурый сфен». Копь находится в 5 км юго-восточнее центра города Миасса, на восточном краю Северо-Ильменского болота (55°01' с. ш. и 60°11' в. д.) и вскрывает контакт фенитов с гипербазитами (рис. 1, а, б). Новый пересмотр материалов по копии 97 и ее отвалов позволил установить здесь необычную карбонатитовую минерализацию с хромсодержащими минералами — хромитом, хромовым давидитом-(Ce), хромовым аналогом чевкинита — поляковитом, а также с форстеритом, тетраферрифлогопитом, фторрихтеритом, клиногумитом, монаци-

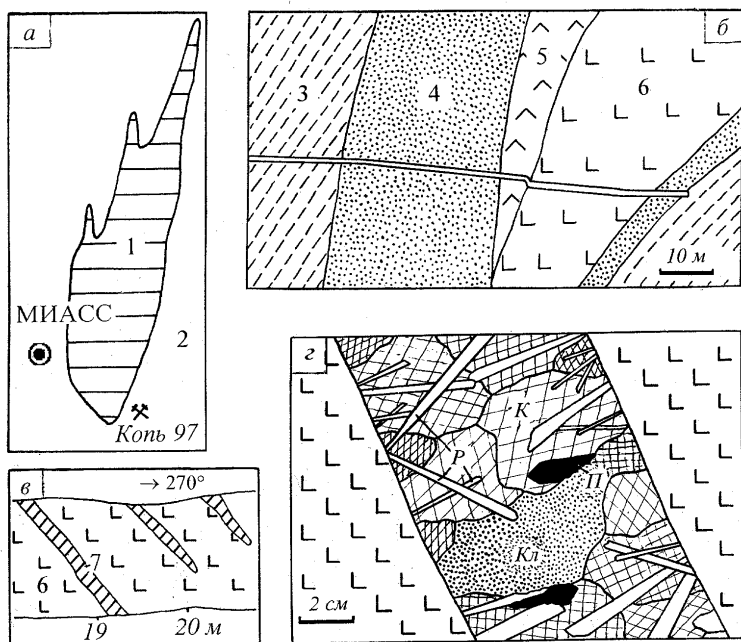


Рис. 1. Геологическая схема участка с проявлением поляковита.

а — местоположение копи 97 (1 — Ильменогорский миаскитовый массив, 2 — метаморфические породы); б — геологическая схема района копи 97 (3 — гранито-гнейсы, 4 — фениты, 5 — амфиболиты, 6 — гипербазиты); в — расположение карбонатитовых жил в южной стенке копи 97 (6 — гипербазиты, 7 — карбонатиты); г — схема строения жилы с поляковитом (П — поляковит, Кл — клиногумит, К — кальцит, Р — фторрихтерит; прочие минералы не показаны)

том-(Се), бастнезитом, фергусонитом-(Се), эшинитом-(Се) и ортитом в кальцит-доломитовых карбонатитах среди флогопит-оливиновых гипербазитов [4]. Субмеридиональные жилы карбонатитов мощностью до 10 см, преимущественно аз. пад. $290^{\circ}\angle 55^{\circ}$ (рис. 1, в), сложены крупнозернистым агрегатом карбонатов, клиногумита, фторрихтерита и поляковита, другие минералы обычно мелкие. Контакты жил резкие, иногда среди минералов наблюдается геометрический отбор, направленный к центру жил (рис. 1, г). Величина зерен поляковита достигает 0.5—3 см.

Некоторые индивиды поляковита имеют фрагментарное ограничение. Гониометрические измерения, проведенные В. О. Поляковым, суммированы в виде идеализированного моноклинного кристалла (рис. 2) с формами: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $t\{201\}$, $k\{201\}$,

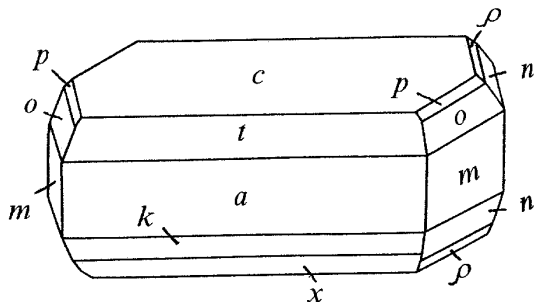


Рис. 2. Идеализированный кристалл поляковита.

$m\{110\}$, $o\{111\}$, $n\{111\}$, $p\{112\}$, $r\{112\}$, $x\{302\}$. Эти формы практически идентичны формам чевкинита. Геометрические константы поляковита: $a : b : c = 2.320 : 1 : 1.922$, измеренный угол $\beta \approx 100^\circ$. Симметрия кристаллов $2/m$ (L_2PC).

Поляковит имеет черный цвет, в тонких осколках коричневый, в порошке светло-коричневый, блеск смоляной, излом раковинистый. Твердость 6 (по Моосу), микротвердость по методу вдавливания 775—987 кг/мм² (измерена Л. А. Паутовым на ПМТ-3 при нагрузке на алмазную пирамидку 200 г, прибор тарирован по NaCl); характерны отпечатки пирамидки с вогнутыми сторонами из-за метамиктности минерала. Плотность 4.75(7) г/см³ (измерена пикнометрическим и объемометрическим методами); для разных образцов она варьирует в указанных пределах. В иммерсии изотропен, n 1.93(1). В отраженном свете однороден, серого цвета, изотропен, отражение низкое (табл. 1). После прокаливания в

Таблица 1

Отражательная способность поляковита

λ (нм)	R %	λ (нм)	R %
420	10.9	560	10.9
440	11.3	580	10.8
460	11.3	600	10.6
480	11.1	620	10.5
500	10.9	640	10.5
520	10.9	660	10.2
540	10.9	680	10.2

Примечание. Отражение измерено в воздухе на установке, собранной на основе ПООС-1. Эталон — кремний. Аналитик Л. А. Паутов.

Таблица 2

Рентгеновские порошковые данные для поляковита и чевкинита

Поляковит (прокаленный при 1000°С 3 часа)			Чевкинит JCPDS 20-265		
<i>I</i>	<i>d</i> изм.	<i>d</i> расч.	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>
28	10.90	10.897	001		
40	5.44	5.449	002	30	5.43
25	4.85	4.855	-111	40	4.89
25	4.59	4.592	111	30	4.61
35	3.62	3.632	003	20	3.62
32	3.48	3.484	-310, 310	50	3.48
50	3.18	3.190	311	80	3.18
40	3.15	3.145	-312	75	3.16
28	3.08	3.079	-402	30	3.09
22	3.01	3.013	401	30	3.00
15	2.971	2.966	203		
				6	2.904
10	2.881	2.890	113	60	2.871
40	2.849	2.851	020		
30	2.752	2.758	021	50	2.753
100	2.715	2.714	-313	100	2.720
8	2.619	2.617	220, -220	10	2.611
15	2.522	2.526	022	20	2.532
				10	2.436
				10	2.342
15	2.237	2.238	-601	20	2.241
45	2.160	2.158	420, -420	40	2.174
6	2.087	2.086	601	6	2.101
6	2.067	2.065	-115		
28	1.962	1.963	115	50	1.971
20	1.793	1.792	-132	20	1.798
18	1.739	1.740	315	6	1.742
15	1.730	1.731	025		
12	1.678	1.679	116	10	1.708
10	1.619	1.619	225		
$a = 13.424(3), b = 5.701(1),$ $c = 11.077(3) \text{ \AA};$ $\beta = 100.33(2)^\circ; V = 833.9(5) \text{ \AA}^3$			$a = 13.30, b = 5.73,$ $c = 11.07; \beta = 100.9^\circ$		

Примечание. Условия съемки поляковита: дифрактометр ДРОН-2.0, Fe — анод, графитовый монохроматор, скорость счетчика 0.5 град/мин, внутренний стандарт — кварц. Аналитик Л. А. Паутов.

течение 3 часов при 1000 °С минерал становится анизотропным с плеохроизмом от темно-коричневого (Ng) до коричневого (Np); n_g 1.95, n_p 1.94.

На термограмме поляковита проявлен экзотермический эффект при 830 °С (рекалесценция). Прокаливание на воздухе и в инертном газе (гелие) привело к одинаковой рентгенограмме, содержащей 28 отражений (табл. 2), близкой к рентгенограмме синтетического чевкинита JCPDS 20-265. Рентгенограмма поляковита проиндексирована нами в предположении пространственной группы C_{2h}^3-C2/m , как это указывалось ранее для чевкинита [6, 3; и др.]. Для синтетических нематамиктных аналогов чевкинита и перрьерита в результате монокристалльной съемки установлена пространственная группа $P2_1/a$ [10, 7], принятая и для природного марганцовистого чевкинита из Замбии [8]. Расчетные параметры ячейки поляковита: a 13.424(3); b 5.701(1); c 11.077(3); $\beta = 100.33^\circ$; $V = 833.9(5) \text{ \AA}^3$, $Z=2$; $a : b : c = 2.3546 : 1 : 1.9429$. Полученная нами рентгенограмма индексируется также и в пространственной группе $P2_1/a$.

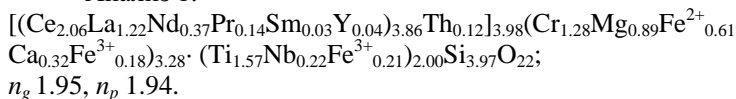
В аншлифе в отраженном свете поляковит однороден, включений не содержит. Электронномикроскопические наблюдения реплик со сколов, выполненные В. А. Котляровым на микроскопе ЭММА-2, не выявили других фаз. Картины распределения Ti, Mg, Cr (рис. 3) и других компонентов в рентгеновском характеристическом излучении также показывают однородность зерен поляковита. Таким образом, химический и микрозондовый анализы (табл. 3) характеризуют состав собственно поляковита, и результаты этих анализов довольно близки.

Расчетная плотность поляковита $5.10(1) \text{ г/см}^3$ (для анализа 1) и $5.22(2) \text{ г/см}^3$ (для анализа 2); измеренная плотность меньше (4.75 г/см^3), вероятно, за счет метамиктности природного минерала.

Г. Готтарди [9] предложил структурную формулу перрьерита как $A_4BC_2D_2O_8[Z_2O_7]_2$; для чевкинита $A = \text{REE (TR), Th, Ca}$; $B = \text{Fe}^{2+}, \text{Mg, Mn}$; $C = \text{Fe}^{3+}, \text{Al, Mg, Fe}^{2+}, \text{Ti}$; $D = \text{Ti}$, редко Mg, Fe^{2+} ; $Z = \text{Si, Al}$ [11]. В справочнике «Минералы» [3] принято написание формулы для группы перрьерита-чевкинита $A_4Me_3(\text{TiO}_4)_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$, в «Словаре минеральных видов» М. Флейшера [5] — $A_4B_2C_3Si_4O_{22}$. По-видимому, для метамиктных минералов нет возможности точно установить структурную формулу, и ее можно принять лишь с некоторой вероятностью. В любом случае сумма катионов (без Si) равна 9.

Эмпирические формулы поляковита (рассчитанные на $O = 22$):

Анализ 1:



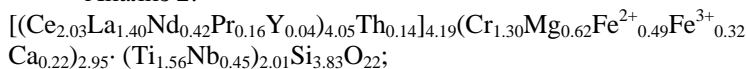
Состав поляковита (мас. %)

Компоненты	1	2	Среднее
SiO ₂	18.50	17.29	17.89
Al ₂ O ₃	-	0.03	0.02
TiO ₂	9.76	9.33	9.55
MgO	2.79	1.89	2.34
CaO	1.39	0.92	1.15
MnO	-	0.28	0.14
FeO	3.39	2.66*	3.03
Fe ₂ O ₃	2.41	1.90*	2.16
Y ₂ O ₃	0.39	0.35	0.37
La ₂ O ₃	15.44	17.29	16.36
Ce ₂ O ₃	26.16	25.16	25.66
Pr ₂ O ₃	1.77	1.95	1.86
Nd ₂ O ₃	4.77	5.37	5.07
Sm ₂ O ₃	0.34	0.05	0.20
Cr ₂ O ₃	7.55	7.39	7.47
ThO ₂	2.43	2.85	2.64
UO ₂	-	0.17	0.09
Nb ₂ O ₅	2.36	4.48	3.42
H ₂ O ⁺	-	0.14	0.07
Сумма	99.45	99.50	99.49

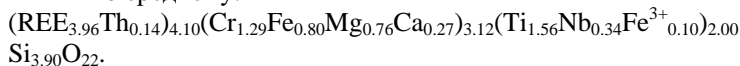
Примечание. 1 — химический анализ, аналитик Л. Ф. Баженова, ИГЗ; 2 — микрозонд Camebax-microbeam, аналитик И. М. Куликова, ИМГРЭ [стандарты: гранат, ильменит, ThO₂, UO₂, Y₂SiO₅, KLa(MoO₄)₂, LaCe(WO₄)₂, LiPr(WO₄)₂, LiNd(MoO₄)₂, LiSm(MoO₄)₂, LiNbO₃]. Вода определена методом Пенфильда из навески 286.35 мг с вольфрамом натрия в качестве плавня, аналитик Л. А. Паутов, ИГЗ.

* соотношение Fe²⁺/Fe³⁺ принято соответственно химическому анализу

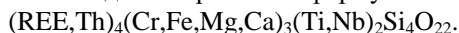
Анализ 2:



По среднему:



Идеализированная формула:



Физические характеристики, рентгенометрические данные и химический состав минерала достаточно согласованы, коэффициент Гладстона-Дэйла 1-Кр/Кс = -0.01.

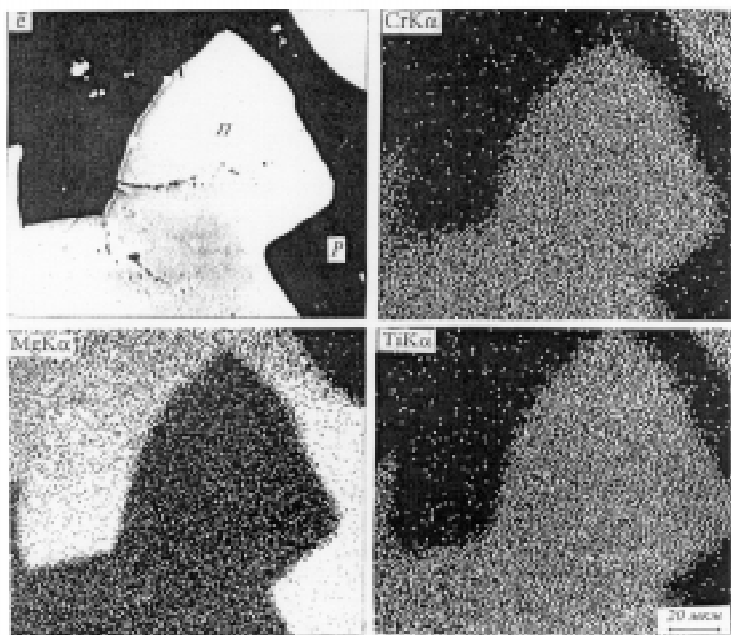


Рис. 3. Растровые картины сростка зерен поляковита (П) и фтор-зихтерита (Р) в отраженных электронах (-е) и в характеристическом излучении элементов.

Таким образом, в позиции В ведущим компонентом является хром, а в позиции А — церий, что позволяет говорить о новом минеральном виде — поляковите. Это пока единственный титаносиликат, содержащий Cr в качестве минералообразующего элемента; в нем также заметно более высокое содержание редких земель и магния по сравнению с классическими чевкинитами. Недавно М. Г. Копыловой с соавторами [2] найден Cr-чевкинит в виде включений до 0.08 мм в алмазах из кимберлитов Ривер Ранч (Африка), содержащий 11.54 мас. % Cr_2O_3 , 25—28 мас. % Ce_2O_3 , 2.38 мас. % SrO и мало кальция с эмпирической формулой $(\text{REE}, \text{Th}, \text{Sr})_{3.99}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})_{0.83}\text{Cr}_{1.95}(\text{Ti}_{1.44}\text{Nb}_{0.26}\text{Al}_{0.32})_{2.02}\text{Si}_{4.02}\text{O}_{22}\text{F}_{0.68}$; рентгенограмма его пока не приведена.

Образец поляковита хранится в Естественно-научном музее Ильменского государственного заповедника (г. Миасс).

Авторы благодарны И. В. Пекову и И. Муликовой за содействие в исследовании.

Литература

1. *Жданов В. Ф., Баженова Л. Ф., Поляков В. О.* Хромово-магнийевый аналог чевкинита // Новые и малоизученные минералы и минеральные ассоциации Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 110—111.

2. *Копылова М. Г., Рикард Р. С., Клейнштюбер А. и др.* Первая находка стронциевого К-Сг-лопарита и Сг-чевкинита в алмазах: [Докл.] 6 Международ. кимберлитов. конфер., Новосибирск, 30 июля—19 авг. 1995 // Геол. и геофиз. 1997. Т. 38. № 2. С. 382—397.

3. Минералы: Справочник. Т. III, вып. 1. М.: Наука. 1977. 882 с.

4. *Поляков В. О., Недосекова И. Л.* Минералогия апогипербазитовых фенитов и карбонатитов южной части Ильменских гор // Минералы месторождений и зон техногенеза рудных районов Урала. Свердловск: УрО АН СССР. 1990. С. 6—17.

5. *Флейшер М.* Словарь минеральных видов. Пер. с англ. М.: Мир. 1990. 204 с.

6. *Bonatti S.* Chevkinite, perrierite, and epidotes // Amer. Miner. 1959. Vol. 44. P. 115—137.

7. *Calvo C., Faggiani R.* A reinvestigation of the crystal structure of chevkinite and perrierite // Amer. miner. 1974. Vol. 59. P. 1277—1285.

8. *Čech F., Povondra P., Vrana S.* Crystal chemistry of a chevkinite from Zambia // Acta Universitatis Carolina. Geologica. 1988. № 2. P. 181—193.

9. *Gottardi G.* The crystal structure of perrierite // Amer. Miner. 1960. Vol. 45. P. 1—14.

10. JCPDS. Joint Committee on Powder Diffraction Standards. USA. Pennsylvania. 1986. Card 20—265.

11. *McDowell S. D.* Chevkinite from the Little Chuf Granite porphyry stock, California // Amer. Miner. 1979. Vol. 64. P. 721—727.