

УДК 551.21 + 549.4

МИНЕРАЛОГИЯ

Л.П. ВЕРГАСОВА, С.К. ФИЛАТОВ, Е.К. СЕРАФИМОВА, Т.Ф. СЕМЕНОВА

ПОНОМАРЕВИТ  $K_4Cu_4OCl_{10}$  — НОВЫЙ МИНЕРАЛ  
ИЗ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ВОЗГОНОВ\**(Представлено академиком В.И. Смирновым 14 III 1987)*

Минерал обнаружен в продуктах Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ), происшедшего на Камчатке в 1975–1976 гг. [1]. В эруптивный период деятельности встречался в виде тонкозернистых налетов кирпично-красного цвета на лавовых потоках Северного и Южного прорывов. В постэруптивный период вплоть до 1983 г. осаждался в значительных количествах в виде межзернового цемента, а также стекловатых корок толщиной 1–2 см от темно-красного до черного цвета в трещинах между первым и вторым шлаковыми конусами. В значительных количествах был распространен и в инкрустациях фумарол второго шлакового конуса в виде плотных желвачков (размером 0,1–0,3 см в диаметре) с микроотростками, а также в виде скелетоподобных форм и каплеобразных скоплений темно-красного цвета. Ассоциировал в основном с галитом, сильвином и теноритом, а в фумаролах второго шлакового конуса также с толбачитом, долерофанитом, пийпитом, халькокианитом и другими минералами. Температура поверхности отбора корок и тонкозернистых налетов соответствовала 280–320 °С, скелетоподобных, каплеобразных форм и желвачков — до 400 °С.

Пономаревит в очень тонких сколах прозрачен, красного цвета с золотистым оттенком. Цвет черты оранжево-красный. Микротвердость (ПМТ-3,  $P = 0,010$  кг,  $n = 8$ ) 97–66 кг/мм<sup>2</sup>,  $H_{ср} = 71$  кг/мм<sup>2</sup> (класс твердости 2,8), хрупкий. Спайность несовершенная, по данным кристаллооптических и рентгеновских исследований спайные выколки нередко уплощены по (001) и имеют неправильные контуры, реже они близки к прямоугольным за счет спайности по (110). На плоскости спайности блеск стеклянный, в агрегатах смоляной до жирного. В единичных случаях на желвачках и микроотростках проявляются слабо выраженные грани, не пригодные для проведения гониометрических исследований. Скол ограненной головки в форме пластины размером 0,20 × 0,15 × 0,05 мм<sup>3</sup> исследован под микроскопом. Пластинка имеет псевдогексагональный контур за счет развития граней пинакоида {010} и призмы {530} (рис. 1а, измеренный угол  $\delta$  равен 117,0°, вычисленный по параметрам ячейки 117,9°); наиболее развитой гранью головки является пинакоид {104}. Измеренный угол между ребром [001] и гранью (104) равен 67,5°, вычисленный по параметрам ячейки 67,2°.

Минерал неустойчив. На воздухе за несколько суток зерна становятся непрозрачными, цвет изменяется до травяно-зеленого. Продукты изменения представлены в основном митчерлихитом  $K_2CuCl_4 \cdot 2H_2O$ . Хорошо растворяется в холодной воде. В зернах, помещенных в кашлю воды, сразу исчезает красный цвет, который, по-видимому, придает минералу незначительная примесь  $FeCl_3$ . Присутствие железа в образце подтверждается химическим анализом. Исчезновение красного цвета зерен пономаревита сопровождается образованием микрочешуек гематита (подтверждено рентге-

\* Утвержден Международной комиссией по новым минералам и названиям минералов 28 XI 1986 г.

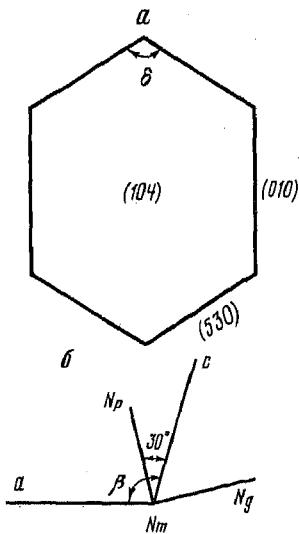


Рис. 1. Псевдогексагональный контур грани (104) за счет развития форм {010}, {530} (а) и оптическая ориентировка пономаревита (б)

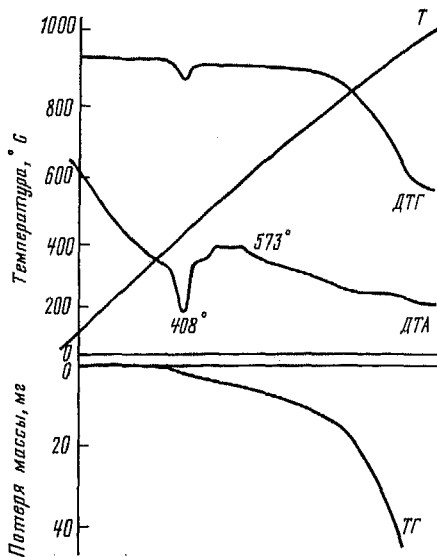


Рис. 2. Дериватограмма пономаревита. Чувствительность кривой ДТА  $\sim 1/5$ , ДТГ  $1/5$ , ТГ 300/100, навеска — смесь 100 мг пробы и 200 мг прокаленного кварца, тигель из кварцевого стекла

нографически). Растворение основной обесцвечившейся массы зерна происходит также быстро с образованием белой взвеси.

Двуосный, оптически отрицательный, не плеохроирует. Оптических дисперсий не проявляет.  $n_g = 1,720$ ,  $n_m = 1,718$ ,  $n_p = 1,686$  (все  $\pm 0,005$ ),  $n_g - n_p = 0,034$ ,  $2V_{изм} = 28 \pm 5^\circ$ . С осью симметрии совпадает  $N_m$ ,  $c : N_p = 30^\circ$  в тупом угле  $\beta$  (рис. 1б). Зерна минерала через несколько минут разлагались в иммерсионных жидкостях стандартного набора. Это не позволило работать методом вращающейся иглы. Показатели преломления  $n_g$  и  $n_m$  измерялись в разрезах, приближающихся к  $\perp$  О.О. По качественным признакам эти показатели различались, их значения оказались в интервале 1,710–1,720, но более точное измерение разности  $n_g - n_m$  не представлялось возможным. Эта разность, вычисленная по значениям  $n_p$ ,  $2V$  и  $n_g = 1,720$ , оказалась равной 0,002.

Результаты количественного химического анализа (мас.%):  $Na_2O$  2,76;  $K_2O$  20,60;  $CuO$  38,02;  $ZnO$  0,31;  $PbO$  0,03;  $Cl$  42,50;  $F$  0,03;  $SO_3$  1,25;  $H_2O^-$  0,62;  $H_2O^+$  0,37; н.о. 3,30;  $-O=Cl_2 + F_2$  9,60. Сумма 100,19\*.  $+\Sigma K$  1,49,  $-\Sigma A$  1,23. Методы анализа: пламенная фотометрия —  $K$ ,  $Na$ ; атомная абсорбция —  $Cu$ ,  $Pb$ ,  $Zn$ ; объемно-весовой —  $Cu^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ; фтор определяли с помощью фторселективного электрода. При расчете формулы минерала из результатов химического анализа были вычтены 3,29 мас.% митчерлихита (по содержанию конституционной воды), который мог образоваться в процессе подготовки пробы к анализу; 2,22 мас.% тенардита  $Na_2SO_4$  (по наличию  $SO_3$ ), присутствие которого в пробе подтверждено рентгенографически; 3,30 мас.% нерастворимого остатка и 0,62 мас.% адсорбированной воды. Дефицит анионов по отношению к катионам, а также поведение минерала при растворении в воде, свидетельствуют о наличии в пономаревите, кроме хлора, дополнитель-

\* В реферате, прошедшем через Комиссию по новым минералам, из анализа вычтены примесные фазы и полученная таким образом сумма принята за 100%.

Таблица 1

Дебаеграмма пономаревита

$I/I_1$	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{выч}, \text{Å}$	$hkl$	$I/I_1$	$d_{изм}, \text{Å}$	$d_{выч}, \text{Å}$	$hkl$
55	7,41	7,73	020	30	2,921	2,919	42 $\bar{2}$
80	7,31	7,31	11 $\bar{1}$	100	2,801	2,803	421
50	7,14	7,12	200			2,802	15 $\bar{1}$
70	6,074	6,077	111			2,797	312
3	5,625	5,630	021	80	2,787	2,782	24 $\bar{2}$
45	5,142	5,140	220	45	2,735	2,735	22 $\bar{3}$
25	4,828	4,826	22 $\bar{1}$	15	2,717	2,714	151
2	4,691	4,679	130	4	2,675	2,674	51 $\bar{2}$
10	4,590	примесь		45	2,598	2,598	44 $\bar{1}$
15	4,473	4,479	31 $\bar{1}$	45	2,569	2,570	440
50	4,268	4,270	11 $\bar{2}$	4	2,456	2,548	13 $\bar{3}$
50	4,094	4,094	221	25	2,522	2,526	53 $\bar{1}$
15	3,976	3,975	131			2,519	350
30	3,737	3,738	112	65	2,470	2,473	15 $\bar{2}$
		3,731	022			2,469	332
60	3,654	3,655	22 $\bar{2}$			2,468	530
		3,653	311	55	2,440	2,441	42 $\bar{3}$
50	3,587	3,589	31 $\bar{2}$			2,436	33 $\bar{3}$
20	3,559	3,558	400	15	2,414	2,413	44 $\bar{2}$
50	3,413	3,412	041	40	2,317	2,318	51 $\bar{3}$
		3,408	33 $\bar{1}$			2,317	35 $\bar{2}$
30	3,316	3,314	13 $\bar{2}$	60	2,306	2,308	26 $\bar{1}$
5	3,259	3,265	42 $\bar{1}$			2,306	24 $\bar{3}$
60	3,048	3,046	132	10	2,231	2,229	20 $\bar{4}$
30	2,998	2,999	331	15	2,157	2,157	004
40	2,962	2,964	33 $\bar{2}$	15	2,133	2,135	22 $\bar{4}$
		2,962	241			2,133	26 $\bar{2}$

ного аниона, например, кислорода, как это имеет место в меланоталлите  $\text{Cu}_2\text{OCl}_2$  [2] и пийпите  $\text{K}_2\text{Cu}_2\text{O}(\text{SO}_4)_2$  [3]. Расчетное содержание кислорода 2,07 мас.%. Эмпирическая формула минерала  $(\text{K}_{3,53}\text{Na}_{0,49})\Sigma 4,02(\text{Cu}_{3,97}\text{Zn}_{0,03})\Sigma 4,00\text{O}_{1,10}\text{Cl}_{1,82}$  (расчет по  $\text{Cu} + \text{Zn} = 4$ ) близка к идеальной формуле  $\text{K}_4\text{Cu}_4\text{OCl}_{10}$ , согласно которой  $\text{K} 20,02$ ,  $\text{Cu} 32,54$ ,  $\text{O} 2,05$ ,  $\text{Cl} 45,39$ , сумма 100 мас.%.

Рентгенографическое исследование монокристаллов пономаревита в камере РГНС-2 показало принадлежность минерала к моноклинной сингонии. Дифракционная группа  $C - /c$ , возможные пространственные группы  $C2/c$  и  $Cc$ ,  $Z = 4$ . Структура минерала определена с использованием автоматического монокристалльного дифрактометра  $\text{P} 2_1$  ( $R = 0,038$ ), подтверждена пространственная группа  $C2/c$ . Исследование порошков проводилось на дифрактометре ДРОН-2,  $\text{CuK}\alpha$ -излучение, с германием в качестве внутреннего эталона. Дебаеграмма (табл. 1) проиндицирована с использованием данных об интенсивностях рефлексов и параметров ячейки, измеренных на монокристалле. Непроиндицированная линия с  $d = 4,59 \text{ Å}$  отнесена к микропримеси тенардита (4,66 Å). Уточненные по дебаеграмме значения параметров ячейки:  $a = 14,73(2)$ ,  $b = 14,86(1)$ ,  $c = 8,93(1) \text{ Å}$ ,  $\beta = 104,9(1)^\circ$ ,  $V = 1889(5) \text{ Å}^3$ .

По данным терморентгенографии минерал устойчив при нагревании на воздухе

до температуры 250 °С, при которой начинается его распад с образованием главным образом тенорита и сильвина. Распад завершается при 375 ± 25 °С.

Исследование на дериватографе "Ogion" выполнено с кварцем в качестве разбавителя,  $\alpha$  -  $\beta$ -превращению которого соответствует пик при 573 °С (рис. 2). Эндоеффект при 408 °С для корок и 406 °С для зерен характеризует разрушение минерала. С момента разрушения до максимальной температуры исследования (1000 °С) идет непрерывная потеря массы за счет выделения хлора.

Плотность, вычисленная в соответствии с реальной химической формулой, равна 2,72 г/см<sup>3</sup>, измеренная методом уравнивания зерен минерала в жидкости (йодистый метилен + толуол) с помощью весов Вестфала 2,78(1) г/см<sup>3</sup>.

Минерал назван пономаревитом (ponomarevite) в честь вулканолога В.В. Пономарева (1940–1976 гг.), который был одним из первых исследователей возгонов БТТИ [4].

Благодарим Г.А. Ильинского за помощь в определении микротвердости минерала.

Институт вулканологии  
Дальневосточного отделения  
Академии наук СССР, Петропавловск-Камчатский.  
Ленинградский государственный университет

Поступило  
1 IV 1987

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Большое трещинное Толбачинское извержение / Под ред. С.А. Федотова. М.: Наука, 1984. 638 с.
2. Вергасова Л.П., Филатов С.К. – Зап. ВМО, 1982, т. 3, вып. 5, с. 562–565.
3. Вергасова Л.П., Филатов С.К., Серафимова Е.К., Старова Г.Л. – ДАН, 1984, т. 275, № 3, с. 714–717.
4. Серафимова Е.К., Пономарев В.В., Игнатович Ю.А., Перетолчина Н.А. – Бюл. вулканол. станций, 1979, № 56, с. 162–177.

УДК 549 + 669.2 + 553.311(470.5)

МИНЕРАЛОГИЯ

В.В. МУРЗИН, В.П. МОЛОШАГ, Ю.А. ВОЛЧЕНКО

### ПАРАГЕНЕЗИС МИНЕРАЛОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В МЕДНО-ЖЕЛЕЗО-ВАНАДИЕВЫХ РУДАХ ВОЛКОВСКОГО ТИПА НА УРАЛЕ

(Представлено академиком В.И. Смирновым 14 III 1987)

В пределах платиноносного пояса Урала, фиксирующего согласно последним представлениями зону каледонской стабилизации с обстановкой, приближенной к платформенной [1, 2], издавна известны проявления вкрапленного медносульфидно-титаномагнетит-апатитового оруденения в массивах дифференцированных габброидов (габбро пироксеновые, оливинсодержащие и биотитсодержащие, диориты, габбро-диориты и др.). Основные рудные минералы представлены ассоциирующими борнитом, халькопиритом, титаномагнетитом и апатитом, присутствующими преимущественно в такситовых разностях габброидов в виде вкрапленников в различных количественных соотношениях.

В качестве примесей в борнит-халькопиритовых рудах давно установлены золото, серебро, палладий, теллур и другие элементы [3], однако их минеральные формы до настоящего времени оставались неизвестными. Характерная черта благороднометалльной специализации руд – резкое преобладание золота и палладия над