

на сульфидных включениях являются результатом динамического воздействия растущих кристаллов алмаза-«хозяина».

Сравнение минералогии сульфидов из алмазов, из ксенолитов ультраосновных пород и эклогитов (Вахрушев, Соболев, 1971), а также сульфидных включений в оливине из кимберлитов (Боткунов и др., 1979) показывает их однотипность, что свидетельствует об едином происхождении этих сульфидов.

Литература

- Бердическая Г. Б., Лаврентьев Ю. Г., Чернявский Л. И. (1977). Нахождение концентрации элементов при количественном рентгеноспектральном микроанализе минералов. Геол. и геофиз., № 3.
- Боткунов А. И., Гарагин В. К., Готовцев В. В., Кудрявцева Г. П. (1979). Сульфидные включения в оливине из кимберлитовой трубки «Удачная». ДАН СССР, т. 147, № 4.
- Вахрушев В. А., Соболев Н. В. (1971). Сульфидные образования в глубинных ксенолитах из кимберлитовых трубок Якутии. Геол. и геофиз., № 11.
- Пономаренко А. И. (1979). Включения силикатов, окислов и сульфидов в цирконе из кимберлитовой трубки «Мир» (Якутия). ДАН СССР, т. 249, № 6.
- Рамдор П. (1962). Рудные минералы и их сростания. ИЛ.
- Craig J. R., Kullerud G. (1969). Phase Relationships in Cu—Ni—S system and their application to magmatic ore deposits. Econ. Geol. Mon., v. 4.
- Desborough G. A., Czamenske G. K. (1975). Sulfides in eclogite nodules from a kimberlite pipe, south Africa, with comments on violarite stoichiometry. Amer. Miner., v. 58, N 3—4.
- Gubelin E. G. (1974). Black Inclusions in Diamonds. Z. deutsch. gemmol. Ges., Bd 23, N. 2.
- Harris J. W. (1972). Black material on mineral inclusions and in internal fracture planes in diamond. Contr. Miner. Petrol., v. 35, N 1.
- Harris J. W., Gurney J. J. (1979). A study of the mineralogy and chemistry of sulphide inclusions in diamonds. Kimb. Symposium II, Cambridge.
- Sharp W. E. (1966). Pyrrhotite: a common inclusion in south african diamonds. Nature, v. 211, N 5047.

Институт геологии ЯФ СО АН СССР
Якутск.

Поступила в редакцию
2 октября 1981 г.

УДК 549.472.232.02

Д. члены Л. П. ВЕРГАСОВА, С. К. ФИЛАТОВ

ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА И КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЛАНОТАЛЛИТА, Cu_2OCl_2

Знание химического состава вулканических возгонов дает возможность в некоторой степени судить о легколетучих компонентах в магме. В 1870 г. А. Скакки (Scacchi, 1870, с. 86) среди минералов возгонов вулкана Везувий впервые описал черные чешуйки минерала, находившегося в ассоциации с эриохальцитом ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), халькокианитом (CuSO_4), эвхлорином (Na, K, Cu-основным сульфатом) и долерофанитом (Cu_2OSO_4). Минерал оказался неустойчивым, менял свой черный цвет на зеленый и потому был назван меланоталлитом (melanotallo — черно-зеленый). В 1884 г. Е. Скакки (Scacchi, 1884, с. 158) привел предполагаемую формулу минерала CuClOH , а Ф. Замбонини (Zambonini, 1910, 1935) подверг ее сомнению и предложил формулу CuCl_2 . Однако до последнего времени химизм меланоталлита оставался окончательно не выясненным, а минерал — сомнительным (Дэна и др., 1953; Набоко, 1959; Штрунц, 1962; Минералы, 1963).

В 1975—1976 гг. на Камчатке произошло Большое трещинное Толбачинское извержение — БТТИ (Федотов и др., 1977, 1978). В продуктах

фумарол ранней постэруптивной деятельности второго шлакового конуса (Северный прорыв), образовавшегося в результате этого извержения, были обнаружены черные чешуйки (Вергасова, Филатов, 1980), сходные с чешуйками, описанными А. Скакки как меланоталлит. Чешуйки находились в тесной ассоциации с теноритом и войлокоподобным минералом CuCl_2 золотисто-бурого цвета. Из других минералов меди здесь были встречены эвхлорин, долерофанит, халькокианит, т. е. те же минералы, о которых упоминают в своих описаниях А. Скакки и Ф. Замбонини. В разрезах инкрустаций фумарол меланоталлит образует скопления плохо образованных кристаллов либо чешуек; тончайшие (до 1—2 мм) блестящие в свежем изломе прослой смоляно-черного цвета, а также наросты в виде концентрически-зональных сосулков матово-черного цвета субмикроструктурной структуры. Температура поверхности отбора первичного меланоталлита соответствует 360—370 °С.

По форме выделений частично ограненных кристаллов и по цвету меланоталлит БТТИ похож на тенорит. Облик кристаллов, так же как и у тенорита, пластинчатый, чуть удлиненный. Ребра притуплены узкими гранями, которые одними из первых в силу неустойчивости меланоталлита на воздухе исчезают (оплывают). Отсюда характерная чешуйчатая форма индивидов, напоминающая уплощенную чечевицу. Максимальный размер чешуек $1 \times 0.5 \times 0.1$ см. Цвет монокристаллов черный, иссиня-черный, с сильным стекляннным блеском. В тончайших сколах меланоталлит, как и тенорит, просвечивает густым коричневато-бурым цветом. Минерал хрупок. Спайные обломки имеют форму ромба, либо параллелограмма с неровными краями и острым углом в 75° . Из этого следует вывод о наличии в минерале спайностей: параллельно удлинению и под углом 75° к нему (по-видимому, по призме). Спайности совершенны и перпендикулярны уплощению. Минерал неустойчив химически. Тому свидетельство — вторичное зеленое окрашивание, которое в комнатных условиях появляется сначала по краям и в наиболее тонких местах, а спустя два-три дня кристаллы полностью становятся зелеными предположительно в результате гидратации; блеск при этом становится жирным до матового. В процессе такого изменения тонкие чешуйки изгибаются. Меланоталлит частично растворяется в воде и полностью в разбавленных кислотах (HCl , HNO_3 1 : 20) при подогреве. Реагирует с иммерсионными средами.

Рентгенографическое исследование минерала осуществлено на дифрактометре ДРОН-2 в $\text{Cu}_K\alpha$ излучении на воздухе в течение 1—2 ч при скоростях движения счетчика 2 град/мин диаграммной ленты — 2400 мм/ч на шкалах 400, 200 и 100 имп/с с отметкой через $2\theta = 0.1^\circ$ с германием в качестве внутреннего эталона. Проведена также отдельная съемка без эталона. Результаты измерений представлены в табл. 1. Параметры элементарной ячейки вычислялись методом наименьших квадратов по программе PARAM комплекса X-RAY-72. По дебаеграмме и кристаллохимической характеристике (табл. 2) меланоталлит БТТИ оказался тождественным искусственному соединению Cu_2OCl_2 (ASTM, 1973). Основные диагностические линии на дебаеграмме имеют следующие параметры d (I/I_0): 5.041 (100), 2.947 (44), 2.816 (17), 2.518 (77), 2.422 (20), 2.338 (12), 2.176 (19), 1.928 (16). Сингония ромбическая, вид симметрии $2/m$. Незначительные расхождения в дебаеграмме и параметрах ячейки искусственного и природного Cu_2OCl_2 могли быть вызваны как погрешностями измерений, так и входением в природные образцы изоморфных примесей, например Zn, Na и K (см. анализ).

По данным терморентгенографии, меланоталлит устойчив при нагревании на воздухе до температуры 400 ± 15 °С, при которой он распадается с образованием тенорита. Коэффициенты теплового расширения α приведены в табл. 2.

Количественный химический анализ монофракции первичного меланоталлита БТТИ (мас. %): Cu 59.41, Cl 28.33, $\text{O}_{\text{расч}}$ 8.55, прочие 3.22 (Pb 0.01, Zn 0.07, Na 0.04, K 0.06, Li 0.04, SO_4 1.20, H_2O^- 1.75, H_2O^+ 0.05);

Таблица 1

Дебаграммы меланоталлита (данная работа) и искусственного соединения Cu_2OCl_2 (ASTM, 1973, 23-954)

Меланоталлит				Cu_2OCl_2		
I/I_0	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	$d_{\text{вмч}}, \text{Å}$	hkl	I/I_0	$d_{\text{изм}}, \text{Å}$	hkl
100	5.041	5.033	111	100	5.04	111
4	3.415	3.410	220	10	3.39	220
44	2.947	2.945	202	35	2.953	202
17	2.816	2.813	311	30	2.794	311
77	2.518	2.516	222	70	2.522	222
20	2.422	2.423	040	10	1.423	040
12	2.338	2.336	113	15	2.355	113
19	2.176	2.174	331	30	2.165	331
16	1.928	1.930	133	20	1.937	133
1	1.869	1.871	242	5	1.874	242
2	1.863	1.865	004			
10	1.842	1.841	151	15	1.840	151
4	1.826	1.825	511	5	1.811	511
5	1.703	1.705	440	10	1.696	440
1	1.635	1.636	224			
3	1.610	1.611	531	5	1.602	531
1	1.5008	1.5010	513	5	1.497	513
3	1.4775	1.4780	044			
15	1.4727	1.4724	404	10	1.477	404
1	1.4580	1.4577	115			
3	1.4162	1.4163	262	5	1.417	262
4	1.4063	1.4065	622	5	1.400	622
3	1.3790	1.3794	353	<5	1.381	353
3	1.3476	1.3479	171	5	1.348	171
3	1.3410	1.3414	135			
		1.3416	551			
2	1.2577	1.2584	444	<5	1.260	444
1	1.1988	1.1994	800			
		1.2003	173			
2	1.1954	1.1958	553			
2	1.1676	1.1682	226			
		1.1694	515			
1	1.1313	1.1316	373			
1	1.1248	1.1253	733			
1	1.1081	1.1091	355			
2	1.1059	1.1063	046			
		1.1068	751			
<1	1.0868	1.0872	662			
1	1.0809	1.0815	480			
<1	1.0227	1.0234	573			
1	1.0157	1.0161	084			
1	1.0062	1.0066	137			

сумма 99.51 (аналитик: Черепова Т. А. ЦХЛ КТГУ). Определение меди осуществлялось методом атомной абсорбции (Perkin Elmer, модель 107) и иодометрическим методом, хлора — по общепринятой методике. Количество кислорода приведено из расчета химического анализа в соответствии с типом химической формулы Cu_2OCl_2 , установленной на основании тождественности рентгенографических характеристик исследуемого минерала и соответствующего искусственного соединения. Избыток меди (59.41 вместо 50.78 мас. % Cu), очевидно, вызван присутствием в анализируемой пробе незначительного количества тенорита (CuO). Полное отделение последнего не представляется возможным в силу идентичности облика зерен этих двух минералов; тенорит, возможно, является продуктом частичного распада меланоталлита. По данным полевых наблюдений, температура осаждения меланоталлита БТТИ близка к 400° , выше которой, как указывалось, минерал полностью распадается с образованием

тенорита. Присутствие некоторого количества тенорита в меланоталлите характеризует неустойчивость температурного режима фумарольных газов наджерловых фаций БТТИ, что не противоречит известным фактам для других вулканов Камчатки. Например, существуют данные о резком колебании температуры фумарольного газа до 40° в течение 1 сут (Набоко, 1947). Рентгенографическое определение примеси тенорита в меланоталлите затруднено, так как наиболее интенсивная линия на дебаеграмме тенорита ($d=2.523 \text{ \AA}$) маскируется интенсивной линией меланоталлита (2.518 \AA). Расчетное содержание тенорита в меланоталлите БТТИ составляет 10.79 мас. %. Тогда приведенный выше химический анализ можно представить следующим образом: Cu_2OCl_2 85.50, CuO 10.79, прочие 3.22; сумма 99.51.

Таким образом, минерал, описанный впервые в 1870 г. и названный меланоталлитом, в действительности является оксихлоридом меди Cu_2OCl_2 .

Т а б л и ц а 2

Кристаллохимические характеристики меланоталлита БТТИ и искусственного соединения Cu_2OCl_2 (ASTM, 1973, 23-954)

Параметры	Меланоталлит	Cu_2OCl_2
Пр. группа	<i>Fddd</i>	<i>Fddd</i>
<i>Z</i>	8	8
<i>a</i> , \AA	9.595 (3)	9.511
<i>b</i> , \AA	9.693 (3)	9.688
<i>c</i> , \AA	7.461 (3)	7.534
<i>V</i> , \AA^3	693.9 (1)	694.2
<i>D_x</i> , г/см ³	4.08	4.09
α_a , град ⁻¹	$-26.7 \cdot 10^{-6}$	
α_b , град ⁻¹	$8.47 \cdot 10^{-6} + 54.1 \cdot 10^{-9} t$	
α_c , град ⁻¹	$50.6 \cdot 10^{-6} + 25.2 \cdot 10^{-9} t$	

Литература

- Вергасова Л. П., Черепова Т. А. (1979). К характеристике минералов меди Большого трещинного Толбачинского извержения. Бюл. вулканол. ст., № 56.
- Вергасова Л. П., Филатов С. К. (1980). Новые данные о минералах меди из возгонов Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ). 5-е Всес. вулканол. совещ., II симп. Тез. докладов.
- Дэна Дж. Д., Дэна Э. С., Пэлач Ч., Берман Г., Фрондель К. (1953). Система минералогии, т. II, полутом 1. ИЛ.
- Минералы. (1963). Т. II, вып. 1. Изд-во АН СССР.
- Набоко С. И. (1947). Извержение Билукая, побочного кратера Ключевского вулкана в 1938 году. Тр. лаб. вулканол. и Камч. вулканол. ст., вып. 5. Изд-во АН СССР.
- Набоко С. И. (1959). Вулканические эксгалляции и продукты их реакции. Тр. лаб. вулканол., вып. 16. Изд-во АН СССР.
- Федотов С. А., Чирков А. М., Андреев В. Н., Гусев Н. А., Разина А. А., Хренов А. П. (1977). Краткое описание хода Трещинного Толбачинского извержения в 1975 году. Бюл. вулканол. ст., № 53.
- Федотов С. А., Ковалев Г. Н., Мархинин Е. К., Слезин Ю. Б., Цюрупа А. И., Гусев А. А., Андреев В. И., Леонов В. Л., Овсянников А. А. (1978). Хронология и особенности Южного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения 1975—1976 гг. В сб.: Геологические и геофизические данные о Большом трещинном Толбачинском извержении в 1975—1976 гг. «Наука».
- Штрунц Х. (1962). Минералогические таблицы. Госгортехиздат.
- ASTM. (1973). Diffraction data cards and alphabetical and grouped numerical index of X-ray diffraction data. Philadelphia.
- Scacchi A. (1870). Dell'ericalco del melanotallo, nuove specie di minerali. Rendiconto R. Accad. delle Scienze Fis. e Mat. di Napoli, Anno IX, fas 5°.
- Scacchi E. (1884). Sull'euclorina, sull'ericalco e sul melanotallo. Rendiconto R. Accad. delle Scienze Fis. e Mat. di Napoli, Anno XXIII, fas 12°.
- Zambonini F. (1910). Mineralogia Vesuviana. Atti della R. Accad. della Scienze Fis. e Mat. di Napoli, ser. 2, v. 14, N 6.
- Zambonini F. (1935). Mineralogia Vesuviana. Suppl. 1935-XIII al v. 20, ser. 2a gegli Atti delle Scienze Fis. e Mat. di Napoli.

Институт вулканологии АН СССР,
г. Петропавловск-Камчатский,
Ленинградский университет.

Поступила в редакцию
14 июля 1980 г.