

Л.П. ВЕРГАСОВА, С.К. ФИЛАТОВ, Е.К. СЕРАФИМОВА,
Г.Л. СТАРОВА

**ФЕДОТОВИТ $K_2Cu_3O(SO_4)_3$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ
ИЗ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ВОЗГОНОВ**

(Представлено академиком В.И. Смирновым 26 XI 1986)

Минерал является продуктом fumarольной деятельности Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) [1]. Наряду с долерофанитом $Cu_2O(SO_4)$, халькокианитом $CuSO_4$, толбачитом $CuCl_2$ [2], пийпитом $K_2Cu_2O(SO_4)_2$ [3], метаноталлитом Cu_2OCl_2 [4], теноритом CuO он составляет характерную ассоциацию минералов меди в инкрустациях наджерловых fumarол второго конуса Северного прорыва БТТИ. Температура паро-газовой смеси на выходе равна $400-500^\circ C$. Образует скопления плохообразованных кристаллов пластинчатого до блюдцеобразного облика (рис. 1а) и корки тонкозернистого строения мощностью до 1–2 мм.

Химический состав. Количественный химический анализ мономинеральных выборок из проб возгонов дал следующие результаты (мас. %). Первый анализ (проба 1977 г.): Na_2O 1,48, K_2O 13,97, CuO 38,93, ZnO 0,37, PbO 0,70, SO_3 42,00, H_2O следы, н.о. 2,80; сумма 100,25; $\Sigma K + 1,34$, $\Sigma A - 1,05$ г-экв/л. Второй анализ (проба 1985 г.): Na_2O 1,50, K_2O 13,30, CuO 38,81, ZnO 0,21, PbO 0,62, SO_3 41,79, н.о. 2,30; сумма 98,53; $\Sigma K + 1,34$, $\Sigma A - 1,05$ г-экв/л. Проба растворялась в слабом азотнокислом растворе (1:20). Значительный дефицит анионов по отношению к катионам, поведение минерала в воде (образование хлопьевидного белесого осадка) и его неустойчивость на воздухе дают основание предположить наличие в минерале дополнительного аниона, кроме $(SO_4)^{2-}$, например кислорода по аналогии

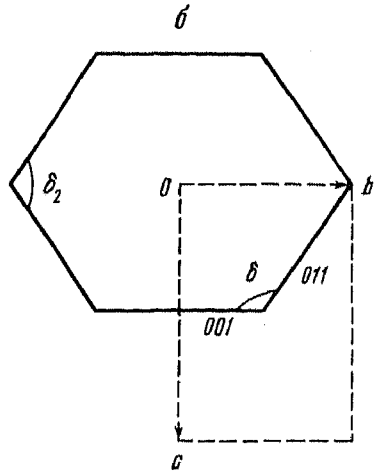
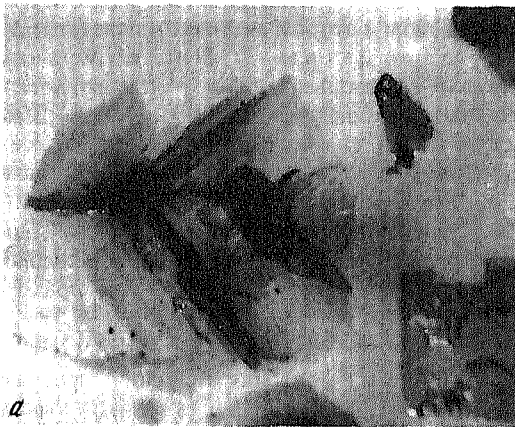


Рис. 1. Облик кристаллов федотовита: а — сросток пластинок; б — образование прямоугольного контура грани (100) формами {010} и {001} (штриховые линии) и псевдогексагонального контура этой грани формами {001} и {011} ($\delta_1 = 123,7^\circ$, $\delta_2 = 112,6^\circ$)

Таблица 1

Дебаеграмма федотовита

| I/I_1 | $d_{изм}, \text{Å}$ | $d_{выч}, \text{Å}$ | hkl | I/I_1 | $d_{изм}$ |
|---------|---------------------|---------------------|--------------|---------|-----------|
| 100 | 8,83 | 8,81 | 200 | 1 | 2,785 |
| 1 | 7,69 | 7,68 | 011 | 1 | 2,755 |
| 4 | 6,59 | 6,60 | 20 $\bar{2}$ | 2 | 2,710 |
| 4 | 6,54 | 6,56 | 002 | 1 | 2,660 |
| 1 | 5,226 | 5,240 | 211 | 1 | 2,634 |
| 2 | 4,537 | 4,545 | 40 $\bar{2}$ | 2 | 2,623 |
| 2 | 4,512 | 4,506 | 202 | 1 | 2,607 |
| 3 | 4,405 | 4,407 | 400 | 1 | 2,536 |
| 3 | 4,207 | 4,205 | 21 $\bar{3}$ | 1 | 2,495 |
| 1 | 3,966 | 3,971 | 013 | 1 | 2,401 |
| 2 | 3,840 | 3,839 | 022 | 1 | 2,381 |
| 2 | 3,550 | 3,547 | 20 $\bar{4}$ | 2 | 2,107 |
| 2 | 3,498 | 3,493 | 51 $\bar{2}$ | 1 | 2,093 |
| 2 | 3,469 | 3,469 | 312 | 1 | 2,064 |
| 1 | 3,167 | 3,168 | 60 $\bar{2}$ | 1 | 2,049 |
| 2 | 3,151 | 3,146 | 402 | 2 | 1,985 |
| 1 | 3,070 | | | 1 | 1,958 |
| 1 | 2,973 | | | 1 | 1,770 |
| 12 | 2,943 | | | 1 | 1,740 |
| 5 | 2,844 | | | | |

с долерофанитом, пийпитом, меланоталлитом. Расчетное содержание дополнительного аниона кислорода составляет 2,30 и 2,25 мас. % в первом и втором анализах соответственно. Кристаллохимические формулы по данным первого анализа $(K_{1,65}Na_{0,28})\Sigma_{1,93}(Cu_{2,85}Zn_{0,02}Pb_{0,01})\Sigma_{2,88}S_{3,05}O_{13}$ и второго анализа $(K_{1,72}Na_{0,28})\Sigma_{2,00}(Cu_{2,84}Zn_{0,03}Pb_{0,01})\Sigma_{2,88}S_{3,04}O_{13}$ близки к идеализированной формуле $K_2Cu_3O(SO_4)_3$. Этот тип формулы встречается у Ф. Замбонини [5] для эвхлорина, $(K, Na)_2Cu_3O(SO_4)_3$, в котором калий и натрий представлены приблизительно в равных количествах ($K_{40}Na_{60}$, $K_{48}Na_{52}$, $K_{45}Na_{55}$, $K_{55}Na_{45}$ [6]). Предлагаемый в настоящей работе минерал может рассматриваться как калиевый член данного ряда ($K_{85}Na_{15}$ и $K_{86}Na_{14}$ в первом и втором анализах соответственно).

Кристаллохимические параметры. Рентгенографическое исследование осуществлено фотометодом с использованием рентгенометра РГНС-2 и медного излучения. Монокристалл, уполченный по (100) (рис. 1), выводился на ось вращения поочередно осями b (ось симметрии) и c . Рентгенограммы качания и 0-, 1- и 2-я развертки свидетельствуют о том, что минерал принадлежит к моноклинной сингонии, точечной группе $2/m$, пространственной группе $P2_1/c$, $Z = 8$. Параметры элементарной ячейки, уточненные по дебаеграмме (табл. 1, дифрактометр ДРОН-2, CuK_{α} -излучение, Ni-фильтр, внутренний эталон германий): $a = 19,06(3)$, $b = 9,47(1)$, $c = 14,18(2)$ Å, $\beta = 112,36(9)^\circ$, $V = 2368(7)$ Å³ при 20°C. Диагностические линии дебаеграммы ($I-d-hkl$): 100–8,83–200, 4–6,59–20 $\bar{2}$, 4–6,54–002, 2–4,537–40 $\bar{2}$, 2–4,512–202, 3–4,405–400, 3–4,207–21 $\bar{3}$, 12–2,943.

Кристаллооптические свойства. Под микроскопом прозрачен, цвет зеленый, плеохроирует от зелено-желтых тонов по n_g и n_m (в спайной выколке по (100) поглощение больше по n_g) до зеленовато-голубого по n_p (перпендикулярно плоскости выколки). Двуосный, оптически положительный. Погасание прямое относительно плоскости спайности. $n_g = 1,633$, $n_m = 1,594$, $n_p = 1,577$, двупреломле-

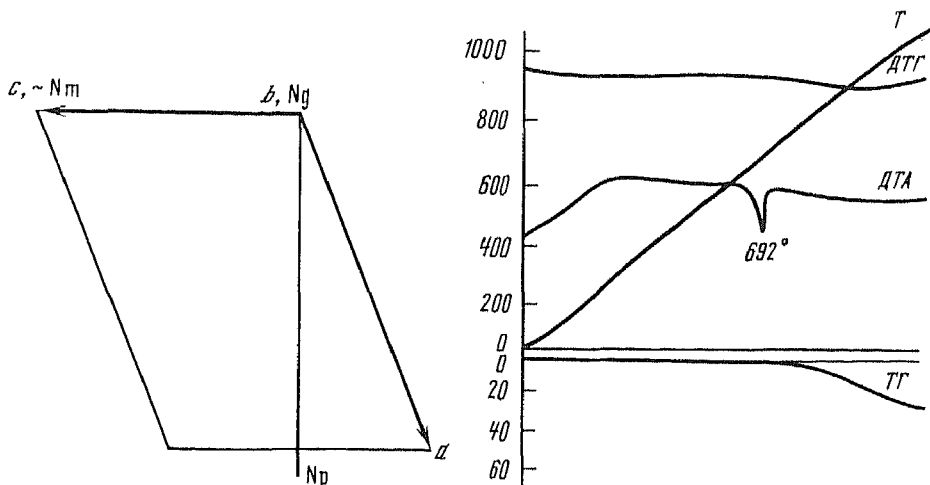


Рис. 2. Оптическая ориентировка фелдсповита

Рис. 3. Дериватограмма фелдсповита ДТА-1/5, ДТГ-1/5, ТГ-200. Навеска – смесь фелдсповита (100 мг) и прокаленного кварца (100 мг), тигель стеклянный

ние $0,056$, $2V = 68^\circ$ (расч.). С осью симметрии совпадает n_g , угол $\hat{c}n_m \approx 0$ (рис. 2). Спайные выколки по (100) дают коноскопическую фигуру разреза, перпендикулярного тупой биссектрисе.

Морфология кристаллов. Кристаллы тонкопластинчатые размером до 5 мм по удлинению и 0,1–1 мм по толщине, уплощенные по граням пинакоида $\{100\}$, контуры неопределенной формы, реже близки к прямоугольным за счет развития граней пинакоидов $\{010\}$ и $\{001\}$ (прямое погасание) или имеют псевдогексагональный контур за счет граней пинакоида $\{001\}$ и призмы $\{011\}$ (рис. 1б).

Физические и прочие свойства. Цвет изумрудный, травяно-зеленый, блеск шелковистый до стеклянного, цвет черты светлый травяно-зеленый, твердость 2,5, спайность совершенная по (100).

Плотность вычисленная $D_x = 3,17$ (первый анализ) и $3,18 \text{ г/см}^3$ (второй анализ). Плотность, измеренная уравниванием зерен (30 штук) минерала в жидкости (йодистый метилен + толуол) с помощью весов Вестфаля, $D_g = 3,205(3) \text{ г/см}^3$.

На кривой ДТА* (рис. 3) присутствуют два эндотермических эффекта. Эффект при 692°C происходит практически без потери массы. По данным терморентгенографии ($625 \pm 25^\circ\text{C}$) он соответствует распаду фелдсповита с образованием тенорита, SiO . Эффект, начинающийся при 715°C , сопровождается потерей массы 20% и отражает десульфатизацию пробы.

На ИК-спектре* присутствуют деформационные колебания в области длин волн 600 см^{-1} и валентные колебания в области длин волн 1100 см^{-1} , характеризующие полосы поглощения для групп $(\text{SO}_4)^{2-}$. Отсутствие полос в области длин волн 1600 и $3400\text{--}3600 \text{ см}^{-1}$ свидетельствует о том, что минерал не содержит воду и группы ОН.

Минерал относительно устойчив, что позволяет провести на нем комплекс исследований. Длительное пребывание в атмосфере воздуха приводит к образованию вторичных соединений, предположительно в результате гидратации.

* Анализы выполнены А.И. Мясниковым в Институте вулканологии ДВО АН СССР.

Таким образом, результаты, полученные Ф. Замбонини [5,8], Б.И. Пийпом [7] и авторами настоящей работы, свидетельствуют о том, что в ряду химических соединений $\text{Na}_2\text{Cu}_3\text{O}(\text{SO}_4)_3 - \text{K}_2\text{Cu}_3\text{O}(\text{SO}_4)_3$ возможны изоморфные замещения. Четыре анализа, приведенные у Дэна [6], представляют середину ряда, где, вероятно, образуется двойная соль. В качестве нового минерала предлагается калиевый член ряда и изоструктурные с ним изоморфные смеси, в которых содержание калия больше, чем натрия.

Минерал назван федотовитом (fedotovite) по имени советского вулканолога чл.-корр. АН СССР С.А. Федотова. Образец хранится в музее Ленинградского горного института.

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

Поступило
4 I 1987

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотов С.А., Хренов А.П., Чирков А.М. — ДАН, 1976, т. 228, № 5, с. 1193–1196.
2. Вергасова Л.П., Филатов С.К. — ДАН, 1983, т. 270, № 2, с. 415–417.
3. Вергасова Л.П., Филатов С.К., Серафимова Е.К., Старова Г.Л. — ДАН, 1984, т. 275, № 3, с. 714–717.
4. Вергасова Л.П., Филатов С.К. — Зап. ВМО, 1982, т. 3, вып. 5, с. 562–565.
5. Zambonini F. Mineralogia Vesuviana, 11 ed. Napoli, 1935. 463 p.
6. Дэна Дж.Д., Дэна Э.С., Палач И. и др. Система минералогии. М.: ИЛ, 1953. т. 2, полутом 1. 773 с.
7. Пийп Б.И. Тр. лаб. вулканол., 1956, № 11. 309 с.
8. Scacchi E. — Rend. Accad. sci. fis. e mat. Soc. naz. sci. lett. ed arti. Napoli, 1884, vol. 23, fas. 12, p. 158–165.

УДК 549.2

МИНЕРАЛОГИЯ

О.Б. ОЛЕЙНИКОВ, А.Ф. САФРОНОВ

НЕОБЫЧНАЯ АССОЦИАЦИЯ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ ДИСТЕНА, ШПИНЕЛИ, ГРАНАТА И РУТИЛА ИЗ МИКРОКСЕНОЛИТА КИМБЕРЛИТОВОЙ БРЕКЧИИ ТРУБКИ "РУСЛОВАЯ"

(Представлено академиком В.И. Смирновым 15 XII 1986)

В неэлектромагнитной фракции искусственной шлиховой пробы автолитовой кимберлитовой брекчии трубки "Русловая" (Куойкское поле) было встречено полиминеральное мелкозернистое образование размером $1,5 \times 2 \times 2,5$ мм, состоящее из дистена (около 80%), хромшпинелида (около 10%), граната и рутила (первые проценты). В межзерновом пространстве включения присутствует серпентин. Гранат и рутил в дистеновой матрице распределены неравномерно. Благодаря преобладанию дистена окраска микроксенолита голубая. По количеству обломков его зерен в шлиховой пробе можно предположить, что при дроблении полиминеральный агрегат потерял не более трети своего объема. Последующие поиски более крупных включений подобного минерального состава в обнажающихся породах трубки не дали положительного результата.

Микроксенолит был запрессован в эпоксидную шашку, отполирован и слагающие его минералы исследованы на рентгеновском микроанализаторе "Camebax-