

УДК 549.5+552.322(470.21)

**Колфанит — новый минерал
из гранитных пегматитов Кольского полуострова ***

А. В. Волошин, Ю. П. Меньшиков, Л. И. Полежаева, А. А. Ленци

Обнаружен в гранитных пегматитах Кольского полуострова и является продуктом изменения холтита. Образует корочки и почковидные выделения лучистых тонкопластинчатых кристаллов. Размеры выделений 0,5—1,5 мм. Находится в ассоциации с митридатитом, апатитом, монтебразитом. Минерал красного цвета, в тонких пластинках — оранжевый, желтый. Блеск алмазный. Слайность в одном направлении параллельна уплощению кристаллов. Хрупкий. Плотность 3,3 г/см³. Минерал оптически двуосный, отрицательный, $2V=5\div 7^\circ$, $n_g=1,933$, $n_m=1,923$, $n_p=1,810$. Плеохроизм: от темно-оранжевого по N_g , N_m до светло-желтого по N_p . Моноклинный, A -центрированная ячейка. Параметры элементарной ячейки: $a_0=1,786$ нм, $b_0=1,966$, $c_0=1,111$ нм, $\beta=96^\circ$, $z=12$. Химический состав, вес. %: CaO—14,97; Fe₂O₃—32,09; As₂O₅—43,30; P₂O₅—0,96; Sb₂O₅—2,20; SiO₂—1,20; Al₂O₃—0,05; H₂O, по результатам ТГА,—5,10, сумма 99,87. Формула колфанита $Ca_2(H_2O)_2Fe^{3+}(AsO_4)_3$. Назван в честь научного центра на Кольском полуострове — Кольского филиала АН СССР.

Колфанит впервые обнаружен в 1976 г. в зонах гидротермального изменения гранитных пегматитов. Он образует корочки и почковидные выделения лучистого строения в пустотках растворения и по трещинам в пегматитообразующих минералах.

Выделения колфанита представлены тонкопластинчатыми кристаллами. Для корочек и почек минерала характерно зональное строение, причем зоны различаются по



Рис. 1. Выделение колфанита в пустотке между зернами кварца.
Ув. 15.

длине формирующих их кристаллов. Поверхность почек, как правило, покрыта тонкими пленками арсениосидерита, окрашенного в темно-красный цвет (рис. 1,2). Иногда по трещинам и на поверхности почек колфанита наблюдаются сухаревидные образования апатита. В участках пегматитового тела, где обнаружен колфанит, по трещинам развит митридатит, образующий корочки тонкозернистого строения черно-зеленого цвета. На

* Минерал рассмотрен и утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов ВМО АН СССР 16 июня 1980 г. Утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 26 мая 1981 г.

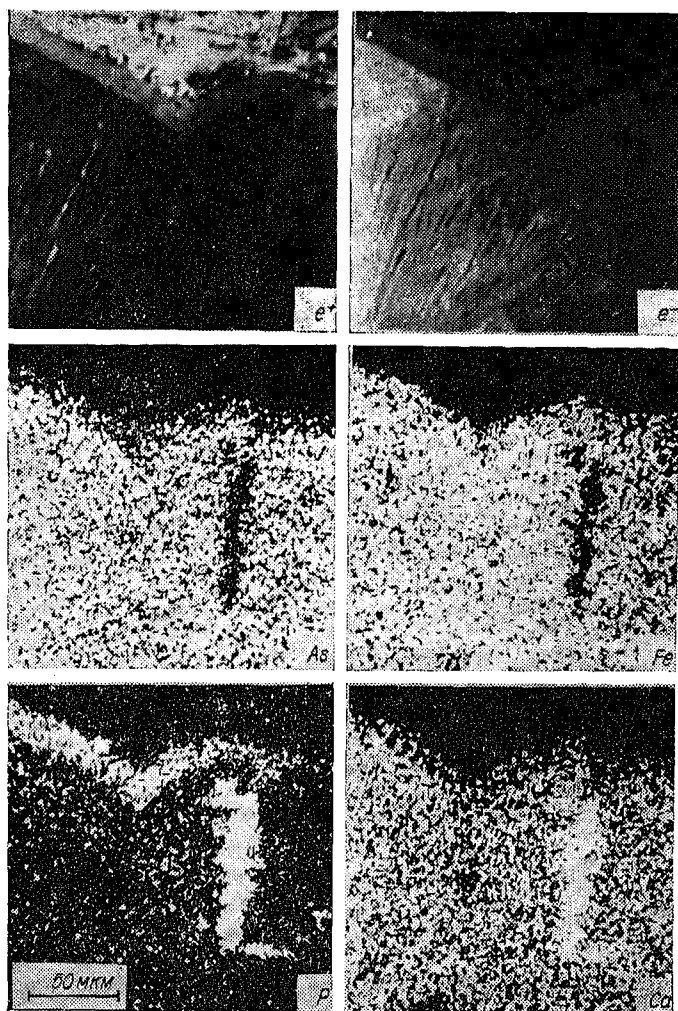


Рис. 2. Растровые картины участка почковидных выделений колфанита, покрытых тонкой пленкой арсениосидерита в поглощенных (e^+), отраженных (e^-) электронах и характеристическом излучении As, Fe, P, Ca.

выделения митридатита, как правило, нарастают медово-желтые кристаллы лаузита и сферолиты минералов группы зосфорита-чилдренита. В ассоциации с колфанитом встречен монтебразит. Пространственно колфанит тяготеет к участкам пегматита, содержащим холтит.

Минерал красного цвета, в тонких пластинках — оранжевый, желтый. Блеск алмазный. Обладает спайностью параллельно уплощению кристаллов. Минерал хрупкий. Микротвердость 63 кГ/мм² при нагрузке 20 г и 73 кГ/мм² при нагрузке 100 г. Плотность колфанита, измеренная в микробюретке, 3,3 г/см³, а плотность, рассчитанная по эмпирической формуле, — 3,75 г/см³. Минерал оптически двуосный, отрицательный, $2V=5\div 7^\circ$, $n_g=1,933$, $n_m=1,923$, $n_p=1,810$, $n_g-n_p=0,123$. Обладает плеохроизмом: от темно-оранжевого по N_g , N_m , до светло-желтого по N_p .

Рентгенограмма порошка колфанита приведена в табл. 1, где для сравнения даны рентгенограммы минералов группы митридатита, по П. Муру и Т. Араки [3], а также рентгенограммы митридатита и арсениосидерита, находящихся в ассоциации с колфанитом. В отличие от близкого по составу и структуре арсениосидерита рентгенограмма колфанита содержит линии 0,510 (1) (320), 0,381 (1) (340) и 0,286 (3) (360), индексы которых исключают пространственную группу Aa , предложенную для арсениосидерита П. Муром и Т. Араки [3]. Индексы (hkl), полученные на рентгенограмме колфанита, предполагают для него A -центрированную ячейку.

Таблица 1. Межплоскостные расстояния колфанита, митридатита, робертсита и арсениосидерита, нм

| Робертсит [3] | | Митридатит [3] | | Арсениосидерит [3] | | hkl |
|---------------|-----------|----------------|-----------|--------------------|-----------|----------|
| $d_{изм}$ | $d_{выч}$ | $d_{изм}$ | $d_{выч}$ | $d_{изм}$ | $d_{выч}$ | |
| 0,863 | 0,863 | 0,864 | 0,871 | 0,884 | 0,883 | 200 |
| 0,561 | 0,562 | 0,555 | 0,559 | 0,562 | 0,563 | 031 |
| | | | | | | 320 |
| | | | | | | 022 |
| | | | | 0,458 | 0,454 | 202 |
| | | | | | 0,459 | 122 |
| 0,432 | 0,432 | 0,430 | 0,436 | | | 400 |
| 0,414 | 0,414 | | | | | 331 |
| | | | | | | 340 |
| 0,348 | 0,352 | 0,349 | 0,353 | | | 431 |
| | 0,348 | | | | | 242 |
| | | | | | | 251 |
| | 0,326 | | | 0,328 | 0,331 | 402 |
| | 0,326 | | | | 0,326 | 060 |
| 0,327 | 0,325 | 0,320 | 0,323 | | | 033 |
| | 0,324 | | 0,323 | 0,322 | 0,325 | 133 |
| 0,317 | 0,320 | | | | | 160 |
| 0,303 | 0,304 | 0,301 | 0,302 | | | 260 |
| 0,2937 | 0,2953 | | | | | 233 |
| | 0,2944 | | | | | 333 |
| 0,2876 | 0,2877 | 0,2881 | 0,2904 | 0,2945 | 0,2943 | 600 |
| | | | | | | 360 |
| | | | | | | 620 |
| | | | | | | 062 |
| 0,2807 | 0,2809 | 0,2765 | 0,2797 | | | 004 |
| | 0,2803 | | | | | 162 |
| 0,2749 | 0,2757 | 0,2721 | 0,2748 | 0,2772 | 0,2762 | 204 |
| | 0,2756 | | 0,2736 | | | 162 |
| | | 0,2617 | | 0,2622 | 0,2620 | 460 |
| 0,2590 | 0,2584 | 0,2562 | 0,2571 | 0,2662 | | 362 |
| | | | | 0,2522 | | |
| 0,2465 | 0,2459 | 0,2460 | 0,2474 | 0,2491 | | 602 |
| | | | | | | 044 |
| | | | | | | 462 |
| | | | | | | 562 |
| 0,2223 | 0,2249 | 0,2207 | 0,2249 | 0,2245 | | 404 |
| 0,2160 | 0,2158 | 0,2169 | 0,2178 | 0,2213 | | 800 |
| 0,2112 | | 0,2106 | | 0,2137 | | 802 |
| 0,2048 | | 0,2068 | | | | 1. 10. 0 |
| 0,1899 | | 0,1901 | | 0,1891 | | 415 |
| | | | | 0,1797 | | 184 |
| 0,1745 | | 0,1741 | | 0,1770 | | 406 |
| | | | | | | 655 |
| | | | | 0,1643 | 0,1638 | 406 |
| 0,1623 | 0,1627 | 0,1612 | | | | 626 |
| 0,1585 | | 0,1588 | | | | |
| 0,1542 | | 0,1548 | | | | 882 |
| | | | | | | 964 |
| 0,1464 | | 0,1474 | | | | |
| | | | | | | 486 |
| 0,1412 | | 0,1408 | | | | 695 |
| 0,1375 | | | | | | 657 |
| | | | | | | 586 |

Условия съемки: камера РКУ $D=114,6$ мм; Fe-излучение; внутренний стандарт—NaCl.

Параметры элементарной ячейки колфанита и сравниваемых минералов приведены в табл. 2. Из этих данных видно, что для колфанита характерны наиболее высокие значения показателей преломления по отношению к фосфатам. У него высокие значения

| Митридатит | | | Арсениосидерит | | | Колфанит | | |
|------------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| <i>I</i> | $d_{изм}$ | $d_{выч}$ | <i>I</i> | $d_{изм}$ | $d_{выч}$ | <i>I</i> | $d_{изм}$ | $d_{выч}$ |
| 10 | 0,874 | 0,869 | 5 | 0,903 | 0,885 | 10 | 0,890 | 0,890 |
| 7 | 0,560 | 0,557 | 8 | 0,568 | 0,565 | 5 | 0,564 | 0,563 |
| | | | | | | 1 | 0,510 | 0,507 |
| | | | | | | 2 | 0,481 | 0,482 |
| 5 | 0,434 | 0,435 | | | | 1 | 0,444 | 0,444 |
| | | | | | | 1 | 0,412 | 0,419 |
| | | | | | | 1 | 0,381 | 0,378 |
| | | | | | | 1 | 0,356 | 0,358 |
| 2 | 0,333 | 0,332 | 10 | 0,328 | 0,331 | 9 | 0,329 | 0,330 |
| | | | | | 0,327 | | | 0,328 |
| 7 | 0,321 | 0,322 | 3 | 0,323 | 0,325 | | | |
| 9 | 0,290 | 0,290 | 3 | 0,294 | 0,295 | 9 | 0,295 | 0,296 |
| | | | | | | 3 | 0,286 | 0,287 |
| | | | | | | 1 | 0,2828 | 0,2834 |
| | | | | | | | | 0,2818 |
| 9 | 0,2732 | 0,2740 | 9 | 0,2774 | 0,2762 | 10 | 0,2720 | 0,2720 |
| | | 0,2727 | | | 0,2766 | | | 0,2708 |
| 8 | 0,2578 | 0,2565 | | | | 1 | 0,2624 | 0,2628 |
| 4 | 0,2480 | 0,2468 | | | | | | |
| | | | | | | 1 | 0,2404 | 0,2408 |
| | | | | | | 1 | 0,2318 | 0,2324 |
| | | | | | | 1 | 0,2262 | 0,2267 |
| 2 | 0,2215 | 0,2243 | 4 | 0,2245 | 0,2267 | 8 | 0,2216 | 0,2220 |
| 2 | 0,2179 | 0,2173 | | | | 1 | 0,2139 | 0,2138 |
| 1 | 0,1970 | | | | | 1 | 0,1955 | 0,1954 |
| 6 | 0,1914 | | 2 | 0,1888 | | 4 | 0,1892 | 0,1892 |
| | | | 3 | 0,1809 | | 4 | 0,1816 | 0,1813 |
| 2 | 0,1765 | | 3 | 0,1764 | | 3 | 0,1769 | 0,1768 |
| | | | | | | 2 | 0,1687 | 0,1686 |
| 2 | 0,1640 | 0,1648 | 7 | 0,1642 | | 8 | 0,1646 | 0,1642 |
| 7 | 0,1619 | 0,1621 | | | | 3 | 0,1619 | 0,1620 |
| 2 | 0,1592 | | | | | | | |
| 6 | 0,1554 | | | | | 1 | 0,1547 | 0,1546 |
| 1 | 0,1517 | | | | | 5 | 0,1503 | 0,1503 |
| 2 | 0,1481 | | | | | | | |
| 1 | 0,1452 | | | | | 3 | 0,1435 | 0,1435 |
| 5 | 0,1414 | | | | | 2 | 0,1419 | 0,1419 |
| 2 | 0,1374 | | | | | 1 | 0,1367 | 0,1367 |
| 2 | 0,1299 | | | | | 1 | 0,1322 | 0,1322 |

n_g и n_m при более низком n_p по сравнению с арсениосидеритом. Значения первых двух параметров элементарной ячейки у колфанита также наиболее высокие, а значение параметра c_0 ниже, чем у арсениосидерита.

Анализ химического состава колфанита (табл. 3) выполнен на электронном микроанализаторе MS-46 «Камека»; ускоряющее напряжение 21 кВ, ток 40 нА, аналитические линии для Ca, Fe, Al, As, P и Si, $K_{\alpha 1}$, для Sb — $L_{\alpha 1}$; эталоны Ca — диопсид, Fe — гематит, Al и Si — пироп, Sb — металлическая сурьма, As — синтетическое соединение NiAs, P — апатит. Минерал проанализирован в нескольких образцах не менее, чем в десяти

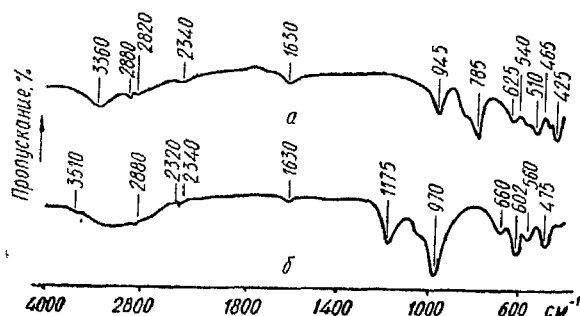


Рис. 3. ИК-спектры колфанита (а) и митридатита (б).

точках на каждом образце (время одного измерения 10 с). Пересчет относительных интенсивностей на концентрации выполнен на ЭВМ «Наири-2» по оригинальной программе [2]. Ошибка определения главных элементов — 1%, элементов-примесей — 2—3%.

Кроме указанных в табл. 3, другие элементы с атомным номером больше 11 в минерале не обнаружены. Содержание воды в колфаните определено по потере веса при нагревании термогравиметрическим анализом (ТГА) на дериватографе системы «Ф. Паулик, И. Паулик, Л. Эрдей». Выделение воды из колфанита происходит одноступенчато при температурах 80—600°C. Количество выделенной воды, по данным ТГА, 5,10%.

Таблица 2. Параметры элементарной ячейки и оптические свойства минералов группы митридатита и колфанита

| Параметры | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|
| a_0 , нм | 1,736 | 1,752 | 1,776 | 1,748 (4) | 1,780 (6) | 1,786 (4) |
| b_0 , нм | 1,953 | 1,935 | 1,953 | 1,928 (5) | 1,960 (8) | 1,966 (5) |
| c_0 , нм | 1,130 | 1,125 | 1,130 | 1,122 (4) | 1,130 (6) | 1,111 (3) |
| β , град | 96 | 95,92 | 96 | 96 | 96 | 96 |
| n_g | 1,82 | 1,85 | 1,898 | — | — | 1,933 |
| n_m | — | — | 1,870 | — | — | 1,923 |
| n_p | 1,775 | 1,785 | 1,815 | — | — | 1,810 |
| $2V$, град | 8 | 5—10 | 0± | — | — | 5—7 |

Примечание. 1—робертсит; 2,4—митридатит; 3,5—арсениосидерит; 6—колфанит. 1—3—данные П. Мура и Т. Араки [3]; 4—6—наши данные.

В результате структурных исследований для минералов группы митридатита, проведенных П. Муром и Т. Араки [3], для арсениосидерита предложена структурная формула $Ca_6(H_2O)_6\{Fe_3^{3+}Fe_6^{3+}O_6(AsO_4)(AsO_4)_2(AsO_4)_6\} \cdot 3H_2O$ или в упрощенном виде $Ca_2(H_2O)_2\{Fe_3^{3+}O_2(AsO_4)_3\} \cdot H_2O$. Расчет химического состава колфанита при $O=14$ в безводной части приводит к формуле $Ca_{1,95}(H_2O)_{2,06}(Fe_{2,9}^{3+}Sb_{0,10}Al_{0,01})_{3,04}(As_{2,74}P_{0,10} \times Si_{0,14})_{2,98}O_{14}$ или в идеальном виде — $Ca_2(H_2O)_2Fe_3^{3+}O_2(AsO_4)_3$.

Таким образом, колфанит — самостоятельный минеральный вид, близкий по составу и рентгенометрическим данным к арсениосидериту, но отличающийся от него отсутствием свободной воды в формуле. Этим обусловлено наличие особых оптических свойств и структурных параметров колфанита.

Арсениосидерит, как более водный минерал, по-видимому, и более поздний. Действительно, в кольских образцах он образует наружные пленки и тончайшие корочки на почковидных выделениях колфанита. В ряду митридатит—робертсит—арсениосидерит ему принадлежит вполне определенное место, поскольку колфанит — безводный (без свободной воды в составе) аналог арсениосидерита. Вероятно, подобные аналоги существуют также у митридатита и робертсита.

ИК-спектры колфанита и митридатита из пегматитов Кольского полуострова приведены на рис. 3. Для колфанита характерны следующие полосы поглощения: 3360, 2880, 2820, 2340, 1630, 945, 785, 625, 540, 510, 465 и 425 см⁻¹.

Колфанит образуется в низкотемпературных условиях в результате высвобождения мышьяка из холтита при полном его замещении микролитом и стибнотанталитом и является вторичным минералом. В данных минералах мышьяк полностью отсутствует, а в холтите содержание его пятиоксида составляет 3,5—5,0 % [1]. Этим также обусловлено образование кристаллов самородного мышьяка во вмещающем холтите кварце.

Таблица 3. Химический состав колфанита

| Компоненты | Вес. % | AK _K | AK _O | K _K |
|--------------------------------|--------|-----------------|-----------------|----------------|
| CaO | 14,97 | 0,2669 | 0,2669 | 1,95 |
| Fe ₂ O ₃ | 32,09 | 0,4019 | 0,6028 | 2,93 |
| Al ₂ O ₃ | 0,05 | 0,0010 | 0,0015 | 0,01 |
| Sb ₂ O ₅ | 2,20 | 0,0136 | 0,0340 | 0,10 |
| As ₂ O ₅ | 43,30 | 0,3767 | 0,9418 | 2,74 |
| P ₂ O ₅ | 0,96 | 0,0135 | 0,0338 | 0,10 |
| SiO ₂ | 1,20 | 0,0200 | 0,0400 | 0,14 |
| H ₂ O | 5,10 | 0,5667 | | 2,06 |
| Сумма | 99,87 | | 1,9208 | |

Примечание. AK_K—атомное количество катионов; AK_O—атомное количество кислорода; K_K—коэффициент атомов.

Как указано выше, пространственно колфанит обнаружен только в участках пегматита с замещенным холтитом. В зонах пегматита, где последний отсутствует, по трещинам развит только митридатит и другие водные фосфаты.

Колфанит назван в честь Кольского филиала АН СССР.

Эталонные образцы с колфанитом находятся в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана АН СССР и минералогическом музее Геологического института Кольского филиала АН СССР.

SUMMARY

Kolfanite, a new mineral, is detected in granite pegmatites of the Kola peninsula and is a product of holtite alteration. It forms incrustations and nodular separations of radiated sliced crystals. The size of the separations is 0.5-1.5 mm. Kolfanite occurs in association with mitridatite, apatite, montebrosite. The mineral is red, in thin plates — orange, yellow, having a brilliant lustre. The cleavage in one direction is parallel to the crystal flattening. The crystal is fragile, 3.3 g/cm³ dense, optically biaxial, negative, 2V=5-7°, n_g=1.933, n_m=1.923, n_p=1.810; pleochroism is from dark-orange for N_g, N_m to light-yellow for N_p, monoclinic, with an A-centered cell. The unit cell parameters are: a₀=1.786 nm, b₀=1.966 nm, c₀=1.111 nm, β=96°, Z=12. The chemical composition, wt.%, is: CaO—14.97, Fe₂O₃—32.09, Al₂O₃—43.30, P₂O₅—0.96, Sb₂O₅—2.20, SiO₂—1.20, Al₂O₃—0.05, H₂O from the TGA results—5.10, total—99.87. The formula is Ca₂(H₂O)₂Fe₃³⁺O₂(AsO₄)₃. The mineral is termed kolfanite in honour of the research centre on the Kola peninsula — the Kola Branch of the USSR Academy of Sciences. (Kolsky filial Akademii Nauk SSSR).

1. Волошин А. В., Гордиенко В. В., Гельман Е. М. и др. Холтит (первая находка в СССР) и его взаимоотношения с другими минералами тантала в редкометаллических пегматитах.— Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1977, 106, вып. 3, с. 337—347.
2. Кравченко-Бережной Р. А., Медведева Э. М., Пахомовский Я. А. и др. Использование ЭВМ в количественном рентгеновском микроанализе.— Завод. лаб., 1976, № 9, с. 1081—1082.
3. Moore P. B., Araki T. Mitridatit, Ca₆(H₂O)₆(Fe₉³⁺O₆(PO₄)₉)·3H₂O, a note worthy octahedral sheet structure.— Inorg. Chem., 1977, 16, N 5, p. 1096—1106.

Геологический институт Кольского филиала АН СССР,
Апатиты

Поступила в редакцию
20.X 1981 г.