

Г. С. КУРБАТОВА, Л. Ф. ГАННИБАЛ, О. Б. ДУДКИН

## ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФРАНКОЛИТОВОЙ БРЕКЧИИ КОВДОРСКОГО МАССИВА

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 21 X 1971)

Ковдорский массив ультраосновных, щелочных и карбонатных пород расположен в юго-западной части Кольского полуострова. Строение массива и слагающие его породы подробно охарактеризованы в работах (1, 2). В южном участке Ковдорского железорудного месторождения (апатит-форстерит-магнетитовые, кальцит-апатит-магнетитовые руды) существует зона дробления, в которой со стороны поверхности прослеживались прожилки и натечные агрегаты голубого франколита (штаффелита). Известно развитие кремового франколита в зонах дробления фенитов (1).

В 1970 г. Ковдорской геологоразведочной партией южнее массива в фенитах обнаружена мощная зона своеобразной франколитовой брекчии. Брекчия прослежена по простиранию на 4,5 км при видимой мощности 150—200 м. Геологическая обстановка свидетельствует о том, что замещению плотным скрытокристаллическим апатитом и франколитом подверглась дайка кальцитового карбоната. Установлено, что франколит развит по падению дайки до глубины 120 м, глубже залегает неизмененный кальцитовый карбонатит.

Нами исследовался вещественный состав франколитовой брекчии по представительной пробе, отобранной вкрест простираения из расчистки в средней части тела. Фазовый анализ дал следующий результат (%): франколит 59,6; тонкозернистый (скрытокристаллический) фторгидроксил-апатит 21,1; призматически зернистый фторгидроксил-апатит 8,6; магнетит 1,2; гематит 2,4; гётит и гидрогётит 3,8; тонкочешуйчатый гидромусковит 1,4; глинистый минерал типа монтмориллонита 1,9. Диагностика всех фаз выполнена по дебаграммам с контролем оптическими методами.

Полный химический анализ пробы (табл. 1, ан. 1) подтвердил, что она состоит преимущественно из минералов группы апатита.

Франколитовая брекчия представляет собой кавернозную породу, в которой прожилки и корки натечного кремового франколита скрепляют плотные участки и окаймляют пустоты сечением 0,2—1,0 см. Мощность прожилков и корочек франколита от долей миллиметра до 1 см. Нередки зональные радиально-лучистые сферолиты франколита. Со стороны пустот на поверхности франколитовых корок — примазки глинистого минерала.

Плотные остроугольные участки породы, скрепленные натечным франколитом, имеют размер от нескольких миллиметров до 5—6 см. Сложены также участки-ксенолиты бурой тонкозернистой смесью фторгидроксил-апатита и франколита. В скрытокристаллической массе фосфатов рассеяны мелкие чешуйки гидромусковита, тонкие пластинки гематита, примазки гётита. От первичного состава карбоната сохранились группы бесцветных призматических зерен апатита, выделения и кристаллы магнетита. Пленки гетита местами сохраняют следы спайности кальцита, полностью замещенного смесью апатита и франколита (рис. 1).

Химический состав фосфатов, слагающих франколитовые брекчии Ковдора, представлен в табл. 1. Бурый скрытокристаллический фосфат (ан. 4) по составу занимает промежуточное положение между франколитом и фторгидроксил-апатитом, что подтверждает наличие механической



Рис. 1. Следы спайности кальцита (темные примазки гётита) в массе тонкозернистого апатита и франколита. Шлиф. 22 X. Ник.

смеси этих двух минералов. От франколита тонкозернистый апатит отличается голубым (не оранжевым) цветом фотолюминесценции (см. табл. 2). Последнее позволяет четко различать под люминесцентным микроскопом (МЛ-2) обе фазы (фильтр УФС-3 и жидкостный медного купороса).

Слагающие единые псевдоморфозы по кальциту (см. рис. 1), апатит и франколит качественно различны. Кристаллохимическая формула фран-

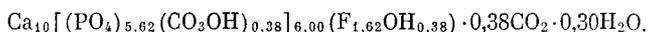
Таблица 1

Химический состав франколитовой брекчии, франколита и апатита Ковдорского массива (%)

| Компоненты                     | 1     | 2      | 3      | 4       | 5      |
|--------------------------------|-------|--------|--------|---------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 0,70  | 0,09   | 0,00   | 0,17    | 0,09   |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | —      | —      | Сл.     | —      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,82  | 0,40   | 0,02   | 0,16    | 0,07   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,87  | } 0,07 | } 0,04 | 0,45    | } 0,10 |
| FeO                            | 1,38  |        |        | 0,15    |        |
| Tr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Сл.   | 0,06   | 0,10   | 0,09    | 0,10   |
| CaO                            | 48,76 | 54,32  | 54,55  | 54,15   | 55,41  |
| SrO                            | 0,14  | 0,15   | 0,17   | 0,58    | 0,25   |
| MnO                            | 0,04  | 0,06   | 0,00   | 0,15    | 0,02   |
| MgO                            | 0,47  | 0,00   | 0,14   | 0,10    | 0,22   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,01  | 0,00   | 0,00   | Не опр. | 0,02   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,09  | 0,04   | 0,00   | »       | 0,23   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 34,34 | 38,74  | 38,68  | 40,19   | 41,52  |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 2,35  | 1,51   | 1,43   | 1,15    | 0,38   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0,27  | 0,10   | 0,13   | 0,03    | 0,15   |
| F <sup>-</sup>                 | 2,68  | 2,98   | 3,22   | 0,85    | 0,92   |
| Cl <sup>-</sup>                | —     | Следы  | —      | —       | —      |
| CO <sub>2</sub>                | 2,72  | 3,27   | 2,24   | 1,36    | 0,82   |
| O <sup>==</sup> -2F            | 1,31  | 1,25   | 1,35   | 0,35    | 0,38   |
| Сумма                          | 99,51 | 100,24 | 100,07 | 99,23   | 99,93  |

Примечание. 1 — франколитовая брекчия; 2 — кремневый франколит из франколитовой брекчии, анализ авторов; 3 — голубой франколит из железорудного месторождения; 4 — бурый скрытокристаллический фосфат, ((°), анализ М. И. Волкова); 5 — апатит из кальцитовой жилы, насыщенной апатитом, магнетитом ((°), анализ А. В. Мокрецова).

колита (табл. 1, ан. 2) принципиально отличается от формулы обычного фторгидроксилapatита:



С замещением части комплексов  $(\text{PO}_4)^{3-}$  комплексами  $(\text{CO}_3\text{OH})^{3-}$  меняются все физические свойства соединения (см. табл. 2). Вхождение в структуру ионов  $(\text{CO}_3)^{2-}$  четко контролируется и.к. спектрами (рис. 2, макс. 2, 3), при этом симметрия остающихся ионов  $(\text{PO}_4)^{3-}$  (рис. 2, 4, 5, 6) понижается (4). Одновременно резко увеличивается содержание фтора и уменьшается роль гидроксила (табл. 1, рис. 2, макс. 1, 8).

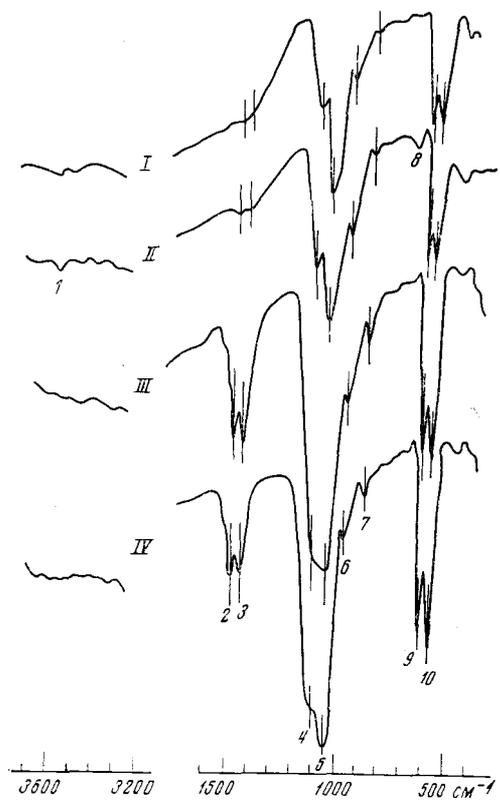


Рис. 2. Инфракрасные спектры. I — акцессорный апатит из ийолита; II — апатит кальцит-магнетит-апатитовой породы; III — франколит мощной франколитовой зоны в фенитах; IV — голубой франколит. Полосы поглощения: 1 — валентные колебания группы  $(\text{OH})^-$ ; 2, 3 — валентные колебания  $(\text{CO}_3)^{2-}$ ; 4, 5 — асимметричные валентные колебания  $\text{PO}_4$  ( $\nu_3$ ); 6 — полностью симметричное колебание  $(\text{PO}_4)^{3-}$  ( $\nu_1$ ); 7 — невырожденное колебание  $\nu_2$  комплекса  $(\text{CO}_3)^{2-}$ ; 8 — либрационное колебание группы  $(\text{OH})^-$ ; 9, 10 — асимметричное деформационное колебание  $(\text{PO}_4)^{3-}$ . Записи (UR-10) выполнены Е. С. Рудницкой (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР)

Возникновение одних франколитовых брекчий Ковдора объясняется гипергенезом (трещинные зоны выветривания), других — воздействием низкотемпературных гидротерм (4). Очевидно, что охарактеризованная выше франколитовая брекчия — образование сложное, несущее следы разных по характеру процессов.

Тонкозернистую смесь фосфатов нельзя представить результатом сугубо гипергенного процесса. Ассоциация кристаллохимически резко различных апатита и франколита свидетельствует о частых и резких сменах условий минералообразования, что не типично для поверхностных условий. Согласно экспериментальным данным (5), отложение на месте кальцита фторгидроксилapatита (см. рис. 1) требует удаления из раствора углекислоты. Активный вынос углекислоты в газовой фазе возможен при температурах выше 70–100°. Поступление агрессивных к карбонатам гидротерм из глубины исключено: ниже брекчии располагается неизменный карбонатит. Остается предполагать разогрев

и вскипание на глубине поверхностных вод, растворявших на своем пути кальцит и апатит.

Зональность корочек и сферолитов франколита в сечении шлифа при скрещенных николях аналогична зональности (ритмичности) экзогенных патечных образований, в частности малахита. Однородность их фазового состава соответствует постоянству термодинамических условий в корах выветривания. Возможность замещения кальцита франколитом при 25° показана экспериментально (6). Направление роста корочек и сферолитов франколита наследовало рост игольчатых индивидов тонко-

зернистого апатита; таким образом, натечные агрегаты франколита фиксируют понижение температуры и приближение условий минералообразования к поверхностным.

В тонкозернистом апатите обнаружены обломки корочек франколита. Установлено, что при повторном разогреве пород и растворов и возобновлении кристаллизации апатита франколит мог сохраняться. До 150° из

Физические свойства апатита и франколита Таблица 2

| Физические характеристики                                  | 1           | 2              | 3     | 4           |
|--|-------------|----------------|-------|-------------|
| Параметры элементарной ячейки, Å                           |             |                |       |             |
| $a_0$  | 9,340±0,001 | 9,345±0,01     | —     | 9,378±0,001 |
| $c_0$  | 6,890±0,005 | 6,881±0,01     | —     | 6,874±0,001 |
| Показатели преломления (±0,001)                            |             |                |       |             |
| $n_0$  | 1,623       | 1,622          | 1,643 | 1,644       |
| $n_e$  | 1,618       | 1,617          | 0,640 | 1,640       |
| Максимум широких полос поглощения в видимой области, мμ    | 470         | 400            | ~400  | ~400        |
| Максимум широких полос люминесценции в видимой области, мμ | 525         | 650<br>Гасится | 475   | 475         |

Примечание. 1 — франколит из мощной франколитовой брекчии в фенитах; 2 — голубой франколит из железорудного месторождения; 3 — скрытокристаллический фторгидроксил апатит; 4 — призматическизернистый апатит из кальцитового карбоната.

франколита выделяется незначительное количество сорбированной воды. Только при 520° корочки минерала рассыпаются в порошок с выделением около 1% H<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> (см. расчет формулы). Голубой франколит одновременно становится бурым и восстанавливает оранжевую люминесценцию (520 мμ).

В пределах Ковдорского массива сохранились участки доледниковой коры выветривания (7), в частности кора выветривания с вермикулитом. Апатит в этой коре устойчив; модальное содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в вермикулитовых породах 4,2%, в исходных флогопитовых 4,1%. Таким образом, возникновение франколитовых брекчий приходится связывать с поверхностным процессом иного климатического типа, более ранним по времени и, следовательно, протекавшим выше современного эрозионного среза.

Геологический институт  
Кольского филиала им. С. М. Кирова  
Академии наук СССР  
г. Апатиты

Поступило  
18 X 1971

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> А. А. Кухаренко, М. П. Орлова и др., Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии, М., 1965. <sup>2</sup> Б. В. Афанасьев, Б. И. Сулимов, В. И. Терповой, Изв. высш. учебн. завед., геология и разведка, № 11 (1970). <sup>3</sup> М. И. Волкова, Н. Г. Померанцева, Химические анализы минералов Кольского полуострова. Апатиты, 1970. <sup>4</sup> Р. Г. Кнубовец, А. И. Смирнов, Кристаллография, 15, в. 3 (1970). <sup>5</sup> Ф. В. Сыромятников, И. М. Воробьев, Геология месторождений твердых полезных ископаемых, в. 4, М., 1968. <sup>6</sup> D. R. Simpson, Am. Mineralogist, 53, № 11—12 (1968). <sup>7</sup> А. В. Сидоренко, Древняя кора выветривания на Кольском полуострове, Изд. АН СССР, 1958.