

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

УДК (549.06:537.533.35):549.752.215

В.С. ГАЙДУКОВА, В.Т. ДУБИНЧУК, Л.К. ПОЖАРИЦКАЯ, Л.Л. ФЕСЮТИНА

О МИКРОВКЛЮЧЕНИЯХ ГИЛЛЕБРАНДИТА В МИНЕРАЛАХ ВИШНЕВОГОРСКОГО МАССИВА

Геологическое строение Вишневогорского массива детально охарактеризовано в ряде работ. Пироклор и циркон в этом массиве встречаются в различных участках и в различных образованиях: нефелиновых пегматитах, пегматоидных обособлениях в миаскитах, деформированных и измененных миаскитах, сиенитах, а также в карбонатитах и фенитах [2, 6]. Отобранная для электронно-микроскопического исследования коллекция пироклоров и цирконов включала образцы из разных участков массива и различных образований. В нее вошли: 1) циркон из крупного тела нефелиновых пегматитов, секущего миаскиты Центрального массива; 2) пироклор и циркон из зоны северо-западного контакта Центрального массива, в том числе: а) пироклор из деформированного и измененного миаскита, б) пироклор и циркон из крупного пегматоидного обособления в тех же миаскитах, в) пироклор из карбонатитового штокверка в тех же миаскитах; 3) пироклор из Седловидной залежи: а) пироклор из деформированного и измененного миаскита, б) пироклор из крупного пегматоидного обособления в миаските, в) пироклор из биотит-кальцитовой оторочки вокруг пегматоидного обособления.

Пироклор во всех образцах представлен округлыми зернами или октаэдрами со сглаженными ребрами и округленными вершинами размером 0,5–1,5 мм. В пегматите и пегматоидных обособлениях цвет его буровато-красный, в остальных образцах — светло-красный до оранжево-красного или темно-медового. В некоторых зернах видно зональное распределение окраски: периферические зоны — светлее, ядра — темнее, иногда — до темно-коричневых. По трещинам наблюдается помутнение и осветление пироклора, на поверхности отдельных зерен видны светлые корочки вторичного пироклора. Кроме того, в пироклоре часто видны очень мелкие включения тонкозернистого светлого полупрозрачного минерала и волосовидные просечки того же материала.

Все образцы пироклора кристаллические с размером $a_0 = 10,41-10,42 \text{ \AA}$. По химическому составу (см. таблицу) он близок к идеальной форме $\text{NaCaNb}_2\text{O}_6\text{F}$, отличается лишь присутствием заметного количества титана и H_2O . Его химический состав следующий (в мас.%): $\text{Nb}_2\text{O}_5 - 66,80$, $\text{Ta}_2\text{O}_5 - 0,18$, $\text{SiO}_2 - 0,43$, $\text{TiO}_2 - 3,27$, $\text{ThO}_2 - 0,23$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,05$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,34$, $\text{TR}_2\text{O}_3 - 1,05$, $\text{CaO} - 15,25$, $\text{Sr} - 0,56$, $\text{Na}_2\text{O} - 7,75$, $\text{K}_2\text{O} - 0,047$, $\text{H}_2\text{O}^+ - 0,74$, $\text{H}_2\text{O}^- - 0,15$, $\text{F} - 5,69$; сумма — 100,15. ИК-спектр пироклора близок к стандартному.

Циркон образует дипирамидальные кристаллы (иногда со слабым развитием граней призм) размером 0,1–10 мм. В пегматоидных обособлениях он большей частью розовато-серый или розовато-бурый, часто полупрозрачный. В остальных образцах циркон прозрачный, розоватого или желтоватого оттенка. Иногда в цирконе включены зерна пироклора.

При изучении образцов пироклора и циркона в электронном микроскопе обращалось внимание на микростроение самого минерала (матрицы) и на наличие микровключений тех или иных минеральных фаз [1].

В пироклорах электронно-микроскопическое изучение выявляет наличие раковис-

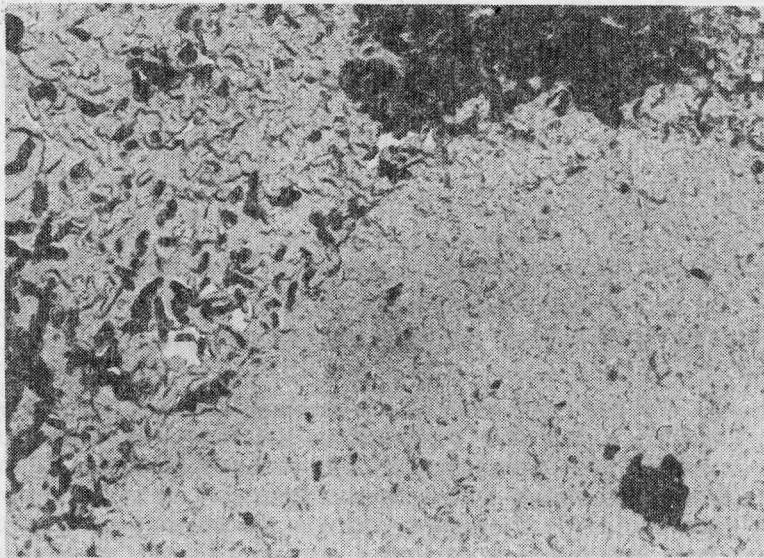


Рис. 1. На сильно корродированной поверхности пирохлора зерна перекристаллизованного пирохлора (обр. 032-1), увел. 7000



Рис. 2. Сrostок волокнистых кристаллов гиллебрандита в пирохлоре (обр. 032-1), увел. 7000

тых, ступенчатых и занозистых сколов. С процессами растворения и перекристаллизации пирохлора связано появление шагреновых корродированных поверхностей и своеобразных сетчатых коррозионных структур. Обычно процессы растворения начинают развиваться по микротрещинкам, между которыми сохраняются участки неизменного пирохлора с гладкой поверхностью.

В качестве микровключений в пирохлоре присутствуют единичные кристаллики циркона призматической формы, зерна слоистого силиката (сланцы?). По микротрещинкам развиты пленки, кристаллы и радиально-лучистые сrostки гётита, нередко наблюдаются скопления его тонкодисперсных частиц, среди которых видны более крупные чечевицеобразные зерна.

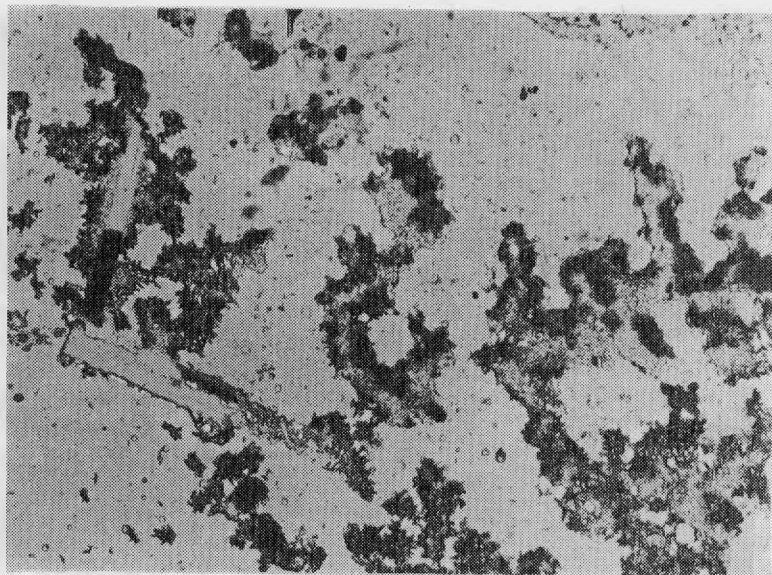


Рис. 3. Скопление тонкодисперсных зернышек гиллебрандита в пирохлоре (обр. 032-1), увел. 10 000

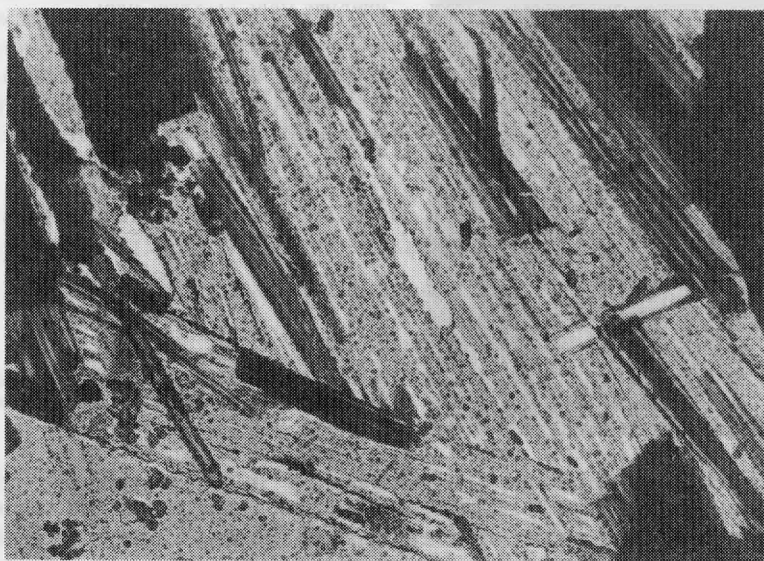


Рис. 4. Строение волокон гиллебрандита, увел. 30 000

Очень характерно присутствие переотложенного пирохлора в виде мелких изометричных или слегка удлинённых зерен, часто образующих скопления (рис. 1). Иногда удлинённые зерна переотложенного пирохлора распределены зонально. Изредка наблюдаются срастания переотложенного пирохлора с мелкими зёрнами ThO_2 (по данным микродифракции).

На корродированной поверхности, иногда вместе с переотложенным пирохлором, располагаются тонкоигльчатые кристаллы, диагностированные с помощью микродифракции, как гиллебрандит, редкий водный силикат кальция. Гиллебрандит чаще всего наблюдается в виде крупных призматических кристаллов или игльчатых сростков (рис. 2), иногда образует скопления мелкозернистого агрегата, выделения остро-

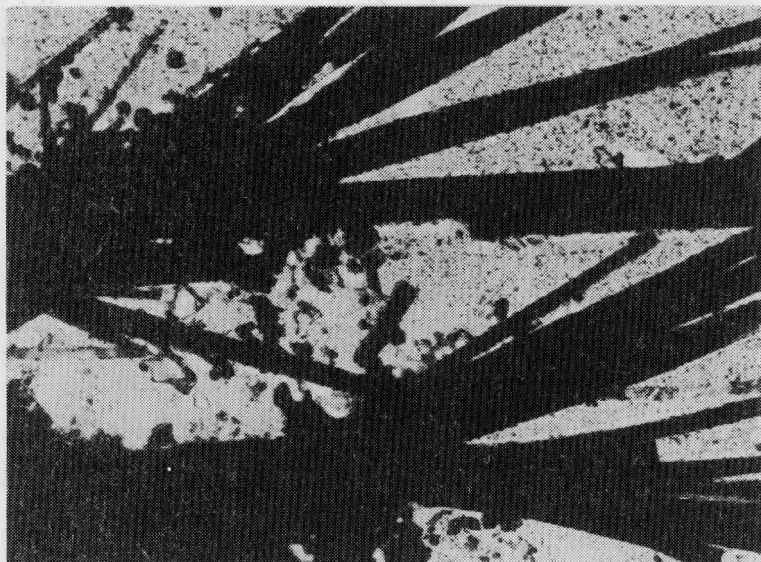


Рис. 5. Агрегаты – “метелки” гиллебрандита в цирконе (обр. 2), увел. 3000

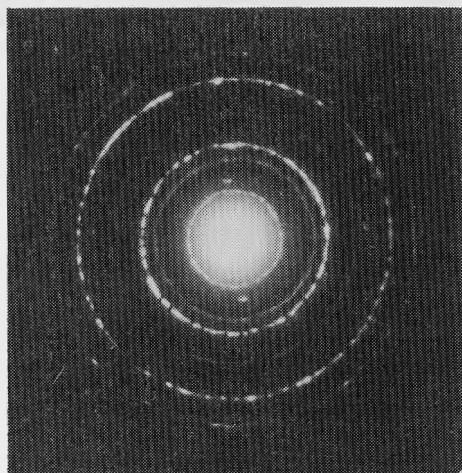


Рис. 6. Кольцевая микродифракционная картина от скопления тонкодисперсных частичек гиллебрандита

угольной формы, дендритовидные образования и радиально-лучистые сростки волокнистых кристаллов (рис. 3). При больших увеличениях видно, что волокна гиллебрандита состоят из мельчайших частичек (рис. 4). Только в одном образце пирохлора из карбонатита (обр. 0102) не отмечено микровключений гиллебрандита, зато в нем наблюдались зерна неправильной или изометричной формы, диагностированные (по микродифракции) как кубический окисел CaO (известь).

В цирконе всех образцов лишь изредка наблюдаются гладкие слабоступенчатые сколы, поверхности большей частью шагреневые, явно корродированные. На них располагаются изометричные и пластинчатые зерна перетолженного циркона или его тонкозернистые агрегаты в сростании с гидроокислами железа. Кроме того, в качестве микровключений в цирконе отмечены тонкодисперсные выделения слоистого алюмосиликата (слюды?), единичные призматические кристаллы апатита и скопления мелких зерен кубического ZrO_2 . В цирконах, которые находятся в парагенезисе с пирохлором, также постоянно присутствуют выделения гиллебрандита. Как правило, он располагается на сильно корродированной поверхности. Отмечены скопления мелких призматических зерен или игольчатых кристалликов гиллебрандита, но наи-

более характерны длинно-призматические кристаллы, образующие параллельно-волокнистые сростки или своеобразные "метелки" (рис. 5).

Как видно из приведенного описания, в вишневогорских пироклоре и цирконе в виде микровключений встречены те же фазы, которые отмечались нами в этих минералах из других месторождений: в пироклоре — циркон, слоистый алюмосиликат, ThO_2 , гётит; в цирконах — апатит (единичные зерна), слоистый алюмосиликат, кубический ZrO_2 .

Уникальной особенностью вишневогорских минералов является присутствие в них очень редкого минерала — гиллебрандита $\text{Ca}_2\text{Si}_6\text{O}_{17}\cdot\text{H}_2\text{O}$. В природе гидросиликаты кальция, такие, как ксонотлит, фошагит, афвиллит, гиrolит, гиллебрандит, изредка в небольших количествах встречаются в скарнах вместе с кальцитом. Обычно совместно находятся два-три гидросиликата кальция, причем гиллебрандит чаще встречается совместно с фошагитом и афвиллитом. У всех гидросиликатов кальция, в том числе у гиллебрандита, сильно проявлены свойства "горной шерsti" — тонкая волокнистость.

Внимание многочисленных исследователей в разных странах было привлечено к этим минералам, когда выяснилось, что они — основные и наиболее важные компоненты твердеющих цементов [7].

Структура некоторых синтезированных гидросиликатов кальция была расшифрована Н.В. Беловым и Х.С. Мамедовым [3, 4, 5]. Если ранее считалось, что в структуре гиллебрандита основными строительными блоками являются волластонитовые кремнекислородные цепочки $3[(\text{SiO}_3)_\infty] = [\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, то этими исследователями было показано, что в основе их структур лежат более сложные сдвоенные цепочки с формулой $[\text{Si}_6\text{O}_{17}]^{10-}$, названные ксонотлитовыми. Гиллебрандит — игольчатый и одновременно слоистый минерал с совершенной спайностью вдоль оси иголок. По данным Н.В. Белова и Х.С. Мамедова, из трех параметров гиллебрандита два точно совпадают с соответствующими параметрами ксонотлита:

Ксонотлит	Гиллебрандит
$a = 16,6, b = 7,26, c = 7,0 \text{ \AA}$	$a = 16,6, b = 7,26, c = 11,85 \text{ \AA}$
$Z = 2\text{Ca}_6 [\text{Si}_6\text{O}_{17}] \cdot (\text{OH})_2$	$Z = 12 \{ \text{Ca}_2 [\text{SiO}_4] \} \text{H}_2\text{O}$

Ячейка гиллебрандита составлена чередующимися слоями ксонотлита и портландита:

	Ca	Ca	Ca	} ксонотлит
		Si_6O_{17}	Si_6O_{17}	
	Ca	Ca	Ca	} портландит
Совершенная		ОН	ОН	
спайность		ОН	ОН	
	Ca	Ca	Ca	
		Si_6O_{17}	Si_6O_{17}	} ксонотлит
	Ca	Ca	Ca	

По середине слоя портландита проходит плоскость совершенной спайности (001). Эта структура хорошо объясняет наличие в природных и синтетических образцах закономерных сростаний (или прорастаний) гиллебрандита с портландитом по указанной плоскости: может возникнуть не один, а несколько промежуточных слоев $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а затем снова начаться рост гиллебрандита. Образуется гиллебрандит при низкотемпературном синтезе, особенно легко выпадает в условиях избытка $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Изученный гиллебрандит дает великолепные микродифракционные картины от различных плоскостей волокон, тонкодисперсный гиллебрандит — четкие кольцевые

микродифракции (рис. 6). Просмотр большого числа микродифракционных картин показал, что некоторые из них принадлежат ксонотлиту.

Расчет дает следующие параметры элементарной ячейки:

$a = 16,8$, $b = 7,30$, $c = 11,90$ Å — исследуемый гиллебрандит;

$a = 16,60$, $b = 7,26$, $c = 11,85$ Å — справочные данные;

$a = 16,8$, $b = 7,28$, $c = 7-8$ Å — исследуемый ксонотлит (размытые линии);

$a = 16,6$, $b = 7,26$, $c = 7,0$ Å — справочные данные.

Иногда на одной микродифракционной картине отмечалось присутствие двух отражений по оси c_0 — $(00l)$ и $(00\frac{2}{3}l)$, т.е. отражений двух фаз с разными значениями

c_0 . Вероятнее всего, это результат дегидратации минерала под электронным пучком с превращением части гиллебрандита в ксонотлит. Иногда на дифракционных картинах в плоскости $a^x b^x$ наблюдаются эффекты, указывающие на возможный дефицит или неупорядоченное положение Са в слое.

Необходимо отметить, что микровключения гиллебрандита отмечены не только в вишневогорских пироклорах и цирконах, но и в ассоциирующих с ними сфенах и ильменитах (данные Т.С. Улановой). Кроме того, обращает на себя внимание присутствие в одном из образцов пироклора зерен кубического СаО (известь). Поскольку наблюдения показывают, что портландит под электронным пучком неустойчив и, теряя воду, превращается в СаО, не исключено, что первоначально эти зерна были портландитом.

С чем связано появление микровключений гиллебрандита и портландита (?) в акцессорных минералах Вишневогорского массива, сказать пока трудно. Не исключено, что электронно-микроскопические исследования обнаружат их присутствие и в породообразующих минералах, и это поможет установить причину и условия появления гиллебрандита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайдукова В.С. Электронная микроскопия для решения практических геолого-минералогических задач. М.: Недра, 1983. 224 с.
2. Еськова Е.М., Жабин А.Г., Мухитдинов Г.Н. Минералогия и геохимия редких элементов Вишневых Гор. М.: Наука, 1964. 319 с.
3. Мамедов Х.С., Белов Н.В. О кристаллической структуре гиллебрандита // Докл. АН СССР. 1958. Т. 123, № 4. С. 741-743.
4. Мамедов Х.С., Белов Н.В. Кристаллическая структура фошагита $\text{Ca}_8[\text{Si}_6\text{O}_{17}] \cdot (\text{OH})_6$ // Докл. АН СССР. 1958. Т. 121, № 5. С. 901-903.
5. Мамедов Х.С., Белов Н.В. Кристаллическая структура минералов группы волластонита. 1. Структура ксонотлита // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. 1956. Ч. 85, вып. 1. С. 13-38.
6. Роненсон Б.М. Происхождение миаскитов и связь с ними редкометального оруденения // Геология месторождений редких элементов. М.: 1966. Вып. 28. 176 с.
7. Торопов Н.А., Никогосян Х.С., Бойкова А.И. Синтез и исследование некоторых свойств гиллебрандита и других гидросиликатов кальция // Тр. 5-го совещ. по экспериментальной и технической минералогии и петрографии. М.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 46-54.