

В. М. ПОЛЯКОВА, А. К. МИГУТА

## КОФФИНИТ ИЗ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ БРАННЕРИТА

Коффинит — силикат урана, впервые описанный в 1956 г. (Stieff et al., 1956), обнаружен сейчас на многих урановых месторождениях. В литературе в основном освещены вопросы, связанные с диагностикой минерала. Меньше данных о его парагенезисе и условиях образования. Однако известно, что коффинит довольно широко распространен как в гидротермальных, так и в осадочных месторождениях.

В описываемом случае коффинит установлен в рудопроявлении браннерита, локализованном в пироксен-роговообманковых гнейсах и гнейсо-гранитах, метасоматически измененных в прерудную стадию минералообразования, но сохранивших первичную структуру (Готман и др., 1968, 1971).

Метасоматоз вмещающих пород выражен в замещении кварца мелкокристаллическим кальцитом, темноцветных минералов — пелитоморфным агрегатом анкерита-доломита, пирита и марказита, в серицитизации плагиоклаза, а также широком развитии тонкодисперсного калиевого полевого шпата и адуляра. В дальнейшем метасоматиты подверглись многократному брекчированию с цементацией обломков браннеритом, доломитом, кальцитом, кварцем, флюоритом.

Коффинит наблюдается в метасоматически измененных брекчированных породах и их обломках в брекчиях, сцементированных урансодержащими лейкоксеновыми продуктами, которые развиваются по браннериту. Он присутствует здесь в виде рассеянных точечных выделений размером от долей до 3—4 мм. По форме выделений, оптическим и физическим свойствам, несомненно, различаются две разновидности минерала.

Первая разновидность его имеет метасоматическую природу. Коффинит образует различные по форме выделения, часто неправильных очертаний, однако в них всегда различимы элементы ограничений, свойственные темноцветным минералам вмещающих пород. Большая часть таких выделений имеет полосчатую текстуру, которая обусловлена своеобразным распределением пирита и марказита, отражающим характер системы спайности замещаемого минерала — роговой обманки или пироксена (рис. 1). Коффинит развивается между выделениями сульфидов железа, корродируя темноокрашенное непрозрачное вещество, которое характеризуется относительно низким рельефом, низкой отражательной способностью и сравнительно высокой хрупкостью. По-видимому, оно представляет собой сложную смесь продуктов разрушения темноцветных минералов. В коффините отмечаются также реликты субмикроскопических агрегатов лейкоксена, унаследованные при замещении продуктов изменения темноцветных минералов.

Коффинит описываемой разновидности окрашен в черный цвет, в порошке серо-черный. Минерал хрупкий, имеет неровный излом, сильный стеклянный блеск. Показатель преломления 1,918. О принадлежности минерала к коф-

финиту свидетельствуют результаты рентгеноструктурного исследования, выполненного Г. А. Сидоренко (табл. 1). Они показывают, что изученный минерал дает дифракционную картину, соответствующую коффиниту, описанному рядом исследователей (Stief et al., 1956; Филипенко, 1958; Мелков, Сергеева, 1962). В порошковой программе коффинита установлены линии настурана,

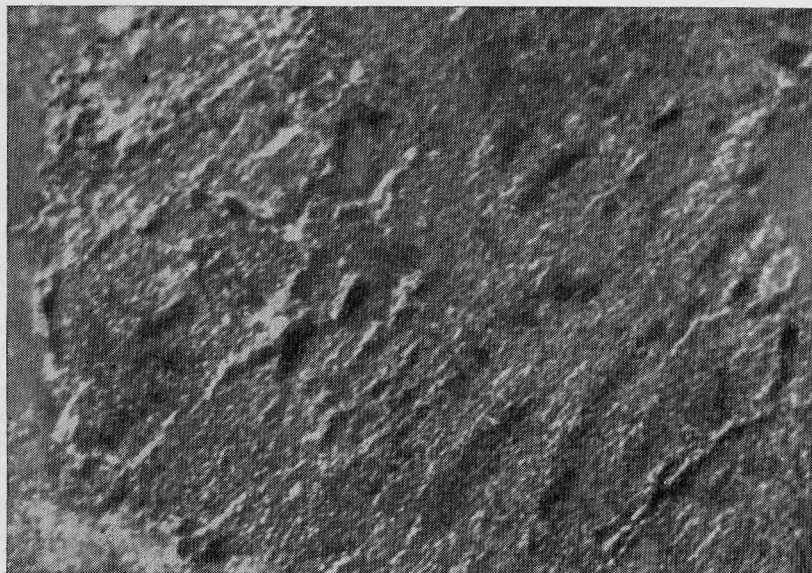


Рис. 1. Коффинит, метасоматически развивающийся по темноцветному минералу. Увел. 32

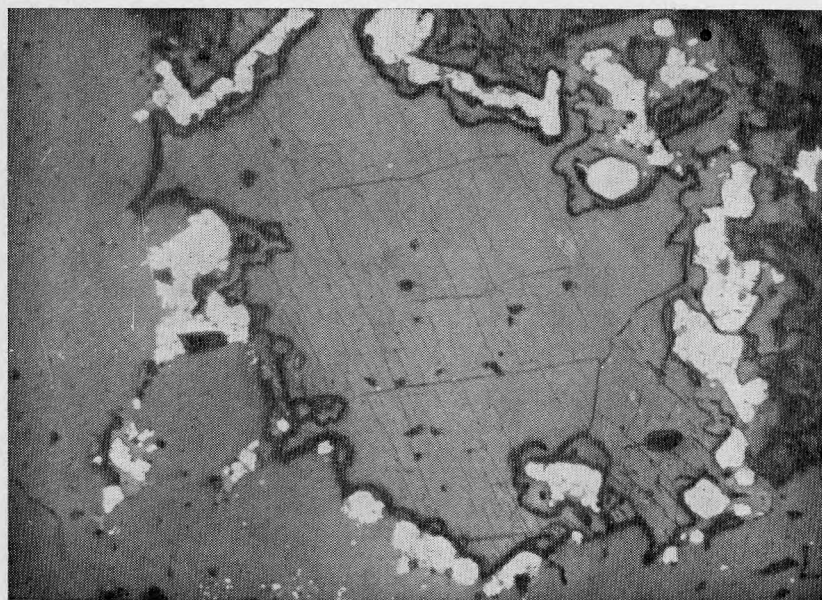


Рис. 2. Корочки кристаллически-зернистого коффинита (серое) на марказите (белое); светло-серое — кальцит. Аншлиф, увел. 70

## Межплоскостные расстояния коффинита

Изучаемый минерал						По данным В. Г. Мелкова и А. М. Сергеевой (1962)	
1		2		3		d/n	I
d/n	I	d/n	I	d/n	I		
4,615	9	4,62	—	4,615	9	4,56	4
—	—	3,73	1	—	—	—	—
3,42	10	3,46	10	3,41	10	3,42	5
—	—	3,12 *	2ш	—	—	3,12*	4
2,76}	(7	2,69	{8ш	2,74}	8ш	2,63	5
2,63}		2,63		2,60}			
2,426	5	2,44	6	2,41	4	2,48	2
2,148	2	2,16	3ш	2,15	4	2,148	4
1,978	2	1,986	2	1,970	3	1,978	3
1,900*	1	1,915*	2	1,900*	2	1,900*	3
1,794	5	1,788	3	1,781	7	1,808	5
1,719	2	1,737	1	1,719	2	1,731	3
1,629	2	1,639	6	1,629	4	1,629	4
1,538	1	—	—	1,544	1	1,553	3
1,440	2	1,452	4	1,444	6ш	1,444	2
1,345*	1	—	—	1,345*	1	1,352*	1
—	—	—	—	1,313	2	1,319	1
—	—	1,242	2	1,250	2	1,250	3
1,155	2	1,161	2	1,152	6	1,159	4
—	—	1,112	2	1,100	6	1,106	5
—	—	—	—	—	—	1,005*	1
—	—	1,051	2	0,965	4	0,9637	1
—	—	—	—	0,947	3	0,940	1

Условия съемки

Си-излучение, нефльтрованное, 40 кв, 12 ма, камера РКД, без предварительного прокаливания

Си-излучение, нефльтрованное, 40 кв, 16 ма, D=57,8 мм, без предварительного прокаливания

\* Линия настурана

хотя при микроскопическом исследовании присутствие последнего не отмечалось.

Как правило, коффинит в проходящем свете непрозрачный, черный, но в тонких срезах просвечивает буроватым цветом. В отраженном свете минерал имеет серую окраску. В табл. 2 приведены данные замеров отражательной способности и микротвердости минерала и данные, опубликованные в литературе.

Таблица 2  
Микротвердость и отражательная способность коффинита

Свойства минерала	1	2	3	4	5	6	7
Микротвердость в кг/мм <sup>2</sup>	247	292	268	291	68	131	—
по Моосу	4,4	4,6	4,5	4,6	2,5	3,1	—
Отражательная способность, %	7,1	8	8	7,8	5,6	7,5	12,2—13,2

1—3—описываемый коффинит; 4—по В. Г. Мелкову и А. М. Сергеевой (1962); 5, 6 — по Я. С. Филипенко (1958); 7 — по Эльснеру (Oelsner, 1961).

Микротвердость и отражательная способность измерены Е. К. Аксеновой на приборе ПМТС; отражательная способность определена в воздухе, в качестве эталона принят сфалерит.

Из табл. 2 видно, что отражательная способность и микротвердость описываемого коффинита не испытывают значительных колебаний и такие же (или несколько выше), как у коффинитов, изученных М. Г. Мелковым, А. М. Сергеевой и Я. С. Филипенко, но ниже значений, приведенных Эльснером (Oelsner, 1961) для кристаллически-зернистого коффинита.

Коффинит сравнительно легко разлагается в концентрированных и разбавленных кислотах. После растворения минерала остается светлый прозрачный кремнистый остаток с низким показателем преломления (1,46) и изотропностью. О химическом составе коффинита позволяют приблизительно судить результаты полуколичественного спектрального анализа. В минерале установлены (в %): U, Si 10 и более; As, Fe 3—5; Al, Ca, Mg, P, W, Pb 0,1—0,3; V, Zr, Ti 0,01—0,03; Cu, Sb, Ag, Be 0,001.

Получить материал для химического анализа не представлялось возможным, так как выделения коффинита малы, трудно поддаются диагностике макроскопически и, как видно из результатов спектрального анализа, существенно загрязнены примесями, особенно железа и мышьяка.

Микроскопические исследования показывают, что выделения коффинита интенсивно корродируются мелкозернистым флюоритом, реже кальцитом, причем последний иногда почти нацело замещает коффинит: от него остаются лишь мелкие разрозненные реликты, которые к тому же претерпели ряд изменений. Реликты коффинита желто-зеленые, стекловатые, рентгеноаморфные, а после прокаливания восстанавливается структура  $U_3O_8$ ; показатель преломления их падает до 1,617.

Вторая разновидность коффинита наблюдается в виде корочек, которые покрывают поверхность кристаллов доломита и сульфидов железа, главным образом марказита, выполняющих пустоты выщелачивания (рис. 2). Такие выделения коффинита в шлифах имеют зеленоватую окраску. Они полупрозрачны или прозрачны, в последнем случае проявляют слабое дупреломление, интерферируя в серо-желтых тонах. Корочки коффинита имеют радиально-лучистое строение и состоят из удлиненнопризматических кристаллов. Малые размеры последних (менее 0,1 мм) и их сложное срастание друг с другом создают затруднения при оптическом исследовании минерала. В отраженном свете коффинит этой разновидности имеет серую окраску, внутренних рефлексов не обнаруживает. Отражательная способность коффинита (измеренная Е. Г. Рябовой на приборе ПООС-1 по эталону СТФ-2) падает с увеличением длины световой волны, значение которой ( $\lambda_{nm}$ ) дано в скобках:  $R = 8,2$  (461); 8,1 (490); 7,6 (546); 7,5 (382); 7,5 (628); 7,5 (665).

Принадлежность минерала к коффиниту подтверждена рентгено-структурным анализом (табл. 3).

Выше отмечалось, что выделения коффинита пространственно приурочены к участкам развития урансодержащих лейкоксеновых продуктов разрушения браннерита. Изучение парагенетических ассоциаций минералов, а вместе с этим процесса минералообразования в целом позволило установить, что лейкоксенизация браннерита связана с проявлением карбонатного метасоматоза. Воздействие растворов, обогащенных углекислотой и обладавших повышенным кислородным потенциалом, вызывало окисление и раз-

Т а б л и ц а 3

Межплоскостные расстояния кристаллически-зернистого коффинита

$d/n$	$I$	$d/n$	$I$	$d/n$	$I$	$d/n$	$I$
4,58	8	1,777	4	2,60	7	1,434	2
3,43	10	1,625	5	2,20	2	1,243	2
2,805	2	1,538	1	1,997	3	1,02	1

ложение браннерита на окислы основных компонентов  $TiO_2$  и  $UO_3$ . При этом двуокись титана оставалась на месте, преобразуясь в анатаз, уран же в значительной части мигрировал. Однако наличие в боковых породах выделений дисульфидов железа препятствовало широкой миграции урана — он осаждался в близлежащих участках в форме коффинита, метасоматически развивавшегося по продуктам изменения пиритизированных темноцветных минералов (Готман и др., 1971).

Образование кристаллически-зернистой разновидности коффинита происходило позже, в заключительную стадию минералообразования, когда концентрация кремнезема и урана в растворах достигала оптимальных значений, отвечавших выпадению коффинита (Рафальский, 1963).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Готман Я. Д., Полякова В. М., Мигута А. К. О новой разновидности браннерита. — Докл. АН СССР, 1968, **179**, № 2.
- Готман Я. Д., Полякова В. М., Мигута А. К. Новое о браннерите и продуктах его окисления. — В кн. «Новые данные о минералах СССР». Вып. 20. Изд-во «Наука», 1971.
- Мелков В. Г., Сергеева А. М. Некоторые данные о коффините. — Записки Всес. мин. об-ва, 1962, вып. 2, ч. ХСП.
- Рафальский Р. П. Физико-химическое исследование условий образования урановых руд. Госатомиздат, 1963.
- Филипенко Я. С. Первая находка коффинита в СССР. — Атомная энергия, 1958, 4, вып. 6.
- Oelsner O. Über ein neues Vorkommen von Coffinit in sächsischen Erzgebirge und Methoden zu seiner Erkennung. — Geologie, 1961, 10, Hf. 7.
- Stieff L. R., Stern T. W., Scherwood A. M. Coffinite a uranous silicate with hydroty, substitution a new mineral. — Amer. Min., 1956, **41**, № 9—10.
- Strunz H., Seeliger E. Erzpetrographie der primären uranmineralien von Wolsendorf Erste Teststellung von Coffinit und einer Uranlagerstätte Mitteleuropas. — Neues Jahrb. Mineral., 1960, Abh. 94, 2.