

Т. И. ГЕТМАНСКАЯ

**О ПСЕВДОМОРФОЗАХ БЕРТРАНДИТА  
И ФЛЮОРИТА ПО ПИРИТУ**

При изучении флюорит-слюдистых бериллийсодержащих пород на одном из полиметаллических месторождений Сибири автором были встречены необычные псевдоморфозы бертрандита и флюорита по пириту.

Месторождение приурочено к нижнепалеозойскому осадочно-метаморфическому комплексу пород, представленному доломитами с маломощными линзами кварц-слюдистых и хиастолитовых сланцев.

Осадочные породы прорваны крупной дайкой порфировидных гранитов предположительно мезозойского возраста. Эта дайка характеризуется сложной морфологией, обусловленной невыдержанной мощностью (5—40 м) и простираем. Порфировидные граниты подверглись интенсивной березитизации с широким развитием серицита, карбоната и пирига. Вдоль контактов и внутри дайки развиты отдельные локальные зоны флюорит-слюдистого состава с бертрандитом, эвклазом и фенакитом. Апофизы дайки полностью замещены флюорит-слюдистым агрегатом с аналогичной бериллиево-минерализацией.

Бертрандит и фенакит образуют преимущественно мелкую неравномерную вкрапленность и лишь иногда присутствуют в маломощных флюоритовых прожилках и линзах. Эвклаз связан только с линзами и прожилками, секущими флюорит-слюдистую породу.

В отдельных участках рудных зон встречаются идиоморфные выделения квадратного, пятиугольного и гексагонального сечений, выполненные агрегатом флюорита, бертрандита и слюдки; реже — одним из этих минералов. Там, где в ассоциации с этими образованиями встречаются окисленные кристаллы пирита, наблюдается полная идентичность их формы. Это позволило предположить, что необычные идиоморфные выделения являются псевдоморфозами по кристаллам пирита.

Под микроскопом в центральных частях некоторых вкрапленников встречены реликты пирита и сидерита (рис. 1 и 2). Присутствие реликтового сидерита дает основание отнести эти идиоморфные выделения к псевдоморфозам 2-го порядка, заполнявшим пустотки гидротермального выщелачивания псевдоморфоз 1-го порядка — сидерита по пириту.

По составу среди псевдоморфоз можно выделить две разновидности:

- 1) полиминеральные псевдоморфозы, состоящие из флюорита, бертрандита и слюды с реликтами пирита, сидерита и лимонита (рис. 3);
- 2) мономинеральные псевдоморфозы, состоящие из флюорита или бертрандита и, в единичных случаях, из агрегата слюды; наиболее

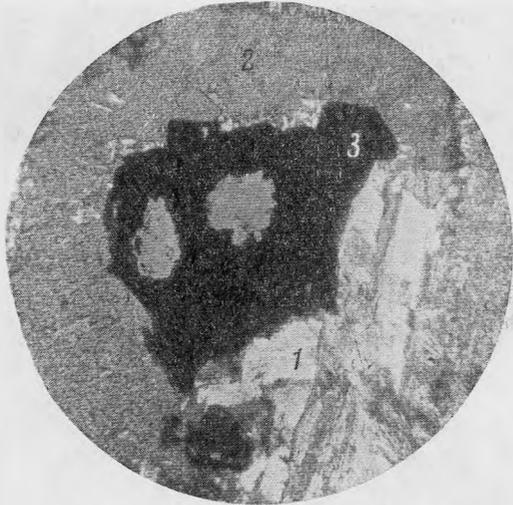


Рис. 1. Псевдоморфоза бертрандита (1) и флюорита (2)  
с реликтами пирита (3)  
Увел. 45, николи+

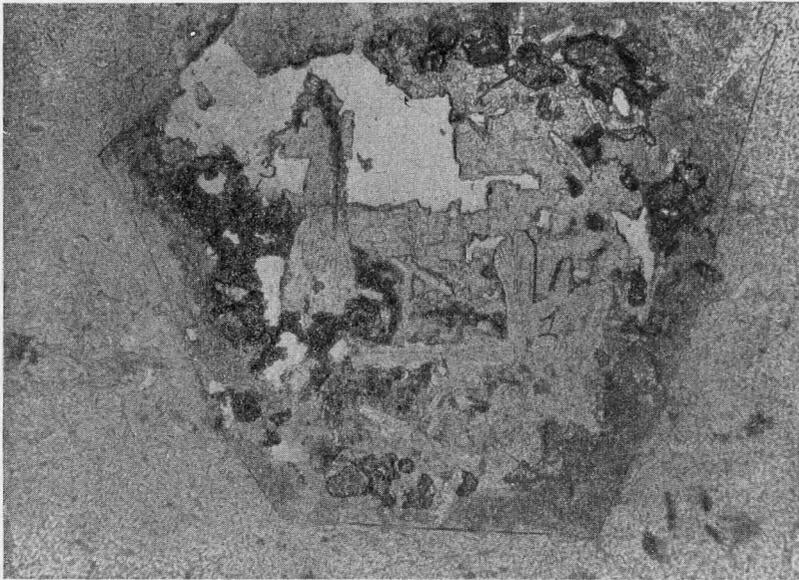


Рис. 2. Псевдоморфоза бертрандита (1) с реликтами пирита (3) и сидерита (2)  
Увел. 42, при одном николе

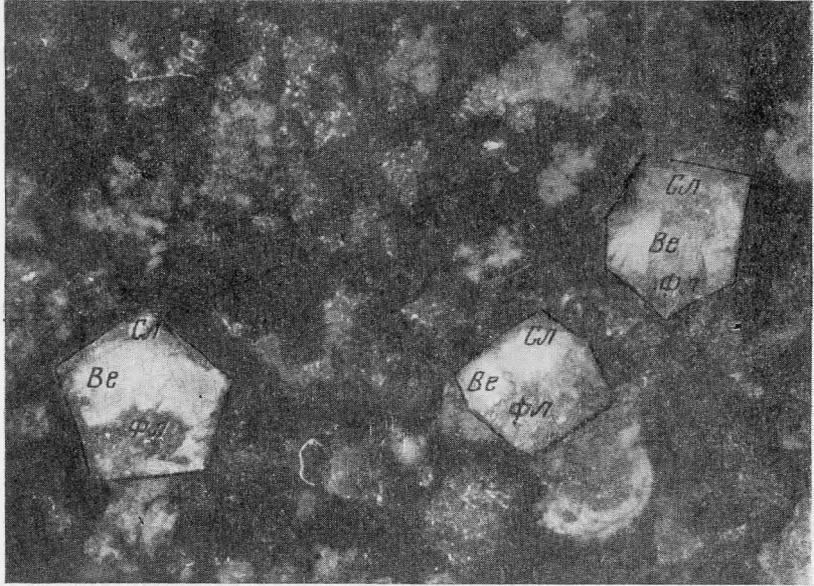


Рис. 3. Полиминеральные псевдоморфозы по пириту  
*Be* — берtrandит, *Фл* — флюорит, *Сл* — слюда. Увел. 6

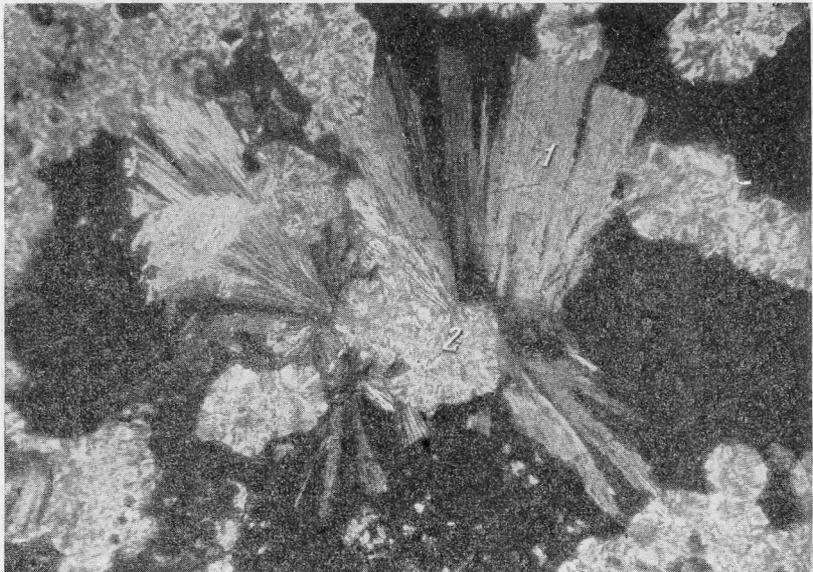


Рис. 4. Развитие слюдки (2) по берtrandиту (1)  
 Увел. 30, николи+



Рис. 5. Псевдоморфоза флюорита (Фл) по пириту (П) концентрически-зонального строения  
Увел. 72, при одном никеле

распространены полиминеральные псевдоморфозы с варьирующим количественным соотношением флюорита, бертрандита и слюдки.

Бертрандит образует идиоморфные пластинчатые по (010) кристаллы и лучистые агрегаты молочно-белого, реже — бледно-розового цвета (рис. 2). Блеск стеклянный. Спайность по (001) совершенная, по (010) хорошая. Удельный вес 2,57 (определен из малых навесок методом Н. И. Руденко и М. М. Василевского; среднее из трех определений). В шлифах бертрандит прозрачен, с большим количеством включений флюорита. Показатели преломления:  $N_g = 1,612$ ,  $N_m = 1,604$ ,  $N_p = 1,589$ ,  $N_g - N_p = 0,023$ ;  $(- )2V = 72^\circ$ . Удлинение положительное ( $N_g = C$ ).

Диагностика бертрандита подтверждена рентгеноструктурным анализом. Дебаграмма бертрандита, полученная Г. А. Сидоренко в лаборатории ВИМС, близка к дебаграммам бертрандитов из других месторождений (Гинзбург и др., 1965).

Бертрандит корродируется розетковидной бесцветной слюдкой (рис. 4).

Флюорит темно-фиолетовой или ярко-зеленой окраски, реже бесцветный. Интересна закономерность: бертрандит ассоциирует, как правило, с фиолетовым флюоритом, псевдоморфозы же зеленого флюорита обычно свободны от каких-либо включений.

Слюдка — из группы мусковита, бледно-зеленая, в шлифе бесцветная. Развивается преимущественно в периферийных зонах вкрапленников в виде лучистых агрегатов, ориентированных перпендикулярно к граням замещенных кристаллов. Показатели преломления:  $N_g = 1,590$ ,  $N_m = 1,584$ ,  $N_p = 1,554$ ,  $N_g - N_p = 0,036$ ,  $(- )2V = 48^\circ$ .

Сидерит образует бурые каемки и тонкие прожилки в реликтах пирита. Иногда он сохраняется на гранях замещенных кристаллов в псевдоморфозах бертрандита (рис. 2) и флюорита. Вероятно, в тех случаях, когда замещение пирита сидеритом было неполным, после выщелачивания сидерита и заполнения пустот флюоритом и бертрандитом в псевдоморфозах сохранялись реликты пирита.

Интересной разновидностью являются концентрически-зональные псевдоморфозы. Появление их обусловлено зональным строением кристаллов пирита, при избирательном замещении и выщелачивании которого образовались своеобразные скелеты выполнения, представленные чередованием зон пирита, флюорита и берtrandита (рис. 5). При этом выщелачивание и заполнение осуществляется обычно от периферии к центру кристаллов. В ряде случаев в центральных частях псевдоморфоз встречаются идиоморфные реликты пирита, что также подтверждает зональность замещенных кристаллов.

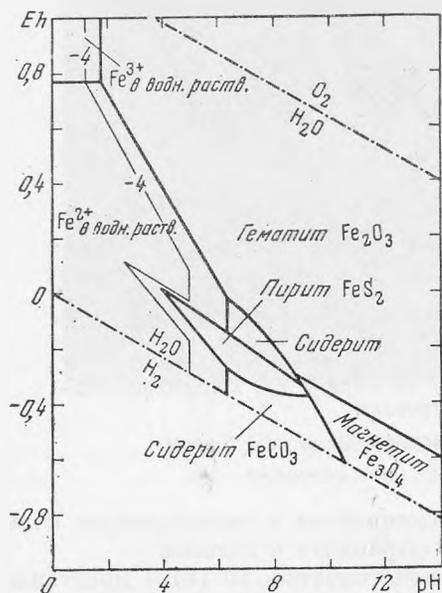


Рис. 6. Соотношения устойчивости окислов, сульфидов и карбоната железа в воде при 25° и 1 атм общего давления

Таким образом, образование берtrandита происходило после гидротермального выщелачивания сидерита в кислой обстановке при высоком окислительном потенциале.

Жизнь критерием резко восстановительной или же умеренно восстановительной обстановки во многих железных рудах, а также, по-видимому, и отсутствия заметных концентраций двухвалентной серы и относительно высокой активности растворенной углекислоты». Из этой диаграммы, а также из ряда других диаграмм по соотношению устойчивости минералов железа в различных условиях следует, что разложение сидерита и вынос железа гидротермальными растворами возможны лишь в кислой среде при высоком окислительном потенциале. Эти выводы подтверждаются и проведенными экспериментальными исследованиями (В. В. Иваненко, Ф. В. Сыромятников).

Таким образом, образование берtrandита происходило после гидротермального выщелачивания сидерита в кислой обстановке при высоком окислительном потенциале.

## Выводы

1. Обнаружены не описанные ранее в литературе сложные псевдоморфозы берtrandита, флюорита и слюды по пириту, которые позволили восстановить последовательность выделения минералов и сделать ряд интересных выводов об условиях образования берtrandита.

2. Наличие псевдоморфоз позволило установить место бериллиевой минерализации (бертрандит, фенакит, эвклаз) в общем процессе минералообразования.

Флюорит-слюдисто-бериллиевая стадия накладывается на стадию березитизации и тесно связана с ней в пространстве.

3. Образование бертрандита происходило в близповерхностных низкотемпературных условиях при высокой активности углекислоты, в кислой среде с высоким окислительным потенциалом.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Батлер Б. С. Возможное объяснение высокого содержания окисного железа в известковых контактных зонах. — Сб. «Вопросы физико-химии в минералогии и петрографии». ИЛ, 1950.
- Гинзбург А. И., Заболотная Н. П., Куприянова И. И., Новикова М. И., Назарова А. С., Шпанов Е. П. Бертрандит-фенакитовые месторождения — новый тип бериллиевого сырья. — Геол. месторожд. редких элем., вып. 30. Изд-во «Недра», 1965.
- Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. — Сб. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, 1955.
- Иваненко В. В., Мелентьев Б. Н., Памфилова Л. А., Хромов А. В. О взаимодействии гематита с водными растворами при 100 и 160°. — Труды 6-го совещ. по эксперим. и технич. минералогии и петрографии, 1962.
- Гаррелс Р. Минеральные равновесия. ИЛ, 1962.
- Кутукова Е. И. Бертрандит со Среднего Урала. — Труды ИМГРЭ АН СССР, вып. 3, 1959.
- Сыромятников Ф. В., Макарова А. П. Некоторые результаты экспериментов по метасоматическому замещению кальцита галенитом и галенита магнетитом. — Труды 6-го совещ. по эксперим. и технич. минералогии и петрографии, 1962.