

УДК 549.0

МИНЕРАЛОГИЯ

В. И. ШУЛЬДИНЕР

БИОТИТ-ГРАНАТОВЫЙ ГЕОТЕРМОМЕТР В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

(Представлено академиком В. С. Соболевым 3 II 1976)

Коэффициент распределения магния между гранатом (Gr) и биотитом (Bi) в бедных кальцием метаморфических породах $\left(K_D = \frac{m_{Gr}(1-m_{Bi})}{m_{Bi}(1-m_{Gr})} \right)$,

где $m = \frac{Mg}{Mg+Fe+Mn}$) определяется в основном температурой и мало

зависит от других факторов минералообразования. Эта зависимость K_D от температуры положена Л. Л. Перчуком ⁽¹⁾ в основу его биотит-гранатового геотермометра, широко используемого в петрологической практике. Та же практика показала, однако, что в наиболее высокотемпературной области чувствительность и надежность этого геотермометра падают. Гранулитовые породы разных температурных субфаций с его помощью не различаются, хотя разница между ними по температуре может достигать, судя по экспериментальным данным, 300°С и более. При этом биотит-гранатовый геотермометр в трактовке Л. Л. Перчука практически не дает значений, превышающих 750° ⁽²⁾, тогда как температура кристаллизации наиболее высокотемпературных пород может превышать 1000° ⁽³⁾.

Для примера рассмотрим положение на диаграмме Л. Л. Перчука трех неодинаковых по температуре гранулитовых комплексов

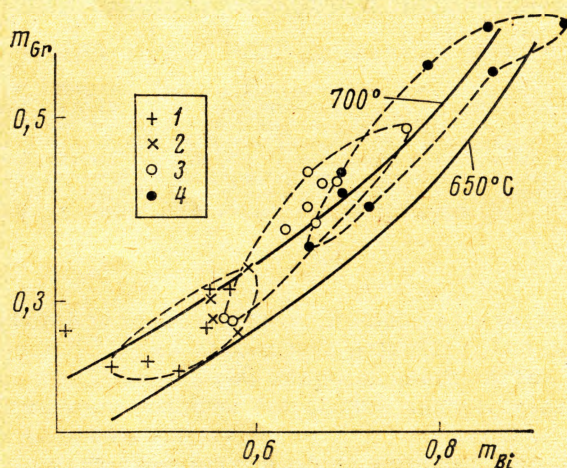


Рис. 1. Точки различных по температуре гранулитовых комплексов на диаграмме Л. Л. Перчука. 1 — сравнительно низкотемпературные (из зоны, переходной к амфиболитовой фации) породы Адирондака ⁽⁴⁾; 2 — такие же по температуре породы кольской серии ⁽⁵⁾; 3 — породы кольской серии из высокотемпературной зоны (гиперстен-кордиеритовая субфация) ⁽⁵⁾; 4 — наиболее высокотемпературные гранулиты чогарского комплекса (сапфириин-кварцевая субфация, по оптическим данным) ⁽³⁾

(рис. 1). Минералы этих комплексов, в соответствии с разными условиями их кристаллизации, сильно различаются по магнезиальности, но вместе с тем их точки располагаются примерно вдоль одной изограды. При этом в участках, где поля разных комплексов перекрывают друг друга по магнезиальности, точки более высокотемпературных комплексов, как правило, оказываются даже смещенными в сторону более низких K_D . Таким образом, с ростом температуры тенденция к возрастанию K_D , четко выраженная в низко- и среднетемпературной области, постепенно уменьшается и сходится на нет. Более того, создается впечатление инверсии в поведении K_D , который, достигнув максимума при некоторой температуре, начинает с дальнейшим ростом температуры уменьшаться.

Эта мысль находит подтверждение в наблюдаемых закономерностях изменения составов граната и биотита в зависимости от температуры (рис. 2). В области умеренных температур эпидот-амфиболовой фации пределы колебаний m_{Bt} ($\sim 0,4-0,6$) мало меняются с повышением температуры, тогда как m_{Gr} меняется сильно. С переходом к гранулитам рост температуры вызывает одновременное увеличение m_{Bt} и m_{Gr} , благодаря чему темпы сближения этих величин замедляются. С момента же обра-

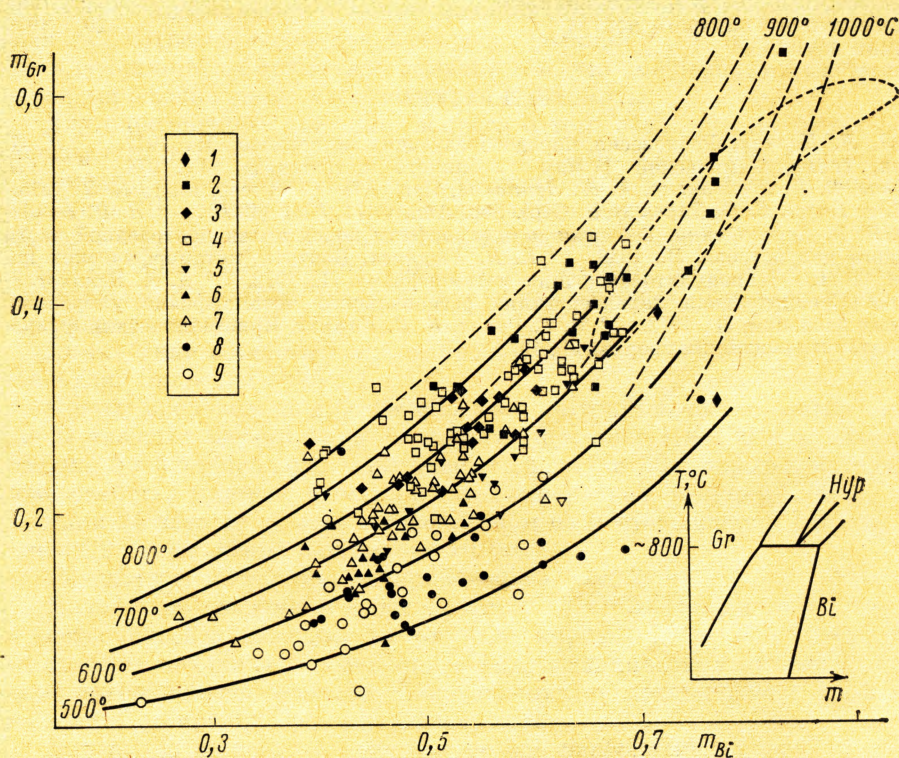


Рис. 2. Зависимость эмпирического распределения магнезии между гранатом и биотитом от температуры метаморфизма в бедных кальцием породах (справа — принципиальная схема изменения этой зависимости с ростом температуры). 1-4 — гранулитовая фация: высокотемпературные породы шпинель-кварцевой (1) и кордиерит-гиперстеновой (2) субфации, относительно низкотемпературные породы из комплексов, переходных к амфиболовой фации (3), и нерасчлененные образования (4); 5-7 — амфиболовая фация: дистеновые и жедритовые породы без мусковита (5), мусковитовые (6) и прочие (7) породы; 8, 9 — эпидот-амфиболовая фация: ставролитовые (8) и прочие (9) сланцы. Пунктирный контур — поле гранулитов сапфири-кварцевой субфации (по рис. 1). Прерывистые изограды — для гранулитов кордиерит-гиперстеновой и более высокотемпературных субфаций. Использованы материалы из сводок (2-9)

зования гиперстен-кордиеритового парагенезиса биотит быстро вытесняется в магнезиальную область и разница магнезиальности биотита и граната начинает, по-видимому, возрастать, что ведет уже к уменьшению K_D . Действительно, при переходе от низко- к самым высокотемпературным субфациям гранулитов m_{Gr} возрастает от 0,3 до 0,5–0,6, тогда как m_{Bt} — от 0,4–0,5 почти до 1*, т. е. разница между m_{Gr} и m_{Bt} на этом температурном интервале увеличивается более чем вдвое: от 0,1–0,2 до 0,4–0,5. Такая инверсия связана, скорее всего, с изменением парагенетических соотношений в рассматриваемой системе.

Составленная в соответствии с изложенными выводами диаграмма зависимости «эмпирического» K_D от температуры (рис. 2) является схематичной и требует усовершенствования, но, видимо, находится в лучшем соответствии с имеющимися в настоящее время данными о температурах гранулитового метаморфизма. При ее построении за основу были приняты следующие упрощенные представления: верхняя граница устойчивости ставролита 600°, мусковита 650°, некоторых кианитов и жедритов 700°, что соответствует верхней границе амфиболитовой фации; температура появления гиперстен-кордиеритового парагенезиса — примерно 800°, температура формирования пород гиперстен-силлиманитовой, шпинель-кварцевой и сапфирин-кварцевой субфаций 900–1000°С и более.

Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного научного центра
Академии наук СССР
Владивосток

Поступило
20 I 1976

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Л. Перчук, Равновесия породообразующих минералов, М., 1972. ² Л. Л. Перчук, Термодинамический режим глубинного петрогенеза, М., 1974. ³ Л. П. Карсаков, В. И. Шульдинер, А. М. Ленников, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1975). ⁴ А. Е. J. Engel, C. G. Engel, Bull. Geol. Soc. Am., v. 71, № 1 (1960). ⁵ Л. П. Бондаренко, В. Б. Дагелайский, Геология и метаморфизм пород архея центральной части Кольского полуострова, Л., 1968. ⁶ Е. Н. Ушакова, Биотиты метаморфических пород, М., 1971. ⁷ Гранулитовая фация метаморфизма, Л., 1972. ⁸ Д. А. Великославинский, Сравнительная характеристика регионального метаморфизма умеренных и низких давлений, Л., 1972. ⁹ М. Г. Равич, Е. Н. Камнев, Кристаллический фундамент Антарктической платформы, Л., 1972.

* Не исключено, что столь интенсивное снижение железистости высокотемпературных биотитов отчасти компенсируется возрастанием их титанистости. Проверка показала, однако, что между этими параметрами корреляция отсутствует, и, следовательно, данный механизм перераспределения Mg и Fe ведущей роли не играет.