

К. Б. КЕПЕЖИНСКАС

**ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА СОСТАВ ГРАНАТОВ
СРЕДНЕТЕМПЕРАТУРНЫХ МЕТАПЕЛИТОВ**

(Представлено академиком В. С. Соболевым 25 I 1971)

Минеральные парагенезисы природных гранатов чрезвычайно разнообразны. Распространение гранатов не ограничивается какой-либо группой пород или температурной ступенью, за исключением начальных стадий метаморфизма. В связи с этим проблеме зависимости состава гранатов от условий образования посвящено большое количество работ ((^{1, 5, 6, 9, 13, 16, 18-20}) и др.). Полученные выводы касались главным образом следующих аспектов: изменения состава гранатов в зависимости от температуры, взаимоотношения с другими сосуществующими минералами и связь с составом вмещающих пород. Вопрос о влиянии давления на состав гранатов изучен более слабо, а в отношении среднетемпературных метапелитов практически не рассматривался.

Настоящая статья посвящена исследованию данной проблемы на основе статистического изучения состава гранатов из метапелитов разных типов метаморфизма. Исходным материалом послужили полные химические анализы гранатов, химический и модалый состав вмещающих их пород и данные о сосуществующих минералах, имеющиеся в опубликованной литературе ((^{1, 4, 7-9, 11, 12, 14, 15, 17}) и др.). В расчет включены анализы, в которых $\text{SiO}_2 < 40$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 3$; $99,5 < \Sigma < 100,5$ вес. %.

Фациальные подразделения соответствуют схеме метаморфических фаций (²); зоны выделены по появлению индекс-минералов. Автор ограничился гранатами, отвечающими температурному интервалу эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций, поскольку здесь наиболее четко проявлена метаморфическая зональность и есть достаточно веские критерии выделения двух типов метаморфизма в отношении давления: дистен-силлиманитового и андалузит-силлиманитового.

В табл. 1 приведены средние значения весовых содержаний окислов в гранатах минеральных ассоциаций из различных метаморфических зон и фаций дистен-силлиманитового (Дист — Сил) и андалузит-силлиманитового (Анд — Сил) типов метаморфизма (в скобках даны значения средних квадратичных отклонений). Сравнение проведено при помощи методики, примененной нами ранее (³).

В химическом составе гранатов с увеличением давления (при относительно постоянном T и составе вмещающих пород, который контролируется единообразием минеральных ассоциаций) установлены следующие изменения: уменьшение среднего содержания MnO ($t = 3,83$, $t_{01} = 2,68$ для III и VII типов и $t = 3,90$, $t_{01} = 2,69$ для II и VI типов) и увеличение среднего содержания CaO ($t = 5,14$, $t_{01} = 2,75$ для III и VII типов и $t = 3,75$, $t_{01} = 2,72$ для II и VI типов). Различия по составу между типами I и V незначимы при данном объеме выборки.

Различия в содержании CaO в гранатах с увеличением P можно объяснить смещением составов по следующим схемам:

- 1) анортитовый компонент Пл $\rightarrow$ Са-компонент Гр + Al_2SiO_5 + Кв;
- 2) (Fe, Mg)-компонент Гр + анортитовый компонент Пл $\rightarrow$ Са-компонент Гр + Ст + Кв (при отсутствии Сил).

В этом случае следует ожидать зависимости между содержанием СаО в Гр и номером сосуществующего Пл. Для выявления этого построен рис. 1, из которого видно, что для силлиманитовой и ставролитовой зон Анд — Сил-типа метаморфизма намечается ожидаемая положительная связь между номером Пл и содержанием СаО в Гр. Соответствующие статистические оценки показывают, что эта связь достоверна даже при имею-

Т а б л и ц а 1

Тип метаморфизма	Дист — Сил				Анд — Сил		
Фация	Дист-гнейсов	Дист-сланцев			Сил-Би-гнейсов (Амф)	Анд-Сил-Му-сланцев (Эп — Амф)	
Зона	—	Сил	Ст	Гр	—	Сил	Ст
Ассоциация	Кв + Пл + + Гр + Би + + КШП + + Сил + + Дист	Кв + Пл + + Би + Гр + + Сил + + Дист + + Му + Ст	Кв + Пл + + Му + Би + + Гр + Ст + + Дист + + Хл	Кв + Му + + Би + Гр + + Пл + Хл + + Эп	Кв + Пл + + Би + Гр + + КШП + + Сил	Кв + Пл + + Би + Гр + + Сил + + Анд + Му	Кв + Пл + + Му + Би + + Гр + + Анд + Хл
Парагенетический тип	I (n = 13)	II (n = 35)	III (n = 36)	IV (n = 20)	V (n = 34)	VI (n = 22)	VII (n = 15)
SiO ₂	37,94 (0,90)	37,70 (0,59)	37,82 (0,50)	37,33 (1,19)	38,22 (1,24)	38,32 (1,28)	38,50 (1,32)
TiO ₂	0,14 (0,11)	0,64 (0,67)	0,32 (0,27)	0,45 (0,43)	0,15 (0,12)	0,24 (0,22)	0,28 (0,22)
Al ₂ O ₃	21,12 (0,78)	20,90 (0,61)	20,68 (0,85)	19,72 (0,96)	21,41 (1,00)	20,53 (0,98)	20,03 (1,37)
Fe ₂ O ₃	2,31 (2,85)	0,96 (0,84)	1,39 (0,94)	2,46 (1,09)	1,32 (0,93)	1,45 (1,06)	1,80 (1,48)
FeO	29,58 (4,56)	31,80 (2,60)	30,85 (2,64)	29,49 (3,56)	30,62 (1,97)	29,34 (3,11)	29,58 (2,34)
MnO	1,29 (1,00)	1,84 (1,63)	3,10 (1,96)	3,05 (3,31)	1,25 (0,98)	4,30 (2,67)	5,32 (2,26)
MgO	5,15 (1,48)	3,75 (0,98)	2,81 (0,76)	2,54 (1,08)	5,51 (1,75)	4,27 (1,27)	2,50 (0,95)
CaO	2,02 (1,04)	2,37 (1,12)	2,91 (1,12)	4,59 (2,54)	1,84 (0,77)	1,56 (0,49)	1,78 (0,47)

П р и м е ч а н и е. Анд — андалузит, Би — биотит, Гр — гранат, Дист — дистен, Кв — кварц, КШП — калишпат, Му — мусковит, Пл — плагиоклаз, Сил — силлиманит, Ст — ставролит, Хл — хлорит, Эп — эпидот, Амф — амфибол. n — число анализов.

щемся объеме фактического материала ($r = 0,61$, $r_{\text{знач}} \geq 0,38$). Для гранатов аналогичных зон Дист — Сил-типа эта связь менее выражена. Коэффициент корреляции остается положительным, но его достоверность ниже 95%-го уровня значимости при данном числе анализов ($r = 0,30$, $r_{\text{знач}} \geq 0,39$). Последнее, по-видимому, обусловлено тем, что зоны отвечают приблизительно одинаковому T , но в каждом типе метаморфизма в отдельности (особенно Дист — Сил) имеется значительный интеграл по давлению, который затушевывает эту зависимость. На содержание СаО в Гр помимо указанных причин влияют дополнительные факторы, в том числе железистость и марганцевистость граната. Увеличением дисперсий величин железистости в гранатах, возможно, также объясняется отсутствие значимых различий по содержанию СаО между I и V типами.

На рис. 1 весьма отчетливо видно резкое обособление точек, отвечающих двум различным типам метаморфизма по давлению. И хотя области не совсем равноценны в отношении T (в Анд — Сил-типе преобладают гранаты Сил-зоны, в Дист — Сил-типе — гранаты Ст-зоны), вышесказанное позволяет рекомендовать содержание СаО в гранате и номер сосуществующего плагиоклаза в парагенезисах, содержащих силлиманит или ставролит,

для установления принадлежности ассоциации к Дист — Сил- или Анд — Сил-типу метаморфизма (в том случае, когда ни Дист, ни Анд не найдены).

Следует также отметить, что возможна частичная оценка давления по номеру плагиоклаза и содержанию СаО в гранате на основе графика (рис. 1) даже для пород без силлиманита и ставролита, но в этом случае она дает «максимальное» значение P , т. е. попадание точки в область анда-

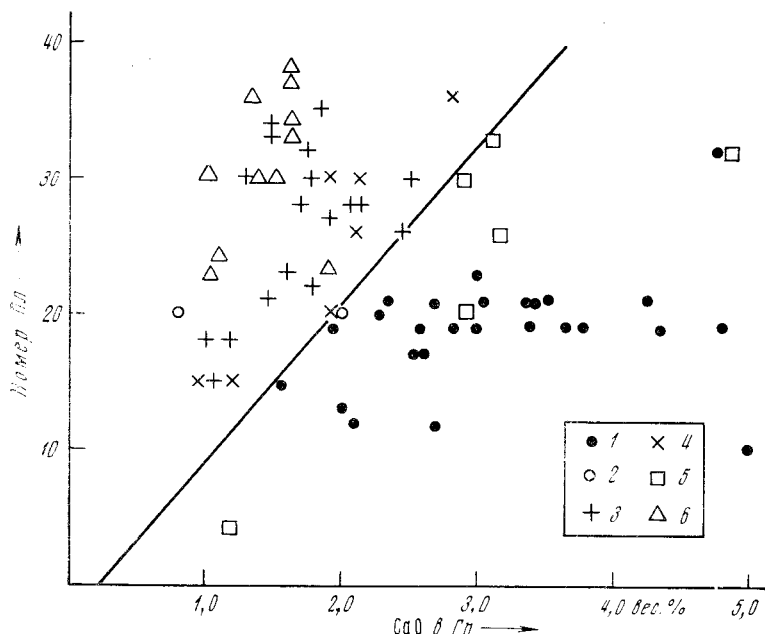


Рис. 1. Соотношение весовых содержаний СаО в гранатах и анортитового компонента сосуществующих плагиоклазов (номер Пл) из метapelитов дистен-силлиманитового и андалузит-силлиманитового типов метаморфизма. 1—4 — исходные данные: 1 — Дист — Сил-тип, Ст-зона; 2 — Дист — Сил-тип, Сил-зона; 3 — Анд — Сил-тип, Сил-зона; 4 — Анд — Сил-тип, Ст-зона. 5, 6 — проверочные данные: 5 — Дист — Сил-тип, Ст-зона; 6 — Анд — Сил-тип, Амф-фация

лузит-силлиманитового типа однозначно говорит о принадлежности пород именно к этому типу, тогда как попадание ее в область дистен-силлиманитового типа оставляет вопрос открытым.

Расположение точек, отвечающих отдельным зонам в пределах Анд — Сил-типа (рис. 1), показывает некоторое смещение, обусловленное температурой, но перекрытия очень велики, и, по-видимому, можно считать, что колебания температуры сказываются гораздо меньше, чем различия в давлении.

Учитывая высокую связь кальциевого компонента гранатов с параметром решетки, для этой классификационной цели следует попытаться рассчитать дискриминантную функцию с учетом номера сосуществующего плагиоклаза и параметра элементарной ячейки граната (чтобы можно было обойтись без химико-аналитических определений).

Проверка указанной закономерности на основе дополнительных литературных данных (⁴, ⁸, ¹⁰) и др.) дает очень обнадеживающие результаты (см. рис. 1).

Уменьшение среднего содержания MnO в гранатах с ростом давления пока не находит столь очевидного объяснения. Можно предположить, что это в первую очередь связано с возрастанием количественной роли граната в породах Дист — Сил-типа метаморфизма. Но такая тенденция является

чисто статистической и не исключает заметных отклонений. Содержание марганца в гранате не является прямой функцией величины давления, а зависит именно от количества граната в породе.

В связи с наличием значимых отличий в составе гранатов, отвечающих различным давлениям, расчет коэффициентов распределения, дискриминантных функций и пр. с целью установления степени (т. е. T) метаморфизма, должен вестись для дистен-силлиманитового и андалузит-силлиманитового типов метаморфизма отдельно.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
15 I 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. А. Великославинский, Тр. Лаб. геол. докембрия, в. 11 (1960). ² Н. Д. Добрецов и др., Фации метаморфизма, 1, 1970. ³ К. Б. Кепежинская, Статистический анализ хлоритов и их парагенетические типы, «Наука», 1965. ⁴ В. П. Лебедев и др., В сборн. Минералогия и геохимия, в. 1, 1964. ⁵ Л. Л. Перчук, Равновесия породообразующих минералов, «Наука», 1970. ⁶ Н. В. Соболев, Парагенетические типа гранатов, «Наука», 1964. ⁷ Н. Г. Судовиков и др., Геология и петрология южного обрамления Алдаского щита, «Наука», 1965. ⁸ В. В. Хлестов, Е. Н. Ушакова, В сборн. Материалы по генетической и экспериментальной минералогии, № 3 (1965). ⁹ M. P. Atherton, Contr. Min. Petrol., 18, 347 (1968). ¹⁰ K. D. Card, Bull. Geol. Soc. Am., 75, № 10 (1964). ¹¹ G. A. Chinner, Min. Mag., 34, 132 (1965). ¹² A. E. J. Engel, C. G. Engel, Bull. Geol. Soc. Am., 71, 1 (1960). ¹³ M. J. Frost, Geol. Mag., 99, № 5 (1962). ¹⁴ J. C. Green, Am. Mineral., 48, 991 (1963). ¹⁵ A. Hietanen, Am. J. Sci., 267, № 3 (1969). ¹⁶ T. A. P. Kwak, Contr. Min. Petr., 26, № 3 (1970). ¹⁷ O. Matějovská, Neues Jahrb. Mineral., Monatsh., H. 6, 249 (1970). ¹⁸ A. Miyashiro, J. Geol. Soc. Japan, 62, 700 (1956). ¹⁹ W. C. Phinney, J. Petrol., 4, № 1 (1963). ²⁰ S. K. Sen, K. R. Chakraborty, Neues Jahrb. Mineral., Abh., 108, H 2 (1968).