

Г. М. ДРУГОВА, Н. И. МОСКОВЧЕНКО

ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГРАНАТОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПАМИРА

(Представлено академиком В. С. Соболевым 26 V 1972)

Способность граната реагировать на изменения условий минералообразования давно привлекает внимание петрологов (^{2, 4, 5}). Особое значение приобретают исследования гранатов в полиметаморфических комплексах (⁴). Юго-Западный Памир представляет собой одну из таких областей с длительной историей геологического и метаморфического развития. Наиболее древние (Аг?) глубоко метаморфизованные комплексы слагают здесь Ваханскую зону и объединены в горанско-шахдаринскую серию. В гнейсах, сланцах и мраморах этой серии преобладают парагенезисы высокотемпературной амфиболитовой фации. Лишь на отдельных участках встречаются породы с признаками более высокого метаморфизма, который первоначально был зафиксирован по составам гранатов аномально высокой магнезиальности (³).

В настоящее время авторы располагают данными о проявлении на территории Ваханской зоны двух этапов (гранулитового и высокотемпературного амфиболитового) регионального метаморфизма в древнем докембрии и третьего этапа позднедокембрийского (или более молодого) возраста. Современный облик пород определяется процессами двух последних этапов, ранний из которых отвечает условиям устойчивости Кп с КПШ*. Следующий за ним этап сопровождается blastomylonitization с замещением кианита силлиманитом (фиболитом), иногда с мусковитом.

Ранее (⁴) было показано, что процесс диафтореза приводит к постепенному увеличению железистости граната и, как следствие, к появлению гранатов всех промежуточных значений железистости в зависимости от степени преобразования пород. Исследование гранатов горанско-шахдаринской серии показало широкий спектр колебания составов и привело к выводу о принадлежности максимально магнезиальных гранатов к раннему высокотемпературному этапу метаморфизма, а самых железистых — к третьему, относительно низкотемпературному этапу. В табл. 1 помещены химические анализы гранатов из пород разного состава. Гранаты 1—8 взяты из глиноземистых гнейсов с парагенезисами амфиболитовой фации. Они отличаются низкой кальциевостью и относительно высокой железистостью (содержание Пи 12—23%). Гранаты 9—12 отобраны из биотитовых плагиогнейсов (с Пл до № 50). В них отмечается значительное содержание кальциевого компонента (до 17%). Гранаты 13—22 относятся к кристаллическим сланцам, минеральные ассоциации которых не дают возможности установить степень изменения их при амфиболитовом метаморфизме. Среди них выделяются две группы гранатов с различной кальциевостью. В первой сумма Грос + Анд равна 13—18%, во второй 24—40%. Природа этих отличий не ясна, возможно она связана с разницей исход-

* Ки — кианит, КПШ — калиевый полевой шпат, Пи — пирокс, Пл — плагиоклаз, Грос — гроссуляр, Анд — андрадит, Гр — гранат, Би — биотит, Амф — амфибол, Му — мусковит, Кв — кварц, Си — силлиманит, Аль — альмандин, Сп — спессартин.

Химический и молекулярный состав (%) гранатов из пород Ваханской зоны (Юго-Западный Памир) *

Таблица 1

Компонент, метр	пара-	1													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
SiO ₂		38,36	36,74	36,54	37,60	37,28	37,12	37,20	37,50	37,61	38,20	38,20	37,52	37,69	
TiO ₂		0,21	Сл.	Сл.	0,14	0,13	0,03	0,06	0,10	0,17	0,12	0,10	0,29	0,16	
Al ₂ O ₃		21,35	21,34	21,30	20,66	21,56	21,26	21,42	20,31	20,58	21,78	21,20	20,58	22,40	
Fe ₂ O ₃		0,61	1,10	1,30	0,65	0,30	0,91	0,40	2,48	2,13	1,12	0,50	1,72	0,68	
FeO		30,09	34,55	34,15	32,35	33,26	32,70	34,56	29,09	25,06	25,34	28,22	26,93	27,07	
MnO		1,16	0,80	0,78	1,28	0,62	0,95	2,20	3,86	3,86	0,51	1,65	1,22	2,19	
MgO		5,66	4,12	4,29	4,67	5,89	5,79	3,00	3,80	3,53	6,99	5,64	4,86	4,76	
CaO		1,70	1,36	1,14	2,16	0,78	1,28	1,59	1,59	6,05	5,22	4,43	6,16	4,29	
П.п.п.		0,57							0,80	0,80	0,78		0,65	0,71	
Сумма		99,71	100,01	99,59	99,51	99,82	100,04	100,43	99,53	99,79	100,06	99,94	99,94	99,95	
Аль		69,8	78,3	72,8	72,1	73,3	71,8	78,1	70,1	60,2	56,3	62,2	60,1	62,8	
Пи		22,7	16,1	17,2	18,7	23,1	22,6	12,1	15,8	13,9	27,8	22,3	19,1	19,1	
Грос		2,9	3,8	3,2	4,4	1,3	0,8	3,3	—	17,1	11,5	10,4	12,9	13,1	
Анд		2,0	—	—	1,9	1,0	2,8	1,5	4,8	—	3,3	1,4	5,2	—	
Сп		2,6	1,8	1,8	2,9	1,3	2,0	5,0	9,2	8,8	1,1	3,7	2,7	5,0	
Т по Гр — Би, °С		625	625	1,803	675	675	640	1,803	625	650	665	1,790	625	625	
Т по Гр — Амф, °С															
№ обр.		103 ⁰ -д	113-м	113 ^а -м	1006-д	1201-д	1232-д	1077 ^Г -д	50-м	65-м	72 ^б -м	1107-д	68-м	68 ^а -м	
Компонент, параметр		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
SiO ₂		37,74	36,90	37,00	37,38	39,06	38,50	36,75	38,04	38,80	38,34	38,55	38,70	37,80	39,48
TiO ₂		0,19	0,89	0,42	0,40	0,24	0,21	0,08	0,12	0,15	0,05	0,53	0,10	0,07	Сл.
Al ₂ O ₃		20,38	20,41	20,76	21,84	19,78	20,83	23,91	21,95	21,34	21,85	21,46	22,45	22,52	22,94
Fe ₂ O ₃		0,78	1,23	0,89	1,24	0,40	0,52	0,71	1,04	1,04	0,40	2,24	1,41	0,39	0,20
FeO		29,13	25,80	26,55	25,11	23,33	26,19	21,99	21,45	26,78	27,56	26,06	26,24	24,55	20,16
MnO		1,79	1,04	1,52	1,79	3,80	0,83	2,30	3,45	0,71	0,83	0,17	0,71	1,20	0,90
MgO		4,59	2,38	2,26	3,14	3,20	4,10	1,47	3,22	2,34	8,10	8,37	9,12	8,46	10,94
CaO		5,34	10,68	9,88	10,00	8,10	9,12	13,35	11,25	8,61	2,72	2,03	1,26	4,88	5,33
П.п.п.						0,72				0,40		0,40	0,10		
Сумма		99,94	99,33	99,58	100,06	99,47	100,28	100,57	100,19	100,17	99,56	99,91	100,06	99,47	99,95
Аль		63,4	57,7	59,3	54,9	54,0	56,9	50,4	47,7	63,5	59,9	61,3	59,7	51,7	43,1
Пи		17,9	9,5	9,0	12,2	13,4	15,9	5,8	12,7	9,4	30,9	32,7	35,4	32,3	41,1
Грос		12,5	27,1	25,4	27,5	20,6	23,9	38,6	30,4	25,5	6,2	5,7	3,4	12,0	13,9
Анд		2,3	3,4	2,9	1,4	3,0	1,4	—	1,9	—	1,4	—	—	1,4	—
Сп		3,9	2,3	3,4	3,9	9,0	1,9	5,2	7,7	1,6	1,6	0,3	1,5	2,6	1,9
Т по Гр — Би, °С						575	1,787			1,793	1,790				
Т по Гр — Амф, °С		480	480	625	600	525		430		690		800	700	800	950
№ обр.		148 ⁰ -м	283 ³ -м	284 ^В -м	1001 ^А -д	71 ^Е -м	591-м	1037-д	1238 ^А -д	72 ^В -м	1535 ^А -д	1021 ^М -д	361-м	361 ^б -м	1540 ^В -д

* Химические анализы выполнены В. Д. Бугровой, Е. Е. Зевелевой и Годзицкой,

ного состава пород. Гранаты 23—27 характеризуют парагенезисы гранулитовой фации. В глиноземистых гнейсах (23—25) гранатам свойственна высокая магнизиальность и повышенная кальциевость. В основных сланцах (26—27) в гранатах низкой железистости отмечается резкое преобладание магнизиального компонента над кальциевым.

На рис. 1, где нанесены также анализы из коллекции К. Т. и В. И. Будановых, видно, что гранаты глиноземистых пород занимают непрерывную полосу от гранулитовой до эпидот-амфиболитовой фации. Гранаты из ос-

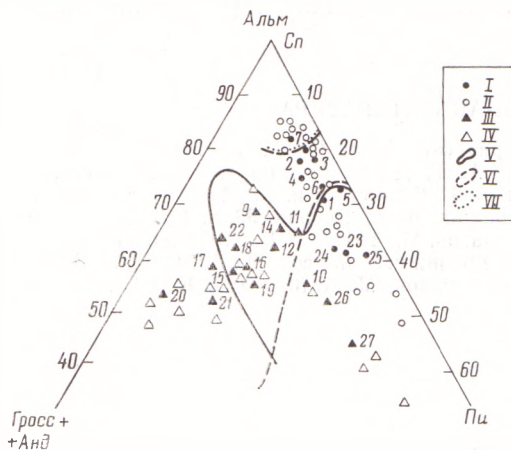


Рис. 1

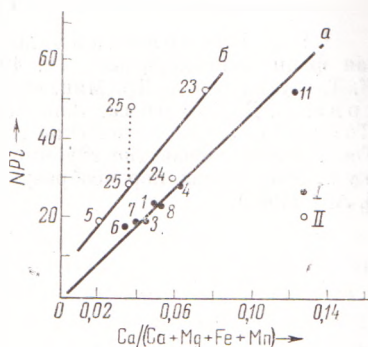


Рис. 2

Рис. 1. Гранаты горанско-шахдаринской серии. I, II — гранаты из глиноземистых гнейсов (I — взято из табл. 1; II — заимствовано из коллекции В. И. и К. Т. Будановых); III, IV — гранаты из пород, богатых кальцием (III — взято из табл. 1, IV — заимствовано из коллекции В. И. и К. Т. Будановых); V—VII — границы фаций: гранулитовой (V), амфиболитовой (VI) и эпидот-амфиболитовой (VII)

Рис. 2. Диаграмма NPl — кальциевость граната для гранатов из глиноземистых пород Юго-Западного Памира. I — породы амфиболитовой фации, II — изменение породы гранулитовой фации

новных сланцев попадают в поле гранулитовой фации или в область ее перекрытия с амфиболитовой. Составы гранатов глиноземистых гнейсов 1—6 отвечают условиям второго этапа метаморфизма. Гранат с минимальной магнизиальностью из ультрабластомилонита (7) и гранаты с повышенной марганцовистостью (8, 9, 18, 21) относятся к породам, затронутым преобразованиями третьего этапа метаморфизма. Вывод о различных условиях формирования гранатов Юго-Западного Памира подтверждается в ряде случаев различиями их парагенезисов. Проверка этого заключения при помощи оценки T и P показала: значения T по Гр — Би- и Гр — Амф-термометрам Перчука (7) (табл. 1) для магнизиальных гранатов слабо дифференцированы пород отвечают 800—950°. Большая часть определений падает в интервал 575—675° по Гр — Би-термометру и 430—640° по Гр — Амф-термометру. Расхождения связаны, вероятно, с отсутствием полного равновесия, что подтверждается развитием зональности в минералах. Однако полученные температуры согласуются с полями устойчивости критических парагенезисов наложенных этапов метаморфизма на расчетных петрогенетических сетках. Так, условия второго этапа метаморфизма определяются устойчивостью Ки — КПП-парагенезиса, что отвечает $T = 675\text{—}700^\circ$, $P \approx 6,5$ кбар (4). Третий этап, судя по устойчивости Му — Кв-парагенезиса в поле Сп, характеризуется $T = 600\text{—}650^\circ$ и $P = 5\text{—}6$ кбар. Интересные результаты дает диаграмма взаимосвязи составов Гр и Пл (8), которая для близких по температурам образования пород разграничивает гранаты, сформированные при разном P (9). На рис. 2 большинство точек сопряженного изменения кальциевости Гр и Пл ложатся на прямую a . На прямую

б попадают точки, соответствующие гранатам гранулитовой фации, что выражает в данном случае лишь четкое разделение высокотемпературных гранатов и более низкотемпературных. Сравнение памирских магнезиальных гранатов с гранатами из других регионов развития гранулитов⁽²⁾ позволяет сопоставлять их с гранатами сутамского комплекса, сформированного при $P \approx 10$ кбар.

Таким образом, для Юго-Западного Памира гранаты отчетливо фиксируют ранний гранулитовый этап и отражают также смену условий метаморфизма от гранулитовой до низкотемпературной амфиболитовой фации.

Поступило
19 IV 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. А. Глебовицкий, *Метаморфические пояса СССР*, Л., 1971. ² Гранулитовая фация метаморфизма, Л., 1972. ³ А. Г. Довыдченко, В. И. Буданов, К. Т. Буданова, *Тр. Мин. музея им. А. Е. Ферсмана*, в. 19 (1969). ⁴ Г. М. Другова, В. Д. Бугрова, *Зап. Всесоюз. мин. общ.*, 2 серия, 93, в. 1 (1964). ⁵ Н. В. Соболев, *Парагенетические типы гранатов*, М., 1964. ⁶ Н. Г. Судовиков и др., *Геологическое развитие глубинных зон подвижных поясов*, Л., 1970. ⁷ Л. Л. Перчук, *Равновесия породообразующих минералов*, М., 1970. ⁸ R. Kretz, *J. Petrol* 5, № 1 (1964).