

УДК 552.163 : 552.18 : 549.621.98 : 549.642.13

ПЕТРОГРАФИЯ

М. Д. КРЫЛОВА, Л. А. ПРИЯТКИНА

ГИПЕРСТЕН-СИЛЛИМАНИТОВАЯ АССОЦИАЦИЯ В ГРАНУЛИТОВОМ КОМПЛЕКСЕ ПОРЬЕЙ ГУБЫ (ЮГО-ЗАПАД КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА)

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 11 II 1975)

Для познания условий формирования глубинных зон земной коры большой интерес в метаморфических породах представляет гиперстен-силлиманитовая ассоциация, устойчивая в обстановке высоких P и T . Эта ассоциация в природных условиях была обнаружена в Восточной Сибири в архейском гранулитовом комплексе бассейна р. Сутам (юг Алданского щита) и рассматривалась рядом авторов (⁴, ⁶⁻⁸). Позже были описаны гранат-бронзит-силлиманитовые кристаллические сланцы в восточном Становике (⁵). Для Балтийского щита первое упоминание гиперстен-силлиманитовой ассоциации мы находим в работе Эскола, посвященной лапландским гранулитам (¹¹). Позже (¹); (²), стр. 38) в кольской серии отмечались глиноземистые породы, в которых силлиманит (представленный фибролитом) и гиперстен находились в неравновесных соотношениях, и поэтому они не могли быть отнесены к гиперстен-силлиманитовой ступени метаморфизма (²), стр. 85).

Во время полевых работ 1972 г. гиперстен-силлиманитовая ассоциация была обнаружена нами в гранулитовом комплексе Порьей губы, на о. Паленом. Исследованная площадь Порьей губы (см. рис. 1) сложена толщей переслаивания гранат-силлиманит-биотитовых, гранат-кордиерит-силлиманитовых и гиперстен-биотитовых гнейсов с двупироксен-амфибол-плагноклазовыми и гранат-клинопироксен-плагноклазовыми кристаллическими сланцами. На западе площади значительная ее часть занята Кольским массивом габбро-лабрадоритов, приуроченным к Лапландскому глубинному разлому. По разрезу с востока на запад с приближением к разлому отмечается усложнение тектонического строения площади (⁹).

В этом же направлении в гранулитовом комплексе сокращается количество гранитоидного материала. В восточной части площади широкое развитие получают массивы гранитоидов варьирующего состава. Западнее они сменяются мигматизированными кристаллическими сланцами и гнейсами, довольно обильно насыщенными пегматитовыми и гранитными жилами. Еще далее на запад количество жил сокращается, и с приближением к осевой части разлома распространение получают сильно расслаиваемые тонкополосчатые мигматиты. Массив габбро-лабрадоритов также подвергается расслаиванию, и в зонах максимального развития этого процесса отличие ортопород от вмещающих кристаллических сланцев затруднительно.

На значительной части площади породы порьегубского гранулитового комплекса испытали регрессивные преобразования, сопровождавшиеся процессами бластокатаклаза и бластомилонитизации.

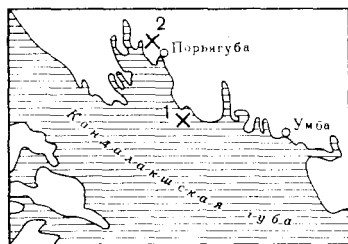


Рис. 1. Схема местоположения выходов пород с гиперстен-силлиманитовой ассоциацией. 1 — о. Паленый, 2 — губа Костариха

Тектоническая история порьегубского гранулитового комплекса очень сложна. Устанавливается несколько этапов деформаций, из которых в условиях гранулитовой фации отчетливо фиксируются два, а последующие (также не менее двух) сопряжены с минералообразованием в условиях амфиболитовой фации.

Весьма характерной структурной особенностью пород гранулитового комплекса Порьей губы является наличие дугообразно изогнутых или сильно растянутых плоско-параллельных форм минеральных зерен или их

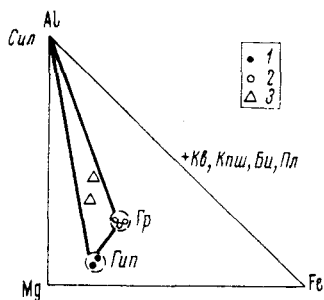


Рис. 2

Рис. 2. Парагенезис гиперстен-силлиманитовых гнейсов Порьей губы. 1 — составы гиперстенов, 2 — составы гранатов, 3 — составы пород, химические анализы которых приведены в табл. 1

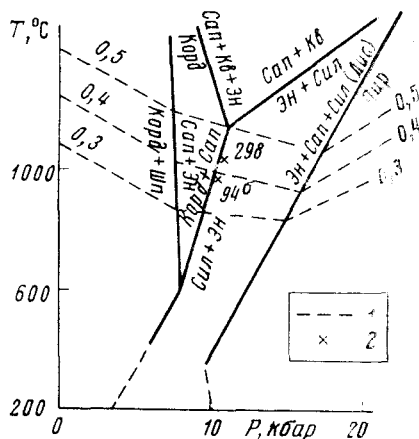


Рис. 3

Рис. 3. Часть P - T -диаграммы системы $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$, показывающая изменение энстатитсодержащих ассоциаций и вариации содержания Al в энстатите (по Добрецову и др. (3), стр. 221). 1 — изолинии содержания Al в формульных единицах на 6 атомов кислорода; 2 — положение анализированных гиперстенов

агрегатов, которые бывают образованы не только кварцем, биотитом или силлиманитом, но и гранатом и гиперстеном, что свидетельствует о проявлении синкинематической перекристаллизации в условиях гранулитовой фации. Примечательно, что даже кордиерит нередко образует здесь растянутые лентовидные зерна.

Гиперстен-силлиманитовая ассоциация найдена в породе. в состав которой, кроме того, входят гранат, биотит и кварц, иногда плагиоклаз, калиевый полевой шпат, в ряде случаев дистен; акцессорные минералы представлены ильменитом, магнетитом и пирротинном. Пачку гранат-биотит-гиперстен-силлиманит-кварцевых сланцев вмещает толща переслаивания биотит-диопсид-амфибол-плагиоклазовых кристаллических сланцев и лейкократовых гиперстеновых гнейсов, содержащая тонкие полосы и линзы амфиболитизированных двупироксен-гранат-плагиоклазовых кристаллических сланцев. Составы минералов и пород приведены в табл. 1, парагенезис — на рис. 2.

Гиперстен-силлиманитовая ассоциация в породах Порьей губы является бескордиеритовой и представляет интерес по значительному содержанию Al_2O_3 в гиперстене (9—10%) и наиболее магнезиальному составу граната из природных парагенезисов, описанных в метаморфической литературе (в обр. № 946 63,5% пиропа).

Гранат в рассматриваемой породе присутствует в виде мелких зерен (в табл. 1 обр. № 946) и в виде порфиробласт размером до 2 см в поперечнике, наполненных многочисленными включениями кварца, биотита, гиперстена, магнетита и пирротина. Состав граната в порфиробластах близок к составу граната основной массы, т. е. формирование их шло в близких

Таблица 1

Химические составы породы и минералов из гиперстен-силлиманитовой ассоциации Порей губы

	Обр. № 946/72					Обр. № 298/72		
	гранат	гиперстен	биотит	силлиманит	порода	гранат	гиперстен	порода
SiO ₂	40,62	50,36	40,66	37,65	71,02	40,22	49,64	68,18
TiO ₂	0,04	0,11	3,11	< 0,05	0,26	0,03	0,13	0,62
Al ₂ O ₃	23,42	9,06	16,54	61,40	12,91	23,31	9,99	16,95
Fe ₂ O ₃	0,32	0,34	0,38	0,30	0,16	0,16	0,34	0,24
FeO	17,53	12,52	6,27	—	4,93	19,47	13,64	5,14
MnO	0,27	0,14	0,02	0,60	0,06	0,34	0,12	0,06
MgO	17,57	27,52	20,93	—	8,19	16,17	26,09	7,35
CaO	0,11	—	—	—	0,68	—	—	0,10
Na ₂ O			0,52		0,29			0,23
K ₂ O			8,98		0,51			0,63
H ₂ O			2,15		0,04			
П.п.п.					0,57			0,63
Сумма	99,88	100,15	99,56		99,62	99,70	100,17	100,13
N	1,755					1,758		
N _g		1,698	1,621	1,683			1,703	
N _p		1,687		1,660			1,688	
F	36,07%	20,51%	14,8%			40,4%	22,9%	28,34%

Примечание. Аналитики В. Д. Бугрова, Е. Е. Зевелева, И. З. Сазонтьева. Минеральный состав граната (%) в обр. № 946: пирон 63,50, альмандин 35,63, спессартин 0,56, андрадит 0,31; в обр. № 298: пирон 59,22, альмандин 40,02, спессартин 0,76.

Кристаллохимические формулы

Обр. № 946

Гранат: $(\text{Ca}_{0,01}\text{Fe}_{1,97}^{2+}\text{Mg}_{1,91}\text{Mn}_{0,02})_{3,01}(\text{Al}_{1,98}\text{Fe}_{0,02}^{2+})_{2,00}(\text{Si}_{2,96}\text{Al}_{0,03})_{2,99}\text{O}_{12}$ Гиперстен: $(\text{Mg}_{1,45}\text{Mn}_{0,004}\text{Fe}_{0,37}^{2+}\text{Fe}_{0,008}^{2+}\text{Al}_{0,17})_{2,00}(\text{Si}_{1,78}\text{Al}_{0,21})_{1,99}\text{O}_6$ Биотит: $(\text{Na}_{0,0}\text{K}_{0,70})_{0,68}(\text{Mg}_{2,14}\text{Fe}_{0,26}^{2+}\text{Fe}_{0,02}^{2+}\text{Al}_{0,41})_{2,99}(\text{Si}_{2,80}\text{Ti}_{0,16}\text{Al}_{1,04})_4\text{O}_{10}(\text{OH}_{0,90}\text{O}_{1,01})_2$

Обр. № 298

Гранат: $(\text{Fe}_{1,20}^{2+}\text{Mg}_{1,78}\text{Mn}_{0,02})_{3,00}(\text{Al}_{1,99}\text{Fe}_{0,009}^{2+})_{2,00}(\text{Si}_{2,96}\text{Al}_{0,04})_{3,00}\text{O}_{12}$ Гиперстен: $(\text{Mg}_{1,36}\text{Mn}_{0,002}\text{Fe}_{0,41}^{2+}\text{Fe}_{0,005}^{2+}\text{Al}_{0,10})_{2,00}(\text{Si}_{1,78}\text{Al}_{0,22})_{2,01}\text{O}_6$

P-T-условиях (обр. 94г): SiO₂ 40,40%, TiO₂ 0,19, Al₂O₃ 22,61, Fe₂O₃ 0,48, FeO 18,11, MnO 1,12, MgO 15,53, CaO 1,00, сумма 99,44%; минеральный состав: пирон 57,49%, альмандин 37,60, спессартин 2,23,grossуляр 1,34, андрадит 1,34%; N=1,761; F=39%.

Рассматривая парагенезис гиперстена с силлиманитом из архейского комплекса бассейна р. Сутам ((¹⁸), стр. 181), А. А. Маракушев считал, что гранаты с железистостью ниже 50% в природных кварцосодержащих метаморфических комплексах вообще отсутствуют. Как видно из табл. 1, железистость гранатов из такой же ассоциации на о. Паленом ниже и варьирует от 36 до 40%.

Гиперстен в образце очень слабо окрашен и, так же как и гранат, наблюдается в мелких зернах и более крупных порфиробластах с едва заметным плеохроизмом по обычной схеме. Он непосредственно окаймляет зерна граната.

Силлиманит присутствует в удлиненных призматических кристаллах, ориентированных параллельно агрегатам ленточного кварца, обладающего характерной для гранулитовых комплексов дымчатой окраской. В ряде случаев по силлиманиту развивается дистен. Полевошпатовая часть породы незначительна и представлена редкими зернами калиевого полевого

шпата в виде микропертита или топкосдвойникованным олигоклазом № 22—23.

Учитывая реальные составы и соотношение минералов, возникновение гиперстен-силлиманитовой ассоциации может быть обязано или разложению высокомагнезиального граната в ходе регрессивного преобразования по реакции $\text{Кор} + \text{Кв} = \text{Гип}^{\text{Al}} + \text{Сил} + \text{Мт}$ или преобразованию гранат-кордиеритового парагенезиса с приближением к зоне глубинного разлома по реакции $\text{Кор} + \text{Гр} = \text{Гип}^{\text{Al}} + \text{Сил} + \text{Кв}$.

Приняв первый способ, мы должны предположить существование первично еще более высокомагнезиального граната, что мало вероятно. К тому же наличие наряду с мелкозернистым гранатом основной массы более позднего перекристаллизованного, но близкого по составу граната в порфиро-блестах говорит о сохранении в этих условиях устойчивости высокопиропового граната.

Что же касается второй возможности, то кордиерит в парагенезисе с гранатом наблюдается в глиноземистых породах к востоку от зоны Лапландского разлома. Железистость граната в этой ассоциации варьирует от 50 до 60%, кордиерита 30—50%. С приближением к разлому кордиерит исчезает, а магнезиальность граната повышается.

Наконец, не исключена третья возможность, когда гиперстен-силлиманитовая ассоциация возникает в результате реакции: $\text{Со} + \text{Кв} + \text{Мгм} = \text{Гип} + \text{Сил}$. Для кольских гранулитов пока есть единственное указание на наличие сапфириносодержащих пород ⁽¹⁾. Возможно, в дальнейшем ассоциации с сапфирином будут найдены и в других пунктах этого региона.

Используя P — T -диаграмму системы $\text{MgO}—\text{Al}_2\text{O}_3—\text{SiO}_2$, предложенную Добрецовым ⁽³⁾, стр. 224), и учитывая железистость граната в обр. №№ 946 и 298, равную 36 и 40% соответственно, а содержание Al в гиперстене 0,38 и 0,42 форм. ед., получим, что условия метаморфизма отвечали $T=950–1000^\circ\text{C}$ и $P=10$ кбар (рис. 3).

По данным Хенсена и Эссена ⁽¹²⁾, ромбический пироксен, содержащий 10,5 мол. % Al_2O_3 , в ассоциации с силлиманитом устойчив при $T=1000^\circ$ и $P=12,5–15$ кбар. Однако эти условия определены для чисто магнезиальных фаз. Реальные ассоциации Гип+Сил при 950° устойчивы при более низком давлении, равном 10 кбар. Ниже этого давления данная ассоциация замещается ассоциацией Кор+Гр.

Описываемый нами парагенезис был встречен также М. М. Ефимовым на восточном берегу губы Костарихи (устное сообщение). Таким образом гиперстен-силлиманитовые породы приурочены к зоне Лапландского глубинного разлома, с развитием которого связано образование гранулитов повышенного давления ^(9, 10). Можно предположить, что возникновение гиперстен-силлиманитовой ассоциации обусловлено повышением давления в связи с формированием тектонической зоны сжатия.

Поступило
8 II 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. П. Бондаренко, Изв. АН СССР, сер. геол., № 40, 48 (1971). ² Л. П. Бондаренко, В. Б. Давыдовский, Геология и метаморфизм пород архей центральной части Кольского полуострова, Л., «Наука», 1968, стр. 168. ³ Н. Л. Добрецов, Ю. Н. Кочкин и др., Порообразующие пироксены, М., 1971, стр. 454. ⁴ А. А. Каденский, В сб.: Железные руды Южной Якутии, М., 1960, стр. 225. ⁵ Л. П. Карсаков, ДАН, т. 210, № 1, 187 (1973). ⁶ В. М. Каstryкина, Вестн. МГУ, № 4, 35 (1973). ⁷ А. А. Маракушев, Проблемы минеральных фаций метаморфических и метасоматических горных пород, М., 1965, стр. 327. ⁸ А. А. Маракушев, В. А. Кудрявцев, ДАН, т. 164, № 1, 179 (1965). ⁹ Л. А. Прияткина, ДАН, т. 214, № 5, 1153 (1974). ¹⁰ Л. А. Прияткина, В кн.: Термодинамический режим метаморфизма. Тез., Л., 1974, стр. 116. ¹¹ P. Eskola, Am. J. Sci., Bowen vol. Part 1, 1952, p. 133. ¹² B. J. Hensen, E. Y. Essene, Contr. Miner. and Petrol., v. 30, № 1, 72 (1971).