

О. А. ШНИИ

**О ХАРАКТЕРЕ МЕТАМОРФИЗМА ДРЕВНИХ ТОЛЩ ЮГА
СРЕДНЕЙ АЗИИ**

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 11 II 1974)

В южной части Средней Азии наиболее метаморфизованные породы слагают значительные по площади выходы в пределах Юго-Западного Гиссара (метаморфический комплекс), Каратегина (гармская серия), Северного Памира (боршитская серия) и Юго-Западного Памира (горанская и шахдаринская серии). Все это полиметаморфические толщи, испытавшие высокотемпературный метаморфизм в гранулитовой и амфиболитовой фациях, а затем несколько этапов диафтореза, связанных с тектоно-магматическими циклами развития территории в верхнем докембрии и позднее.

Для перечисленных толщ, за исключением боршитской серии, характерны региональные проявления ультраметаморфизма, выразившиеся в мигматизации, образовании апатектитов и реоморфных гранитоидов.

Наиболее характерные минеральные ассоциации, образовавшиеся в процессе высокотемпературного метаморфизма, приведены в табл. 1, составленной с использованием данных (1-7). Для выяснения условий метаморфизма древних толщ юга Средней Азии использованы химические анализы сосуществующих пар биотит — гранат (табл. 2).

Метаморфический комплекс Юго-Западного Гиссара по возрасту относится к архею или архею — нижнему протерозою (1-4). Изучение пород комплекса показывает, что они регионально метаморфизованы в зоне силлиманита. Мусковит и калиевые полевые шпаты довольно редки, что может свидетельствовать о некоторой недосыщенности калием пород комплекса. Для глиноземистых гнейсов характерны процессы кислотного выщелачивания, выразившиеся в начальных стадиях фибролитизации биотита.

Судя по приведенным данным, температура метаморфизма составляла 670—700°. Коэффициент метаморфизма Фроста (8) $M=4,92-5,02$, что близ-

Таблица 1

Основные минеральные ассоциации пород древних толщ юга Средней Азии

Ю-З. Гиссар	Каратегин	С. Памир	Ю-З. Памир
Кв — Пл — Би (± Гр)	Кв — Пл — Би (± Гр)	Кв — Пл — Би (± Гр)	Кв — Пл — Би (± Гр)
Кв — Пл — Би — Му (± Гр)	Кв — Пл — Би — Му (± Гр)	Кв — Пл — Би — Му (± Гр)	Кв — Пл — Би — Му (± Гр)
Кв — Пл — Би — Сил (± Гр)	Кв — Пл — Би — Сил (± Гр)	Кв — Пл — Би — Ставр — Гр	Кв — Пл — Би — Сил (± Гр)
Кв — Пл — Би — Гр — Сил — КШШ	Кв — Пл — Би — Кор — Сил (± Гр)	Кв — Пл — Би — Му — Ставр — Гр	Кв — Пл — Би — КШШ — Гр (± Сил)
Кв — Пл — Би — Кор (± Гр, Сил)	Кв — Пл — Рог	Кв — Пл — Рог (± Би)	Кв — Пл — Рог
Кв — Пл — Рог	Кв — Пл — Би — Рог (± Гр)	Кв — Пл — Рог — Би (± Гр)	Кв — Пл — Би — Рог (± Гр)
Кв — Пл — Би — Рог (± Гр)	Отмечены Ги, Ди, Анд, Ставр, КШШ	Отмечены КШШ, Анд, Ки, клиноцоизит	Отмечены Пи, Ги, Вез, Шп, Жедр

Химические анализы минералов и пород древних толщ юга Средней Азии (%)

	Юго-Западный Гиссар							Каратегин			Северный Памир				Юго-Западный Памир			
	обр. № 110		обр. № 207		обр. № 16			обр. № 26			обр. № 1315		обр. № 1328		обр. № 1440		обр. № 1453	
	Би	Гр	Би	Гр	Би	Гр	П	Би	Гр	П	Би	Гр	Би	Гр	Би	Гр	Би	Гр
SiO ₂	35,60	38,44	34,62	38,40	32,36	37,20	72,00	36,42	37,96	67,72	35,82	38,32	34,19	38,42	37,40	38,62	36,54	38,82
TiO ₂	2,80	0,13	2,49	0,23	3,07	0,38	0,57	4,38	0,30	0,65	2,00	0,23	1,45	0,23	2,60	0,13	3,02	—
Al ₂ O ₃	23,70	20,06	23,10	18,30	19,57	20,03	13,63	18,50	21,48	12,05	22,10	19,76	21,04	19,36	17,78	19,36	19,64	19,36
Fe ₂ O ₃	—	2,04	2,43	2,82	2,43	2,67	1,29	1,03	0,55	1,06	0,32	8,46	1,03	8,83	4,01	3,83	1,82	4,23
FeO	15,93	26,94	19,04	29,10	29,29	31,66	2,75	15,27	31,26	7,74	15,27	24,06	18,86	26,57	17,24	26,04	16,70	27,83
MnO	0,25	2,67	0,32	3,69	0,13	0,50	0,10	0,03	0,14	0,18	0,08	2,80	—	0,87	0,06	1,10	0,11	1,33
CaO	8,15	4,83	6,68	4,53	10,30	3,09	0,57	12,30	6,98	1,85	12,68	4,73	10,86	2,88	9,64	4,22	10,88	6,17
MgO	1,06	4,44	0,60	2,58	0,21	1,59	1,32	0,30	1,58	2,47	0,85	2,36	0,99	2,86	0,50	6,20	0,60	2,29
Na ₂ O	0,27	0,27	0,27	0,34	0,30	0,30	0,90	—	—	3,16	0,29	—	0,38	—	0,40	—	—	—
K ₂ O	7,71	7,47	7,47	5,18	0,10	0,10	3,31	8,96	—	1,52	7,23	—	7,95	—	8,00	—	—	—
H ₂ O ⁺	3,58	—	3,08	—	—	—	—	—	—	0,18	2,72	—	3,06	—	1,61	—	—	—
H ₂ O ⁻	0,10	—	0,12	—	5,64	—	—	0,74	—	—	0,10	—	0,34	—	0,26	—	—	—
P ₂ O ₅	0,04	—	0,08	—	0,10	—	—	0,15	—	—	0,04	—	—	—	Сл.	—	—	—
F	0,20	—	0,13	—	0,18	—	—	0,03	—	—	0,23	—	—	—	Сл.	—	—	—
П.п.п.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,05	—	—	0,20	—	0,37	—	—	—
Сумма	99,44	99,55	100,43	99,56	99,80	100,52	99,76	100,77	100,25	99,81	99,73	100,32	100,35	100,02	99,90	99,50	99,95	100,03
N _g (n)	1,645	—	1,655	—	1,647	—	—	—	—	—	1,628	1,79	1,634	1,81	1,640	—	1,632	—
Al	—	61,6	—	66,3	—	69,6	—	—	68,1	—	—	63,1	—	72,9	—	61,4	—	64,7
Pу	—	19,3	—	18,0	—	25,4	—	—	27,2	—	—	21,7	—	14,3	—	17,5	—	25,5
Sp	—	6,0	—	8,3	—	1,0	—	—	0,2	—	—	7,3	—	2,8	—	2,5	—	3,1
Gr + An	—	13,1	—	7,4	—	4,0	—	—	4,5	—	—	7,9	—	10,0	—	18,6	—	6,7
f, %	54,0	78,1	61,6	78,6	52,4	73,2	73,6	40,5	71,3	70,1	40,5	74,3	45,2	83,5	50,0	77,8	45,3	71,7
F, %	54,0	78,3	64,1	80,5	57,3	75,7	83,5	43,5	72,7	74,5	41,4	82,5	47,7	88,9	58,7	81,5	48,4	76,3
KD	—	2,8	—	2,3	—	2,5	—	—	3,6	—	6,7	—	8,8	—	3,5	—	—	—
T, °C	—	670	—	680	—	700	—	—	670	—	575	—	600	—	670	—	680	—
M	—	4,92	—	5,02	—	5,02	—	—	4,74	—	4,36	—	4,4	—	4,78	—	4,88	—

Примечание. Аналитики — Л. К. Кабанова и П. И. Талдуева (Институт геологии АН ТаджССР). Анализы обр. № 26 взяты из работы (4). Обр. №№ 110, 207 — гранат-биотитовый гнейс, с. Байсунтау, сай Караташ; Кв — Пл — Би — Гр (биотит фибролитизирован); обр. № 16 — гранат-биотитовый кварцитосланец, там же; Кв — Пл — Би — Гр — Му; обр. № 26 — гранат-биотитовый плагиогнейс; обр. 1315 — старолит-гранит-биотитовый гнейс, район кишла. Тоғмай; Кв — Пл — Би — Му — Гр — Свар; обр. № 1328 — гранат-биотитовый гнейс, район кишла. Курговат; Кв — Пл — Би — Му — Гр; обр. № 1440 — гранат-биотитовый гнейс, берег р. Пяндж в 10 км выше г. Хорога; Кв — Пл — Би — Гр; обр. № 1453 — то же, в 13 км выше г. Хорога; Кв — Пл — Би — Гр. П — порода.

ко границе амфиболитовой и гранулитовой фаций (5,1). Величина коэффициента распределения Mg и Fe между сосуществующими биотитом и гранатом равна 2,3—2,8, что характерно для пород амфиболитовой фации (9).

Как видно (табл. 1), в породах комплекса присутствует кордиерит, который в условиях амфиболитовой фации неустойчив при высоких давлениях и вытесняется парагенезисом Би — Гр — Сил (10). Кванит и жердит не обнаружены. Таким образом, можно предположить, что метаморфизм комплекса относится к промежуточному или к андалузитовому типу — серии Аз, АВ по классификации В. А. Глебовицкого (11), что соответствует давлениям 3—6 кбар.

Гармская серия Каратегина также относится к архею или архею — нижнему протерозою. Определения абсолютного возраста пород серии дали максимальные цифры 2,6—3 млрд лет (13). Эта серия также метаморфизована в зоне силлиманита, ее породы недосыщены калием и испытали воздействие процессов фибролитизации. Анализ одной пары биотит — гранат дает температуру метаморфизма 670°, $M=4,74$ и $K_D=3,6$ *. Все эти показатели, а также основные минеральные ассоциации близки таковым метаморфического комплекса Юго-Западного Гиссара, что подтверждает точку зрения о существовании единого докембрийского ядра, протягивающегося от Каратегина через Юго-Западный Гиссар и далее на запад (14).

В породах серии отмечены ставролит (4) и андалузит (6). Возможно, они образовались в процессе диафтореза или же в состав гармской серии включены блоки пород разной степени метаморфизма.

Используя график $P-T$ В. А. Глебовицкого ((14), стр. 34)), а также учитывая определение T по геотермометру Перчука (12) и характер минеральных ассоциаций, можно оценить температуру метаморфизма пород гармской серии в 670—690°, а давление в 4—6 кбар, характерное для промежуточного типа метаморфизма.

Обращают на себя внимание находки гиперстена и диопсида в породах Юго-Западного Гиссара и Каратегина (4, 6). Для зоны первого силлиманита это не характерно, но возможно. Как показал А. А. Маракушев (15), железистые гиперстены могут быть устойчивы в верхах амфиболитовой фации, диопсид же мог образоваться в процессе контактового метаморфизма. Можно, однако, вслед за Н. А. Поповой и др. (6) сделать предположение, что первоначальный этап метаморфизма гармской серии происходил в условиях гранулитовой фации (зона второго силлиманита), а сохранившиеся ассоциации амфиболитовой фации образовались при понижении температуры. Окончательное решение этого вопроса требует дополнительных исследований.

Боршитская серия Северного Памира нижнепротерозойского (?) возраста (3) метаморфизована в зоне ставролита, о чем свидетельствуют минеральные ассоциации и параметры K_D , M , T . Состав граната № 1328 характерен для этой зоны. Гранат № 1315 несколько обогащен магнием. Как видно (табл. 2), и сосуществующий с ним биотит имеет повышенное содержание MgO, максимальное среди апализированных биотитов. Очевидно, это объясняется первичным составом породы.

Отсутствие кордиерита, а также характер минеральных ассоциаций могут свидетельствовать о кванитовом или промежуточном типе метаморфизма при давлении 4—7 кбар. Несколько повышенное содержание кальциевых компонентов в гранатах также более характерно для кванитового типа метаморфизма (16).

Горанскую и шахдаринскую серии Юго-Западного Памира относят к архею или нижнему протерозою. Определения абсолютного возраста дают максимальные значения 1730—1750 млн лет (17). Основные минеральные ассоциации и приведенные параметры пород Юго-Западного Памира

* $K_D = f_{Гр}(1 - f_{Би}) / f_{Би}(1 - f_{Гр})$.

($T=670-680^{\circ}$, $K_p=3,1-3,5$, $M=4,75-4,88$) характерны для силлиманитовой зоны кианитового типа метаморфизма (о последнем свидетельствует присутствие таких минералов, как кианит и жедрит). Однако В. И. Буданов и К. Т. Буданова (⁷), располагающие значительно большим материалом, считают, что значительные участки Юго-Западного Памира были первоначально метаморфизованы в гранулитовой фации, а затем регрессивно переработаны в условиях амфиболитовой фации ($T=650^{\circ}$, $P=6-7$ кбар), минеральные ассоциации которой и сохранились. Эти же исследователи обнаружили на Юго-Западном Памире эклогитоподобные породы.

Московский институт нефтехимической
и газовой промышленности
им. И. М. Губкина

Поступило
29 I 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. В. Покровский, В кн. Геология и рудоносность палеозоя Южн. Узбекистана, «Наука», 1965. ² А. В. Покровский, Матер. II Среднеазиатск. петрограф. совещ., Душанбе, 1971. ³ В. С. Князев и др., Изв. АН ТаджССР, 3 (25) (1967). ⁴ Л. П. Белькова и др., Докембрий Южного Тянь-Шаня и Кызылкумов, М., 1972. ⁵ Н. Г. Власов, Г. В. Гниловской, Тр. Всесоюзн. н.-и. геол. инст., пов. сер., т. 168 (1970). ⁶ Н. А. Попова и др., Матер. II Среднеазиатск. петрограф. совещ., Душанбе, 1971. ⁷ В. И. Буданов, К. Т. Буданова, Там же. ⁸ М. У. Frost, Geol. Mag., V, v. 99, № 5 (1982). ⁹ Е. Н. Ушакова, Биотиты метаморфических пород, «Наука», 1971. ¹⁰ С. П. Кориковский, Метаморфизм, гранитизации и постмагматические процессы в докембрии Удокано-Становой зоны, «Наука», 1967. ¹¹ В. А. Глебовицкий, Проблемы эволюции метаморфических процессов в подвижных областях, «Наука», 1973. ¹² Л. Л. Перчук, ДАН, т. 177, № 2 (1968). ¹³ В. А. Кутенец, Л. А. Маджи, Матер. II Среднеазиатск. петрограф. совещ., Душанбе, 1971. ¹⁴ В. И. Попов, История депрессий и поднятий Западного Тянь-Шаня, Ташкент, 1938. ¹⁵ А. А. Маракушев, Проблемы минеральных фаций метаморфических и метасоматических горных пород, «Наука», 1965. ¹⁶ Д. А. Великославинский, Сравнительная характеристика регионального метаморфизма умеренных и низких давлений, «Наука», 1972. ¹⁷ Л. Л. Шанин и др., Матер. II Среднеазиатск. петрограф. совещ., Душанбе, 1971.