

МИНЕРАЛЫ-ИНДИКАТОРЫ ГРАНАТОВЫХ АМФИБОЛИТОВ БЕЛОРЕЦКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Е. А. Тимофеева

ИГ УНЦ РАН, Уфа, abzai@mail.ru

Белорецкий метаморфический комплекс (БМК), сформированный на рифейском преимущественно осадочном субстрате в поздневендское время, объединяет метаморфические породы, слагающие Маярдакский антиклинорий расположенный в восточной части Башкирского мегантиклинория. В сложении БМК принимают участие толеитовые метабазиты (эклогиты, амфиболиты), метатерригенные (кристаллические сланцы, кварциты) и метакarbonатные (мрамора) породы в соотношении примерно 1:6:3 [Алексеев и др., 2002]. Комплекс относится к высокобарической части кианит-силлиманитовой фациальной серии метаморфизма. А.А. Алексеевым было предложено рассматривать БМК в качестве генотипа цоизит-омфацитовой фациальной серии метаморфизма, промежуточной по термобарическим условиям формирования между известными кианит-силлиманитовой и жадеит-глаукофановой фациальными сериями [Алексеев и др., 2002; 2008].

Амфиболиты по основным магматическим породам в составе БМК были описаны в яндыкском амфиболитовом комплексе [Алексеев, 1984]. Залегают они в виде относительно редких силловых залежей в отложениях нижнего рифея, а также в виде межпластовых тел, реже даек и небольших интрузий в среднерифейских отложениях, распространенных в западной части белорецкого метаморфического комплекса на хребтах Белятур и Маярдак. Среди амфиболитов обеих возрастных групп по минералогическому составу выделяются гранатовые, плагиоклазовые и аподиабазовые амфиболиты. В гранатовых и плагиоклазовых разновидностях микроструктура исходных магматических пород не реставрируется, так как породы протолитов полностью перекристаллизованы с образованием порфиронематобластовой или гранонематобластовой структур и слабо выраженной сланцеватой текстуры.

Гранатовые амфиболиты – темнозеленые среднезернистые (2–5 мм) породы, сложенные альмандиновым гранатом, буро-зеленоватой и зеленой роговой обманкой, плагиоклазом № 20–22 и биотитом; из рудных обычно встречается ильменит, реже рутил. Более мелкозернистые гранатовые амфиболиты, иногда сохраняющие реликты исходных пород, наблюдаются на хребте Маярдак в западной части площади распространения БМК. Часто гранатовые и плагиоклазовые разности амфиболитов наблюдаются в составе одного метабазитового тела, примером чего является крупная амфиболитовая залежь по логу-ручейку юго-западнее пос. Нура. Здесь гранатосодержащие амфиболиты наблюдаются в узкой краевой эндоконтактной зоне массива, в то время как основная его часть сложена биотитсодержащими плагиоклазовыми амфиболитами.

В таблице 1 представлены химические анализы гранатовых амфиболитов, а в табл. 2 – анализы гранатовых амфиболитов некоторых типовых залежей и минералов из них, а также данные по их средним составам. Амфиболиты, сформировавшиеся по нижнерифейскому субстрату, характеризуются пониженными титанистостью и железистостью, что сближает их по химизму с нижнерифейской габбро-диабазовой формацией западного склона Южного Урала, представленной в этом регионе Юшинским комплексом меланократовых габбродиабазов [Алексеев, 1984]. Амфиболиты, образованные по среднерифейскому субстрату имеют отчетливо более высокие содержания TiO_2 и железа, что сближает их со среднерифейскими магматическими породами машакского уровня.

Таблица 1

Химический состав (мас. %) гранатовых амфиболитов БМК

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	49.34	45.00	46.98	46.04	45.92	46.30	54.08
TiO ₂	1.54	2.25	2.58	1.48	1.75	1.73	2.61
Al ₂ O ₃	13.42	15.20	12.00	11.55	13.11	16.00	10.00
Fe ₂ O ₃	1.97	2.50	5.60	19.00*	1.68	3.30	3.06
FeO	11.23	14.66	10.00	–	14.11	9.34	14.74
MnO	0.11	0.23	0.22	0.27	0.27	0.25	0.29
MgO	7.34	5.91	5.00	6.00	6.50	3.10	4.04
CaO	9.21	8.85	6.00	9.10	10.00	8.90	8.98
Na ₂ O	3.30	2.57	2.68	1.64	1.75	3.30	1.81
K ₂ O	сл.	сл.	2.00	0.74	0.68	0.20	0.21
P ₂ O ₅	0.09	0.27	0.21	0.18	0.20	–	0.15
П.п.п.	2.19	2.17	7.05	3.56	3.63	1.60	0.20
Сумма	99.74	99.61	100.32	99.56	99.60	94.02	100.17

Примечания. 1, 2 – хр. Маярдак; 3 – севернее д. Азналкино 1.5 км, скв. 7709, гл. 91 м; 4, 5 – р. Яндык выше д. Сатра; 6 – севернее д. Азналкино 1.5 км; 7 – истоки р. Сухой Бугодас. Анализы выполнены М. А. Костиной (ан. 1, 2) и С. А. Ягудиной (ан. 3–7). * Общее железо в виде Fe₂O₃.

Таблица 2

Химический состав (мас. %) амфиболитов БМК и минералов из них

Ком-ты	1(27)	2(66)	3			4			5		
			Порода	Гранат	Рог. обм.	Порода	Гранат	Рог. обм.	Порода	Гранат	Рог. обм.
SiO ₂	50.27	47.81	49.05	36.36	39.07	46.00	37.15	41.85	40.50	37.44	45.11
TiO ₂	1.11	1.84	1.94	0.12	0.33	2.11	0.12	0.40	2.46	0.17	0.28
Al ₂ O ₃	14.13	13.51	15.02	20.91	17.76	12.33	21.13	15.71	13.00	20.31	12.68
Fe ₂ O ₃	2.55	3.40	14.55*	–	–	17.57*	–	–	19.00*	–	–
FeO	9.12	11.28	–	33.68*	21.30*	–	28.59*	17.30*	–	25.33*	18.10*
MnO	0.18	0.18	0.26	0.88	0.74	0.27	0.65	0.15	0.17	3.81	0.19
MgO	7.14	6.78	6.43	1.53	5.05	6.25	0.85	8.11	6.80	0.69	8.63
CaO	8.92	8.36	7.68	6.40	10.46	9.65	11.80	11.48	9.02	12.04	11.43
Na ₂ O	2.39	3.05	3.84	0.01	1.98	1.70	0.01	1.69	4.73	0.15	1.51
K ₂ O	1.13	0.24	0.65	–	0.36	0.71	0.00	0.34	0.21	–	0.10
P ₂ O ₅	0.18	0.22	0.16	–	–	0.18	–	–	0.08	–	–
П.п.п.	2.42	2.86	0.70	–	–	3.10	–	–	3.58	–	–
Сумма	99.54	99.53	100.28	99.89	97.05	99.87	100.30	97.03	99.55	99.94	98.03

Примечания. 1 – амфиболиты по предполагаемым нижнерифейским базитам, среднее из 27 анализов [Алексеев, 1984]; 2 – амфиболиты по среднерифейским базитам, среднее из 60 анализов [Алексеев, 1984]; 3 – гранатовый амфиболит, юго-западная окраина пос. Нура; 4 – гранатовый амфиболит, р. Яндык выше пос. Сатра; 5 – гранатовый амфиболит, хр. Маярдак в верховьях р. Бугодас. Хим. ан. пород в проб. 3–5 выполнены С. А. Ягудиной. Микронзондовые анализы минералов в проб. 3 и 4 выполнены в Геологическом институте Рейнско-Вестфальской высшей школы (Аахен, Германия) на микроанализаторе JXA-8900 RWD, в пробе 5 – в ИГиГ УрО РАН В. А. Вилисовым на микроанализаторе JXA-5. * Суммарное железо в виде Fe₂O₃; в микронзондовых анализах суммарное железо в виде FeO.

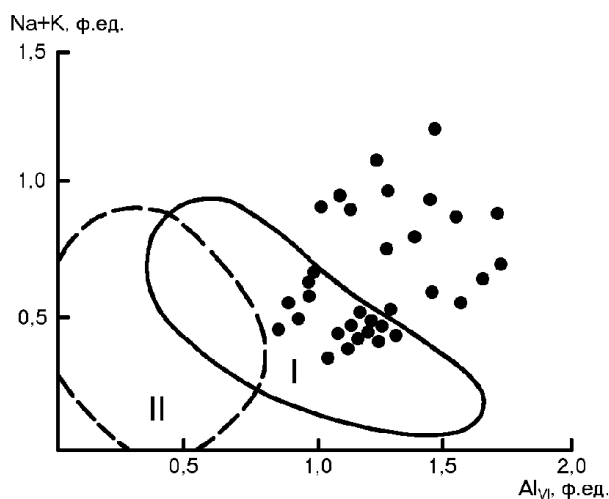


Рис. 1. Составы кальциевых амфиболов белорецкого комплекса на диаграмме Дж. Барда [Bard, 1970]. I и II – поля амфиболов кианит-силлиманитовой (I) и андалузит-силлиманитовой (II) фациальных серий метаморфизма.

Гранат в амфиболитах БМК представлен гроссуляр-альмандиновой разновидью с содержанием пироповой молекулы менее 5–6 %. При этом в гранате из амфиболита с юго-западной окраины пос. Нура содержание MgO изменяется в пределах от 1.28 до 1.65 %, а в гранате из

амфиболитов у пос. Сатра и на хр. Маярдак – от 0.52 до 1.44 %. Подобные вариации в содержаниях MgO и других окислов можно связывать с проявлением прямой химической зональности, заключающейся в увеличении магнезиальности в краевых зонах кристаллов граната. Кроме того, увеличение железистости и понижение магнезиальности гранатов в западном направлении свидетельствует об направленном изменении термобарических условий регионального метаморфизма, в первую очередь о понижении давления.

Амфиболы в описываемых породах представлены зеленой и буровато-зеленой роговой обманкой в гранатовых и плагиоклазовых амфиболитах и сине-зеленой разновидью в аподиабазовых амфиболитах. Пространственно их состав изменяется от обыкновенной роговой обманки в ядре и крыльях Буганакской брахиантиклинали до ферроактинолита на хр. Белятур и западнее. Все амфиболы относятся к кальциевым амфиболам ряда тремолит-актинолит-роговая обманка. В гранатовых амфиболитах представлена роговая обманка с плеохроизмом от почти бесцветного до светло-зеленого с сероватым оттенком или буровато-зеленого. Состав амфибола, как и других минералов переменного состава в метаморфических породах, зависит не только от характера метаморфизма, но и от термобарических условий его проявления. Гранатовые амфиболы БМК сформировались в P-T условиях, соответствующих амфиболитовой фации [Алексеев, 2006]. На диаграмме Дж. Барда [Bard, 1970] выделены поля амфиболов кианит-силлиманитовой и андалузит-силлиманитовой фациальных серий с небольшой областью перекрытия. Анализы амфиболитов БМК располагаются в поле и правее метаморфических пород кианит-силлиманитовой фациальной серии (рис. 1), что свидетельствует о их образовании при различных P-T параметрах метаморфизма.

Таким образом, химизм основных породообразующих минералов (граната и амфибола) гранатовых амфиболитов БМК подчеркивает пространственную метаморфическую зональность комплекса.

Литература

- Алексеев А. А. Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. М.: Наука, 1984. 136 с.
- Алексеев А. А. и др. Белорецкий эклогитоносный метаморфический комплекс (Южный Урал) – представитель особой фациальной серии метаморфизма // ДАН, 2002. Т. 383. № 3. С. 366–370.
- Алексеев А. А. и др. Метаморфическая геология западного склона Южного Урала. Уфа: Гилем, 2006. 212 с.
- Алексеев А. А., Тимофеева Е. А. Кианит-талковые сланцы из белорецкого эклогитоносного метаморфического комплекса (Южный Урала) // ДАН, 2008. Т. 419, № 3. С. 363–367.
- Bard J. P. Composition of hornblendes formed during the Hercynian progressive metamorphism of the Arocena Metamorphic belt, SW Spain // Contr. Mineral. Petrol., 1970. Vol. 28, № 2. P. 117–134.