

УДК 552.3:551.2

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕОХИМИИ БОНИНИТОВ ИЗ КУРАЙСКИХ ОФИОЛИТОВ ГОРНОГО АЛТАЯ

© 1998 г. М. М. Буслов, И. Ю. Сафонова, В. А. Бобров

Представлено академиком Н.Л. Добрецовым 01.03.96 г.

Поступило 11.03.96 г.

Приводятся результаты исследования высокомагнезиальных низкотитанистых пироксеновых (Рх) порфиритов из венд-раннекембрийских офиолитов Курайской зоны Горного Алтая. Новые данные по петрохимии и геохимии редких элементов и редких земель подтвердили сделанные ранее [1–3] предположения о близости этих пород к бонинитовым сериям примитивных островных дуг. Породы характеризуются высоким содержанием SiO_2 (52–59 мас. %) и MgO (8–14 мас. %), низким TiO_2 (0.18–0.34 мас. %) и выделены в составе островодужных Курайских офиолитов [2].

Офиолиты образуют покровно-чешуйчатую структуру в составе Курайского хребта. Они представлены межтуярыкским расслоенным габбро-пироксеновым комплексом и балхашской свитой, включающей комплекс параллельных даек, субинтрузивный комплекс даек и силлов, пиллоу-лавы, яшмы и туфы. Офиолиты слагают тектонические пластины мощностью до 1–2 км, которые чередуются с аналогичными по мощности пластинами раннекембрийских туфогенно-осадочных образований и турбидитов, содержащих большое количество черносланцевых пород. Венд-раннекембрийские образования Курайского хребта выклиниваются к югу, расширяющей полосой прослеживаются к северу до Телецкого озера и формируют фундамент Уйменско-Лебедской зоны. Западнее распространены комплексы аккреционного клина Баратальско-Кадринской и Бийско-Катунской зон, состоящих из пластин раннекембрийских олистостром, перидотитов и серпентинитовых меланжей с блоками эклогитов и гранатовых амфиболитов (Чаган-Узунские океанические офиолиты), а также позднерифейско-раннекембрийских вулканогенно-осадочных пород палеосимаунтов. Совместно венд-раннекембрийские образования Баратальско-Кадринской, Бийско-Катунской и Уйменско-Лебедской зон рассмотрены как система аккреционного клина,

сохранившая последовательность: океаническое ложе и палеосимаунты–примитивная островная дуга–окраинное море [2–4], характерную для западной окраины Тихого океана.

Рх-порфириты встречаются как в составе параллельных даек и дайково-силловых комплексов, так и в составе пиллоу-лав. Они ассоциируют с дайками диабазов, габбро-диабазов, габбро, лавами базальтов и андезитов, образуя единую островодужную серию пород, в которой магнезиальные Рх-порфириты встречаются как на ранних стадиях ее формирования, так и на поздних [3].

Новые данные по содержанию в Рх-порфиритах Курайских офиолитов редких земель и редких элементов позволили провести корреляцию между исследуемыми породами и бонинитами Западной Австралии, Западного Саяна и Восточного Саяна, хр. Хан-Тайширин в Монголии и бонинитами островных дуг Тихого океана.

Сравнение химического состава курайских магнезиальных Рх-порфиритов и других пород бонинитовой серии (Mg-андезиты) западной части Тихого океана и бонинитов складчатых областей (табл. 1) показало, что по содержанию SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Cr изучаемые породы ближе всего к бонинитам дуги Тонга, фронтальной зоны Марианской дуги, Западного Саяна и Монгольского Алтая (хр. Хан-Тайширин) и бонинитам А-типа складчатого пояса Лахлан юго-восточной Австралии (рис. 1а) [6–10]. Как уже отмечалось ранее для бонинитов хр. Хан-Тайширин Монголии [10], концентрации MgO не зависят от SiO_2 , но строго коррелируются с уровнем концентрации Cr и Ni . Как и в хан-тайширинских бонинитах, в курайских Рх-порфиритах увеличение Cr совпадает с ростом MgO (Cr меняется от 150 до 1350, а MgO , соответственно, от 7.8 до 14.36), содержание которого обратно пропорционально концентрации Ni (Ni меняется от 0.7 до 2.05, а MgO , соответственно, от 14.36 до 7.8). Содержание некогерентных элементов – Th , Ta , Hf , мало подверженное влиянию низкотемпературного метаморфизма, так же как и в хан-тайширинских бонинитах, на порядок ниже, чем в ассоциирующих

Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск

Таблица 1. Составы пород бонинитовых серий, мас. %

№ п. п.	№ обр.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	FeO*	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	FeO*/Fe ₂ O ₃	П. п. п.
1	Б-916	54.69	8.35	0.24	0.04	10.49	9.65	14.41	1.24	0.64	0.25	4.83	3.84
2	Б-926	53.92	12.23	0.21	0.05	10.03	12.94	9.31	0.98	0.12	0.21	3.54	2.87
3	Б-950	52.33	9.10	0.19	0.02	9.19	12.83	14.36	1.29	0.47	0.23	7.37	3.61
4	Б-951	54.25	15.36	0.31	0.03	10.90	8.04	7.80	2.76	0.33	0.21	4.20	3.59
5	Б-952	55.44	11.86	0.38	0.04	10.74	9.03	9.72	2.18	0.36	0.23	6.44	3.2
6	Б-938	48.24	8.26	0.17	0.02	19.41	11.51	10.93	0.83	0.34	0.30	3.11	4.4
7	Б-939	52.96	16.47	0.37	0.03	9.23	8.65	7.89	3.82	0.41	0.17	5.33	3.49
8	Б-959	55.71	18.33	0.84	0.08	13.81	1.28	3.51	6.09	0.26	0.07	2.56	4.59
9	Б-960	51.51	18.31	1.45	0.30	10.67	6.55	8.60	1.90	0.55	0.16	3.22	7.67
10	Б-961	53.63	17.79	0.69	0.08	10.32	6.74	5.47	4.36	0.77	0.16	8.24	8.66
11	С-106а-89	57.13	11.78	0.24	0.03	9.94	8.24	10.67	1.18	0.56	0.22	0.90	3.04
12	С-106б-89	56.90	11.67	0.25	0.03	10.35	7.69	10.65	1.98	0.25	0.23	0.90	3.3
13	С-107б-89	56.38	9.71	0.35	0.04	10.07	10.09	10.55	2.22	0.33	0.26	0.90	1.92
14	С-13/1-90	57.90	11.82	0.33	0.03	10.33	4.60	13.58	1.10	0.07	0.23	0.90	2.3
15	С-13/3-90	58.78	12.50	0.35	0.03	10.21	2.44	13.70	1.64	0.12	0.23	0.90	2.86
16	С-1	57.80	11.93	0.21	0.04	8.74	7.04	11.22	2.03	0.85	0.15	0.90	3.81
17	Т-1	54.83	11.14	0.35	0.12	8.49	8.46	14.99	1.16	0.27	0.18	0.90	
18	М-2	56.93	16.04	0.33	0.07	7.25	5.46	10.75	2.25	0.81	0.12	0.90	
19	М-1	58.48	11.30	0.22	0.03	8.58	6.30	12.34	1.85	0.71	0.19		
20	Б-1	58.67	11.07	0.14	0.02	8.46	7.77	11.69	1.61	0.42	0.17		1.03

Примечание. 1–5, 11–15 – курайские Рх-порфириды; 6, 7 – ассоциирующие базальты и 8, 9 – габброиды; 16–20 – средние составы бонинитов: С-1 – по [14], Т-1 – дуги Тонга [8], М-1 – Марианской дуги, М-2 – скв. 458 Марианского желоба, Б-1 – о-вов Бонин [8, 14]. Анализы выполнены рентгенофлуоресцентным методом в ОИГГМ РАН, Новосибирск. Результаты приведены к 100% без учета летучих, значения п. п. п. приведены в таблице отдельно.

островодужных породах и породах других магматических серий (табл. 1, 2) [10].

На диаграмме MnO–TiO₂–P₂O₅ в основном все точки соответствуют полю бонинитов, тогда как точки ассоциирующих пород попадают преимущественно в поле островодужных толеитов (рис. 1а).

По соотношению титана, хрома и никеля изученные породы относятся к низкотитанистым (бонинитовым) сериям островных дуг и на диаграмме Ti/Cr–Ni точки их составов располагаются рядом с полем бонинитов Тихого океана (рис. 1б). По содержанию иттрия и циркония курайские Рх-порфириды характеризуются минимальными концентрациями, что сближает их с вулканитами островодужных серий Тихого океана (табл. 2). По соотношению титана и циркония изученные бониниты и Mg-андезиты попадают в поле бонинитовых пиллоу-лав и даек в офиолитах Троодоса, о. Кипр (табл. 2) [4].

По содержанию Rb и K₂O курайские Рх-порфириды схожи с бонинитами фронтальной части Марианской дуги и низкокальциевыми вулканитами вулкана Заварицкого [11]. Небольшое снижение концентраций, возможно, связано с общим понижением содержаний LILE вследствие нало-

женного зеленосланцевого метаморфизма, что подтверждается также более низкими концентрациями Ba и Sr в Рх-порфиридах относительно ассоциирующих габброидов (табл. 2).

Кривые распределения редких земель в курайских Рх-порфиридах напоминают распределение РЗЭ в примитивных толеитовых базальтах срединно-океанических хребтов (СОХ), что проявляется в легкой деплетированности легкими редкими землями и сравнительно небольшом обогащении тяжелыми редкими землями. Такое распределение РЗЭ (рис. 2а) отвечает 3-му типу по [10] и характерно для бонинитов фронтальной зоны Марианской дуги. По абсолютному содержанию породы приближаются к уровню концентрации этих элементов в хондритах. Распределение РЗЭ (рис. 2) в клинопироксенсодержащих высокомагнезиальных андезитах и базальтах Курайской зоны Горного Алтая сравнимо, соответственно, с бонинитовыми лавами и базальтами западной части Тихого океана даже по абсолютным содержаниям легких лантаноидов, которые относительно более подвижны при метаморфизме низкой степени, хотя концентрации тяжелых РЗЭ несколько выше. Для базальтов из курайских

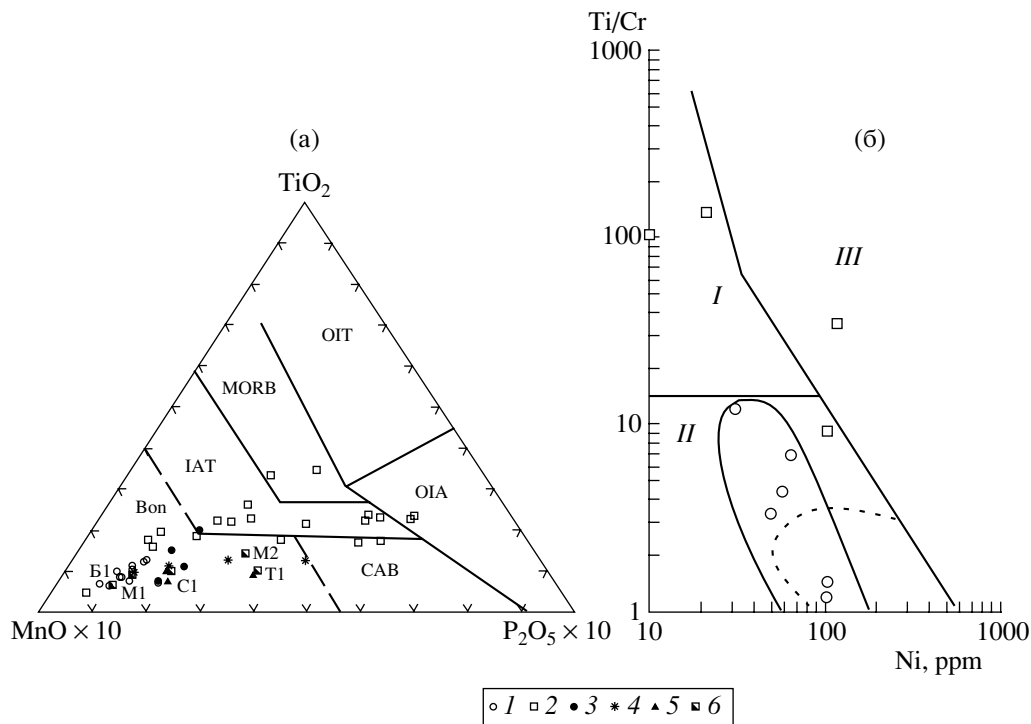


Рис. 1. Диаграммы распределения породообразующих оксидов и Ti/Cr–Ni в курайских и других островодужных офиолитах. а – диаграмма MnO–TiO₂–P₂O₅ по [15], поля: MORB – базальты СОХ, ОИТ – толеиты океанических островов или симаунтов, ОИА – щелочные базальты океанических островов или симаунтов, САВ – островодужные известково-щелочные базальты, IAT – островодужные толеиты, Bon – бониниты (по [15]); б – диаграмма Ti/Cr–Ni для курайских Рх-порфиритов и ассоциирующих габброидов, I – умеренно-титанистые толеитовые серии островных дуг, II – низкотитанистые (бонинитовые) серии островных дуг, III – высокотитанистые толеитовые серии СОХ, окраинных морей; сплошной линией околонушено поле курайских Рх-порфиритов, штриховой – поле бонинитов и островодужных серий [3, 13]. 1 – курайские Рх-порфириты; 2 – ассоциирующие габброиды; 3, 4 – бониниты Западного (3) и Восточного (4) Саяна; 5 – хан-тайширинские бониниты (Монголия); 6 – средние составы бонинитов (обозначения см. табл. 1).

офиолитов проявляется Sm-минимум в отличие от бонинитов (рис. 2). Сопоставимо распределение РЗЭ в бонинитах Марианской дуги и в Рх-порфиритах Горного Алтая. В целом редкоземельный состав Рх-порфиритов, как и бонинитов фронтальной части Марианской дуги и хан-тайширинских даек, близок к хондритам [10]. Некоторые образцы существенно истощены La и Ce по

сравнению с тихоокеанскими породами (рис. 2а), что сближает их с бонинитами Трудоса [11].

Основное различие между курайскими Рх-порфиритами и бонинитами островных дуг Тихого океана заключается в составе пироксена. Для курайских бонинитов характерны порфиновые вкрапления клинопироксена до 1.5 см длиной.

Таблица 2. Содержание редких элементов в курайских Рх-порфиритах (1–5) и ассоциирующих базальтах (6, 7) и габброидах (8–10), г/т

№ п. п.	№ обр.	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	V	Ba	Sr	Rb	Th	Ta	Hf	Y
1	Б-916	25	85	55	0.98	1200	198	60	118	12	<0.2	0.013	0.12	6.3
2	Б-926	100	68	48	0.78	410	192	20	135	0.3	0.1	0.01	0.17	5.1
3	Б-950	77	59	58	0.7	1350	204	80	78	7.7	0.2	<0.002	0.2	4.8
4	Б-951	137	82	46	2.1	150	240	100	128	5	0	<0.002	0.5	6.4
5	Б-952	28	88	49	1.7	530	210	90	106	6.5	<0.1	0.031	0.55	9
6	Б-938	15	77	117	153	1078	138	192	50	1				
7	Б-939	112	78	43	47	238	198	228	223	2				
8	Б-959	28	51	22		54	240	51	96	1				
9	Б-960	55	81	39	120	250	280	198	279	12				
10	Б-961	12	84	32	21	30	210	128	116	7				

Примечание. Анализы выполнены нейтронно-активационным методом в ОИГТМ РАН, Новосибирск, аналитик В.А. Бобров.

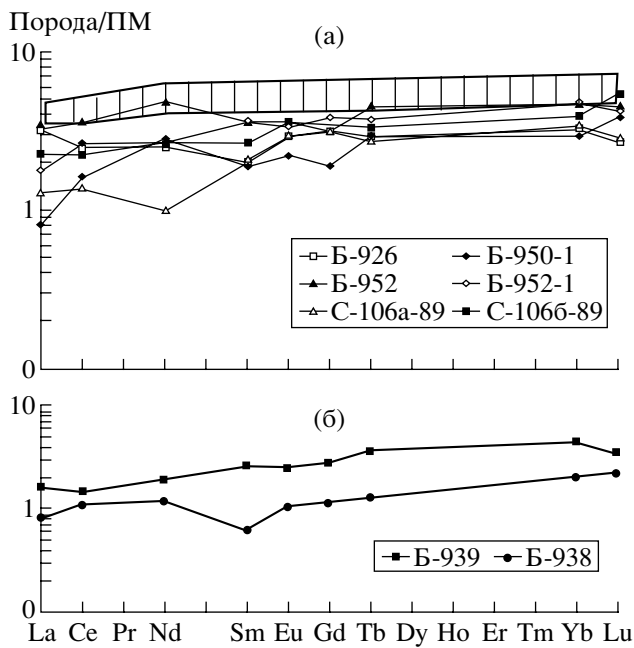


Рис. 2. Распределение РЗЭ в породах курайских островодужных офиолитов: а – Рх-порфириды и поле бонинитов Марианской дуги; б – ассоциирующие базальты. ПМ – примитивная мантия.

Пироксен и большинство других первичных минералов замещено хлоритом, эпидотом, актинолитом, клиноцоизитом. В крайне редких случаях можно найти относительно свежие зерна клинопироксена, оливина и хромита, анализы которых приведены в [3]. По этой причине дать полную характеристику первичных составов минералов очень трудно, что затрудняет квалификацию пород по минералогическим признакам. Бонинитами считаются породы, имеющие не только состав высокомагнезиального андезита, но и вкрапленники низкокальциевого зонального пироксена, т.е. бронзита, энстатита и клиноэнстатита. В курайских высокомагнезиальных андезитах достоверно диагностируется только клинопироксен, часто в виде полисинтетических двойников. Пока не удалось обнаружить вкрапленники ортопироксена. Клинопироксен присутствует как в виде вкрапленников, так и в основной массе. Анализ пироксенов на микрозонде выявил, что их состав соответствует эндиописиду, а хромшпинелид характеризуется высокой хромистостью и близок по составу к хромшпинели бонинитовых серий западной части Тихого океана [3].

Таким образом, по химическому составу Рх-порфириды Горного Алтая наиболее близки к бонинитам Марианского желоба, Идзу-Бонинской островной дуги и дуги Тонга. Однако в изучаемых породах установлены порфиоровые выделения обогащенного кальцием клинопироксена,

хотя по составу пород в них присутствует модальный ортопироксен.

По всем остальным признакам (положению в разрезе офиолитов, геохимии и петрохимии, составу хромшпинели) Рх-порфириды Горного Алтая соответствуют бонинитовым породам, кристаллизовавшимся из магм примитивных островных дуг. Дальнейшее изучение состава пироксенов и пород из бонинитовых серий Курайских офиолитов может дать ответ на следующий вопрос: являются ли они специфической бонинитовой серией, содержащей только клинопироксен эндиописидового состава, и курайские офиолиты являются наиболее поздними выплавками в целом бонинитовой магмы, или отсутствие низкокальциевого пироксена объясняется его худшей сохранностью. Более ранние этапы кристаллизации бонинитовой магмы могут быть зафиксированы (в случае обнаружения низкокальциевого Рх) в других разрезах Уйменско-Лебедской зоны, имеющей протяженность с севера на юг более чем 300 км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Симонов В.А., Кузнецов П.П. // ДАН. 1991. Т. 316. № 2. С. 448–451.
2. Добрецов Н.Л. и др. // Геология и геофизика. 1992. № 12. С. 3–14.
3. Симонов В.А., Добрецов Н.Л., Буслов М.М. // Там же. 1994. Т. 35. № 7–8. С. 182–199.
4. Buslov M.M. et al. Geology and Tectonics of Gorny Altai. Novosibirsk, 1993. 122 p.
5. Cameron W.E., Nisbet E.G., Dietrich V.J. // Nature. 1979. V. 280. № 5723. P. 550–553.
6. Crawford A.J., Cameron W.E. // Contribs Miner. Petrol. 1985. V. 91. P. 93–104.
7. Добрецов Н.Л. и др. Геология дна Филиппинского моря. М.: Наука, 1980. С. 149–179.
8. Высоцкий С.М. и др. // ДАН. 1983. Т. 271. № 1. С. 169–173.
9. Sharaskin A.Ya., Pustchin I.K., Zlobin S.K. // Ophioliti. 1983. V. 8. № 3. P. 411–430.
10. Кепежинская К.Б., Кепежинская В.В., Зайцев Н.С. Эволюция земной коры Монголии в докембрии–кембрии. М.: Наука, 1987. 168 с.
11. Фролова Т.И., Перчук Л.Л., Бурикова И.А. Магматизм и преобразование земной коры активных окраин. М.: Недра, 1989. 261 с.
12. Cameron W.E., McCulloch M.T., Walker D.A. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1983. V. 65. P. 75–89.
13. Beccaluva L., Piccardo G.B., Serri G. In: Ophiolites. Proc. Intern. Ophiol. Symp. Panaiotou, Cyprus: Cyprus Geol. Surv. Depart., 1980. P. 314–331.
14. Петрология и геохимия островных дуг и окраинных морей / Под ред. О.А. Богатикова. М.: Наука, 1987. 336 с.
15. Mullen E.D. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1983. V. 62. P. 53–62.