

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СРЕДНЕДЕВОНСКИХ
БОНИНИТОПОДОБНЫХ БАЗАЛЬТАХ УРАЛА

Диагностика марианит-бонинитовых вулканитов внутриконтинентальных орогенных поясов имеет важное значение для палеогеодинамических реконструкций, так как формирование их происходит в условиях юных внутриокеанических островных дуг, на фронте или в задуговых спрединговых центрах, но всегда на самых ранних стадиях субдукции [6, 9].

Существование бонинитов на Урале до сих пор является предметом дискуссии. Изучены они недостаточно, имеются лишь отрывочные сведения о минералогии [2], причем указания на присутствие в модальном составе клиноэнстатита остаются голословными [4]. Опубликованные данные по геохимии литофильных и тугоплавких элементов относятся преимущественно к силурийским эффузивам [2, 5]. В предлагаемой статье, не претендующей на решение проблемы в целом, приводятся отсутствовавшие до сих пор данные по содержанию и распределению редкоземельных элементов в этих специфичных эффузивах.

Вулканиты марианит-бонинитовой серии обнаружены нами в составе среднедевонских колчедановых базальт-риолитовых (спилит-кварцальбитофировых) комплексов: сафьяновского Режевской зоны Среднего Урала и карамалыташского Учалино-Александринской зоны Южного Урала [3], где они являются

Химический состав среднедевонских бонинитоподобных базальтов

Компонент	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂ , %	47.22	48.52	47.68	48.88	47.70	47.48	45.52
TiO ₂	0.71	0.65	0.48	0.76	0.75	0.66	0.36
Al ₂ O ₃	14.37	14.69	9.94	14.08	13.54	10.88	10.90
Fe ₂ O ₃	4.07	3.61	2.42	3.37	4.31	3.52	-
FeO	6.80	6.66	6.76	6.73	6.32	6.46	-
FeO _{общ}	10.87	10.27	9.18	10.10	10.64	9.98	12.95
MnO	0.20	0.23	0.17	0.15	0.16	0.21	0.13
MgO	11.27	10.49	15.13	11.23	9.52	12.24	17.83
CaO	10.92	10.64	12.56	6.43	10.35	11.44	7.13
Na ₂ O	1.08	1.35	0.86	3.09	2.50	1.42	1.09
K ₂ O	0.64	0.75	0.24	0.25	0.25	0.22	0.25
P ₂ O ₅	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06	0.05	0.07
Ппп	2.94	2.94	2.98	4.10	3.86	4.44	4.66
Сумма	100.28	100.58	99.29	99.14	99.32	99.02	100.95
Rb, г/т	13	14	4	4	4	3	4
Sr	129	157	103	103	275	106	67
V	260	230	230	210	230	210	100
Cr	480	400	1100	1900	370	700	950
Ni	110	100	110	190	110	170	89
Co	62	52	70	46	46	46	35
Nb	1.9	2.1	1.7	1.7	2.6	1.2	-
La	2.5	2	2	2	2.5	1.8	2.47
Ce	5.8	4.7	4	5.6	6.5	4.7	6
Nd	4.8	4.2	3.6	5.2	4.8	4.2	3.70
Sm	1.6	1.5	1.2	1.7	1.6	1.4	1.0
Eu	0.61	0.58	0.37	0.52	0.61	0.4	0.43
Tb	0.4	0.36	0.34	0.46	0.42	0.39	0.25
Yb	1.5	1.3	1.0	1.5	1.4	1.2	0.97

Примечание. 1-6 - Южный Урал, Александринский район, Нагайбакский участок, скв. 5502: 1 - гл. 1072 м, 2 - гл. 1068 м, 3 - гл. 1086 м, 4 - гл. 1049 м, 5 - гл. 182.5 м, 6 - гл. 182 м; 7 - Средний Урал, Режевской район, Сафьяновский участок, скв. № П-24, гл. 134 м.

частью непрерывной по кремнекислотности Na толеитовой серии задугового бассейна.

Бонинитоподобные (высоко магнезиальные) базальтоиды образуют маломощные (1-5 м) лавовые потоки, переслаивающиеся с "нормальными" толеитовыми островодужными базальтами, реже это дайки. Они представлены порфировыми клинопироксеновыми разностями, количество вкрапленников в которых варьирует в пределах 10-20 % от объема породы. Клинотропироксен образует отчетливо зональные кристаллы размером 0,5-3 см с мелкими включениями шпинелидов. Почти все вкрапленники образовались в эффузивную стадию кристаллизации расплава, так как они практически отсутствуют в закаленных частях лавовых потоков и даек. Изредка среди фенокристов отмечены реликты оливина и ортопироксена, распознаваемые по форме псевдоморфоз. Основная масса вулканитов имеет витрофировую структуру с элементами микролитовой. Микролиты представлены клинопироксеном и, значительно реже, плагиоклазом. Последний иногда образует единичные мелкие вкрапленники. Эффузивы почти всегда интенсивно хлоритизированы, серицитизированы и карбонатизированы.

По сравнению с классическими бонинитами Идзу-Бонинской и Марианской островных дуг [6, 7] в уральских вулканитах отмечается несколько повышенное содержание титана, глинозема, железа и кальция, что увязывается с дифференциацией первичных расплавов по феннеровскому тренду [6], т.е. с фракционированием оливина и слабой аккумуляцией плагиоклаза; температура при этом должна быть весьма высокой, что препятствует отсадке титаномagnetита. Это вполне согласуется с петрографическими особенностями данных эффузивов. Наблюдаемое распределение микроэлементов в составе вулканитов позволяет отнести их к марианит-бонинитовой серии (см. таблицу), точнее, к так называемым переходным бонинитам (transitional boninites), обнаруженным в тех же ситуациях, что и собственно бониниты [9]. Для них характерны: очень высокая хромистость, умеренное содержание V, Ni, Co, низкое - Rb, Sr и Nb. В этих породах,

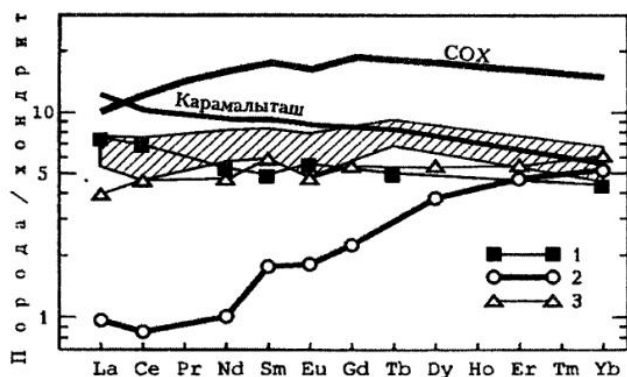
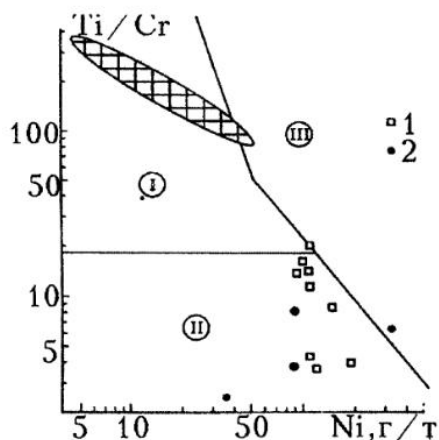


Рис. 1. Диаграмма $Ti/Cr - Ni$ для базальтов океанических обстановок

1 - бонинитоподобные базальты Учалино-Александринской зоны Южного Урала, 2 - то же Режевской зоны Среднего Урала. Оконтулено поле состава островодужной толеитовой серии карамалыташского и сафьяновского комплексов [3]. Цифры в кружках - поля состава: I - островодужных толеитов, II - бонинитов, III - базальтов срединно-океанических хребтов [8]

Рис. 2. Нормированное по хондриту [10] содержание РЗЭ в бонинитоподобных базальтах.

Оконтулено поле состава бонинитоподобных базальтов Учалино-Александринской зоны Южного Урала. 1 - бонинитоподобный базальт Режевской зоны Среднего Урала, 2 - марианит бассейна Лау [9], 3 - высоко магнезиальный андезитобазальт (transitional boninites) о.Нов.Британия [9]. Линиями показан средний состав: океанических толеитов (COX) [1] и островодужных толеитовых базальтов карамалыташского комплекса (Каракумаш) [3].

кроме того, выявлена аномально низкая концентрация Ba (менее 100 г/т), Zr (меньше 20 г/т), U и Th (до 2 г/т), Y (менее 10 г/т), Ga (9-13 г/т) и Sc (15-35 г/т), что в целом свойственно продуктам марианит-бонинитовой серии [6, 7]. Низкие величины отношения титан/хром отличают эти образования от типичных представителей толеитовой островодужной серии (рис. 1). Низкое содержание РЗЭ при плоском "хондритовом" типе их фракционирования (рис. 2) подтверждает выплавление первичных магм из предельно деплетированного тугоплавкого мантийного субстрата. По содержанию РЗЭ уральские бонинитоподобные базальты близки к дифференциатам бонинитовых магм Идзу-Бонинской, Марианской островных дуг и офиолитовой серии Троодос [7, 9]. В то же время отсутствие дефицита легких лантаноидов сближает их с примитивными островодужными толеитами, в ассоциации с которыми они наблюдаются на Урале.

Судя по имеющимся сведениям, в настоящее время для уральского орогена известна только одна разновидность бонинитов - transitional boninites. Собственно бониниты (клиноэнстатит-порфировые породы или их геохимические аналоги) пока не обнаружены. Тем не менее, приведенные данные являются еще одним доказательством эффективности актуалистических интерпретаций при анализе геодинамических обстановок палеозоя. Они подтверждают представление об образовании среднедевонской колчедановосной базальт-риолитовой формации Урала на ранней (юной) стадии формирования островной палеодуги, т.е. на коре океанического типа, хотя для Среднего Урала (сафьяновский комплекс) это мнение до последнего времени считалось дискуссионным.

Список литературы

1. *Балашов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 1976. 267 с.
2. *Богданова Е.И.* Породы марианит-бонинитового ряда в восточной вулканогенной зоне Урала // Ежегодник-1988/ Ин-т геологии и геохимии. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. С. 32-35.
3. *Бочкарев В.В., Сурин Т.Н.* Вулканогенные формации и геодинамическое развитие Учалино-Александринской и Режевской зон Урала. Екатеринбург: Наука, 1993. 80 с.
4. *Кузьмин М.И., Кабанова Л.Я.* Бонинитовые серии Южного Урала: геолого-петрографическое описание, особенности состава, проблемы генезиса // Потенциальная рудоносность, геохимические типы и формации магматических пород. Новосибирск: Наука, 1991. С. 156-173.
5. *Румянцева Н.А., Юшкова Г.А., Шмелева К.Л., Кукуй А.А.* Силурийская бонинитовая серия на Урале // Докл. АН СССР. 1989. Т. 304, № 4. С. 947-951.
6. *Фролова Т.И., Перчук Л.Л., Бурикова И.А.* Магматизм и преобразование земной коры активных окраин. М.: Недра, 1989. 261 с.
7. *Шараськин А.Я.* Идзу-Бонинская и Марианская дуги // Петрология и геохимия островных дуг и окраинных морей. М.: Наука, 1987. С. 95-118.
8. *Beccaluva L., Girolamo P.D., Macciotta G., Morra V.* Magma affinities and fractionation trends in ophiolites // Ofioliti. 1983. Vol. 8. P. 307-324.
9. *Beccaluva L., Serri G.* Boninitic and low-Ti subduction-related lavas from intraoceanic arc - backarc systems and low-Ti ophiolites: a reappraisal of their petrogenesis and original tectonic setting // Tectonophysics. 1988. Vol. 146, N 1-4. P. 291-315.
10. *Nakamura N.* Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites // Geochim. Cosmochim. Acta. 1974. Vol. 38, N 5. P. 757-775.