

ВУЛКАНИЗМ УДИНО-ВИТИМСКОЙ ОСТРОВОДУЖНОЙ СИСТЕМЫ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Гордиенко И.В., Климук В.С., Филимонов А.В.

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, gord@pres.bsc.buryatia.ru

Рассматриваются петрогеохимические и минералогические особенности кембрийских вулканитов, развитых на юге Витимского плоскогорья. Особенности вещественного состава вулканогенных пород и геодинамические условия их образования позволяют сделать вывод о том, что формирование кембрийских вулканитов происходило в условиях развитой островодужной системы, возникшей на окраине Палеоазиатского океана.

VOLCANISM OF THE UDA-VITIM ISLAND-ARC SYSTEM (TRANSBAIKALIA)

Gordienko I.V., Klimuk V.S., Filimonov A.V.

Geological Institute Siberian Department of Russian Science Academy, Ulan-Ude, gord@pres.bsc.buryatia.ru

In a southern part of Vitim plateau of Western Transbaikalia are widely distributed Cambrian volcanic formations. The main petrology, chemical and mineralogical composition features of volcanic rocks were investigated. On this base the conclusions were made about formation these volcanic formations in conditions of an advanced ensialic island arc of Paleasian Ocean.

В Западном Забайкалье в раннем палеозое широко проявились вулканогенные и вулканогенно-осадочные процессы, в результате которых сформировались крупные прогибы и отдельные вулcano-тектонические структуры, объединяемые в Удино-Витимскую зону каледонид [1,3]. Последующее изучение вулканизма этого региона позволило реконструировать Еравнинскую островную дугу или Удино-Витимскую островодужную систему энсиалического типа, развитую на окраине Палеоазиатского океана [5,8].

В последние годы нами проводились детальные исследования на юге Витимского плоскогорья, в Заза-Холойском междуречье. В этом районе наши исследования были сосредоточены на двух участках: в пределах центральной части, так называемого Еравнинского "ксенолита", где находится, Озернинское колчеданно-полиметаллическое месторождение, и в бассейне руч.Холодный, правого притока р.Витим, северо-восточной части "ксенолита". Сохранившийся от эрозии Еравнинский "ксенолит", площадью около 300 км², сложен в основном кембрийскими осадочно-вулканогенными образованиями. Из них 60% приходится

на вулканогенные породы, 18% - на туфы и туффиты, около 15% на осадочные породы (в основном известняки и песчаники) и 5-7% - на смешанные, большей частью вулканомиктовые породы [4, 7].

В результате работ было установлено, что основу островодужного комплекса в пределах Еравнинского "ксенолита" составляют мощные шлейфы вулканокластитов среднего и смешанного составов и крупные вулканические постройки, сложенные породами основного, среднего и кислого составов (рис. 1).

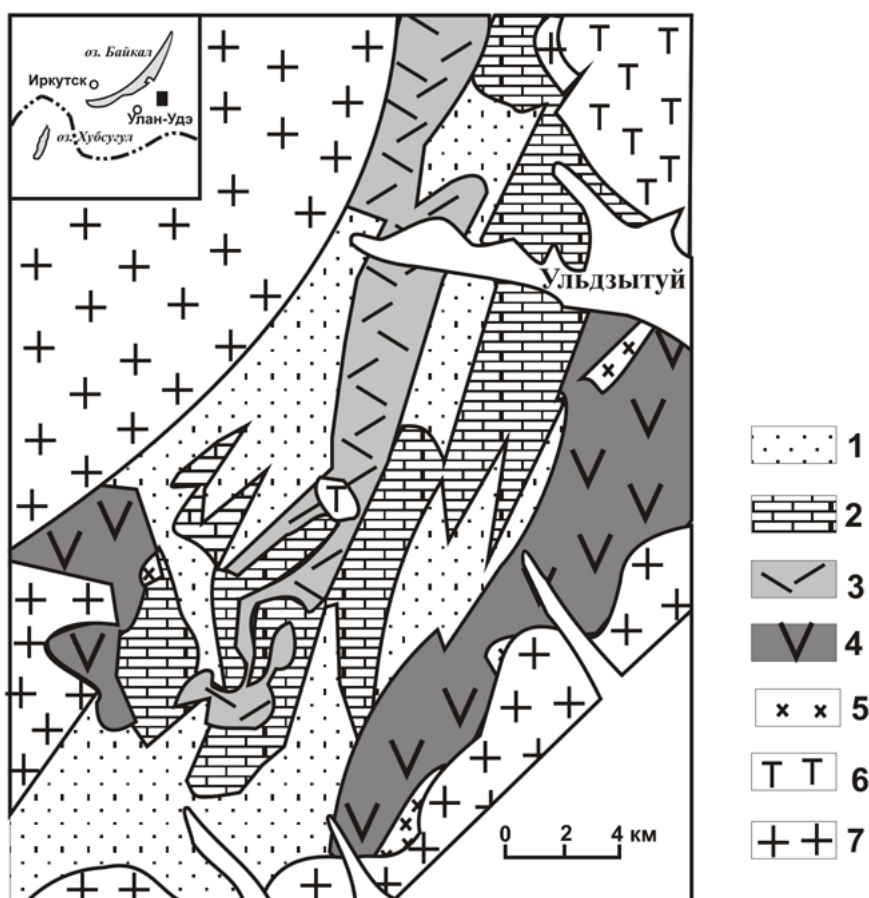


Рис. 1. Схема строения центральной части Еравнинского "ксенолита".

1-5 – кембрийский островодужный структурно-вещственный комплекс (СВК): 1, 2 - шлейфы вулканокластитов: 1 – проксимальные ближней зоны вулканизма (псефито-псаммитовые тефротурбидиты среднего, реже смешанного состава); 2 – дистальные дальней зоны вулканизма (вулканомиктовые песчаники, алевроиты, прослои туфов и туффитов, линзы известняков); 3, 4 – субвулканы, вулканические постройки: 3 – кислые вулканы (автомагматические брекчии, лавы); 4 – средние вулканы (гипабиссальные вулканы, лавы, реже туфы); 5 – интрузивы (кварцевые диориты, тоналиты, реже роговообманковые габбро); 6, 7 – коллизионные и постколлизионные СВК: 6 – субвулканический комплекс (PZ₂); 7 – граносиенит-лейкогранитный комплекс (PZ₂).

Шлейфы вулканокластитов расчленяются на две зоны вулканизма и седиментации: ближнюю (проксимальную), сложенную в основном псефитовыми и смешанными псефито-псаммитовыми тефротурбидитами среднего состава, и

дальнюю (дистальную), сложенную сериями мелких конусов средних и смешанных тефротурбидитов, терригенно-вулканогенными отложениями с рядом небольших (не более первых сотен метров) тел карбонатных пород. Эти тела очень редко представлены мелкими (до первых десятков метров) археоциатово-водорослевыми иловыми куполами, а в своем большинстве – это обломочные известняки. Обе зоны вулканизма и седиментации тесно связаны между собой латеральными переходами. Островодужный комплекс сформировался в три этапа. Наиболее ранний этап фиксируется крупными вулканическими постройками, сложенными в основном вулканитами среднего состава (андезиты, андезибазальты). Вулканиты собственно построек представлены преимущественно гипабиссальными и лавовыми фациями. Постройки были окаймлены шлейфами тефротурбидитов. В проксимальных частях шлейфов в подавляющей массе вулканокластиты имеют средний состав. Одновременно в дистальных частях шлейфов фиксируются слабые проявления кислого вулканизма (мелкие потоки флюидалных лав, туфы и туффиты). Поздний этап формирования островодужного комплекса характеризуется образованием крупных построек кислых вулканитов и субвулканических тел в основном кислого, реже среднего и основного состава. Среди них выделяются лавовые брекчии риолитов, дацитов, риодацитов, а также силлообразные тела и дайки диабазов, долеритов и андезитов. В заключительный этап формирования островодужной структуры образовались крупные интрузивные тела габбро, диоритов, тоналитов, плагиогранитов, которые уничтожили значительную часть островодужной постройки и привели к контактовому метаморфизму и гидротермально-метасоматическому изменению осадочно-вулканогенных пород [6].

Нами получены новые геохимические и минералогические данные наиболее типичных представителей вулканических пород, составляющих основу островодужного комплекса.

Среди продуктов вулканизма выделяются лавовые, пирокластические и субвулканические фации. Лавы представлены базальтами, андезитами, андезибазальтами. Вулканиты кислого состава, среди которых выделяются риолиты, дациты и риодациты, имеют подчиненное значение. К пирокластическим фациям относятся псаммито-псефитовые туфы смешанного риолит-дацит-андезитового состава. Среди субвулканических образований выделяются маломощные силлообразные тела и дайки долеритов и диабазов. Субвулканические тела кислого состава представлены автомагматическими обрекчиями риолитов, дацитов и

риодацитов были названы флюидопорфирами и выделены в отдельный субвулканический комплекс [9].

Породы подверглись интенсивной гидротермально-метасоматической переработке, калишпатизированы и альбитизированы. При установлении их геохимической специфики использовались менее измененные разновидности, что объясняется ограниченным количеством выборок.

Основные разновидности вулканитов проанализированы на главные и рассеянные элементы в ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ (**таблица**). Петрогенные оксиды определялись методами атомной абсорбции и пламенной фотометрии (аналитик В.А.Иванова), концентрации микроэлементов – рентгенофлуоресцентным методом (аналитик Б.Ж.Жалсараев), элементы группы железа (Cr, Ni, V, Co) – атомно-эмиссионным спектральным анализом (аналитик Т.И. Казанцева). Редкоземельные элементы анализировались химико-спектральным методом (аналитик Т.И.Казанцева). Состав минералов определен электронно-зондовым методом на модернизированном микроанализаторе MAP-3 (аналитики Н.С.Карманов, С.В.Канакин).

Вулканиты в пределах центральной части Еравнинского "ксенолита" представлены в основном породами среднего состава, при подчиненном развитии основных и кислых разностей. Преимущественно это андезиты и андезибазальты, которые представляют собой массивные породы порфировой структуры с пилотакситовой и микрозернистой основной массой. Вкрапленники плагиоклаза в подавляющем большинстве представлены олигоклазом с 15-30% An, в меньшем количестве андезином ($Ab_{63-60}Or_{4-6}An_{31-36}$). В дацитах вместе с вкрапленниками олигоклаза присутствует калиевый полевой шпат, представленный призматическими кристаллами санидина с высоким содержанием ортоклазового минала ($Ab_{24-42}Or_{55-72}An_{1,8-3,5}$). Базис сложен на 50-70% альбитом (An_{6-10}), хлоритом, серицитом, карбонатом (до 20%), магнетитом и титаномагнетитом (до 3%). Зерна рудного минерала в виде рудной пыли, призматических зерен встречаются, как в основной массе, так и во вкрапленниках и представлены магнетитом и титаномагнетитом (TiO_2 - 17 %). Из аксессуарных минералов присутствует также апатит, сфен, ильменит.

Вулканогенная толща бассейна руч. Холодный северо-восточной части Еравнинского "ксенолита" сложена в основном базальтами, риолитами и игнимбритами. В базальтах помимо плагиоклаза редко отмечается субкальциевый

авгит и титан-авгит ($Wo_{24-28}En_{36-39}Fs_{19-23}$) ($f=34-37$, $CaO=9,8-16,5$ мас.%). В единичных зернах присутствует актинолит и биотит-флогопит ($f=28-30$).

Таблица. Содержание петрогенных (мас.%) и редких элементов (г/т) в основных разновидностях вулканитов Удино-Витимской островодужной системы

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	46,70	52,90	57,40	64,70	51,50	53,30	53,90	74,50
TiO ₂	0,66	0,68	1,30	0,72	0,68	0,72	0,70	0,68
Al ₂ O ₃	17,60	17,60	15,90	14,90	19,80	20,90	20,60	12,20
Fe ₂ O ₃	2,12	-	2,98	1,70	4,23	3,92	3,88	1,67
FeO	9,98	6,69	4,65	3,31	4,46	4,08	4,16	0,83
MnO	0,71	0,34	0,14	0,10	0,02	0,07	0,07	0,02
MgO	5,78	4,31	3,00	2,52	0,65	2,26	2,36	0,31
CaO	9,33	10,00	3,90	3,10	0,51	7,36	4,27	0,51
Na ₂ O	2,31	3,71	5,38	4,79	2,86	3,07	4,39	3,66
K ₂ O	1,47	0,82	1,53	1,50	3,45	2,52	3,09	4,07
P ₂ O ₅	0,10	0,09	0,18	0,09	0,07	0,10	0,09	0,05
п.п.п.	3,90	2,18	2,92	2,06	2,92	1,77	1,72	1,25
Сумма	100,36	99,32	99,28	99,49	100,22	100,07	99,23	99,34
K ₂ O/Na ₂ O	0,64	0,22	0,28	0,31	1,2	0,82	0,70	1,1
Rb	39	24	90	85	22	64	76	92
Ba	510	310	190	180	160	280	210	800
Sr	210	310	150	180	390	140	140	100
Nb	1	3	4	5	1	1	2	10
Zr	71	76	160	180	41	37	39	220
Y	21	13	34	27	12	8	14	25
Cr	110	120	110	130	73	170	80	32
Ni	81	78	32	10	33	12	10	20
V	210	230	170	110	360	260	240	38
Cu	64	110	36	12	61	25	26	34
Pb	40	30	10	15	25	33	73	22
Zn	200	130	70	50	140	160	180	55
La	10	10	11	20	5,6	5,6	5,7	10
Ce	21	19	23	42	11	11	11	20
Pr	2,70	2,30	2,90	4,30	-	-	-	2,10
Nd	11	8,6	14	18	7,7	8,0	6,9	10
Sm	3,3	2,7	4,3	4,1	2,0	2,1	2,0	2,5
Eu	0,83	0,80	0,96	0,96	0,72	0,91	0,65	0,47
Gd	3,7	3,0	5,6	4,3	2,5	2,2	2,3	2,1
Dy	3,4	3,0	4,9	4,2	2,5	2,4	2,2	2,3
Ho	0,70	0,59	1,10	0,94	0,59	0,46	0,43	0,44
Er	2,3	2,0	3,3	2,9	1,7	1,4	1,3	1,4
Yb	2,1	2,2	3,6	3,4	1,9	1,8	1,4	1,7
Lu	0,27	0,25	0,49	0,42	0,23	0,20	0,20	0,23
La/Yb _(N)	3,2	3,1	2,1	4,0	2,0	2,1	2,8	4,8

Примечание. 1- 4 – вулканиты центральной части Еравнинского “ксенолита”: 1 - базальт, 2 - андезибазальт, 3 - андезит, 4 - дацит; 5-8 – вулканиты бассейна руч.Холодный: 5,6 – базальты, 7 - андезибазальт, 8 - риолит.

Основная масса представлена серицитизированным и альбитизированным плагиоклазом, погруженным в девитрифицированное стекло, замещенное хлоритом и эпидотом.

Риолиты представляют собой массивные флюидалные или тонкополосчатые породы. Редкие вкрапленники сложены идиоморфным кварцем и таблитчатым калинатровым полевым шпатом. Структура основной массы фельзитовая и сферолитовая. Игнимбриты характеризуются отчетливой флюидалностью и

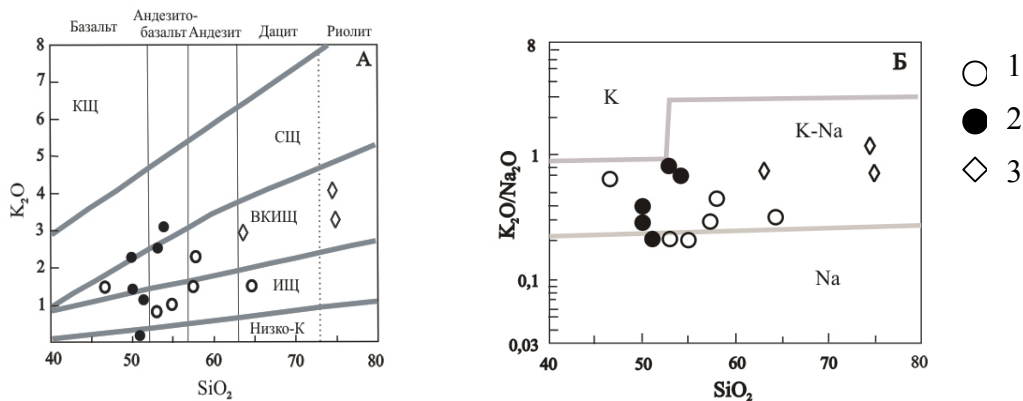


Рис. 2. Классификационные диаграммы $K_2O - SiO_2$ (А), $K_2O/Na_2O - SiO_2$ (Б), $K_2O - Na_2O$ (В) для вулканитов Удино-Витимской островодужной системы.

1 – лавы и лавокластиты вулканических построек центральной части Еравнинского "ксенолита";
 2 – 4 – вулканиты бассейна руч.Холодный: 2 – базальты, 3 – риолиты. Поля петрохимических серий на диаграмме А – по [12]; на диаграмме Б – по [2]

большим количеством реликтов первичной стекловатой лавы (фьямме). На классификационных диаграммах (рис. 2) видно, что преобладающая часть вулканитов представлена базальтами и андезибазальтами. Породы различаются по содержанию калия, суммы щелочей и соотношению калия и натрия. Преобладающая часть вулканитов соответствует известково-щелочной натриевой серии, хотя часть точек располагается вблизи линии, разграничивающей натриевую и кали-натриевую серии.

Вулканиты характеризуются умеренными концентрациями редкоземельных элементов. Сумма РЗЭ в вулканитах составляет 36-105 г/т. Распределения нормированных по хондриту концентраций редкоземельных элементов в базальтах и андезибазальтах характеризуются слабым фракционированием РЗЭ ($La_N/Yb_N = 2-3$).

Все вулканиты, кроме базальтов бассейна руч. Холодной имеют европейский минимум (рис. 3Б), что связано с фракционированием плагиоклаза при кристаллизации. По распределению РЗЭ вулканиты построек близки базальтам Курило-Камчатской островной дуги.

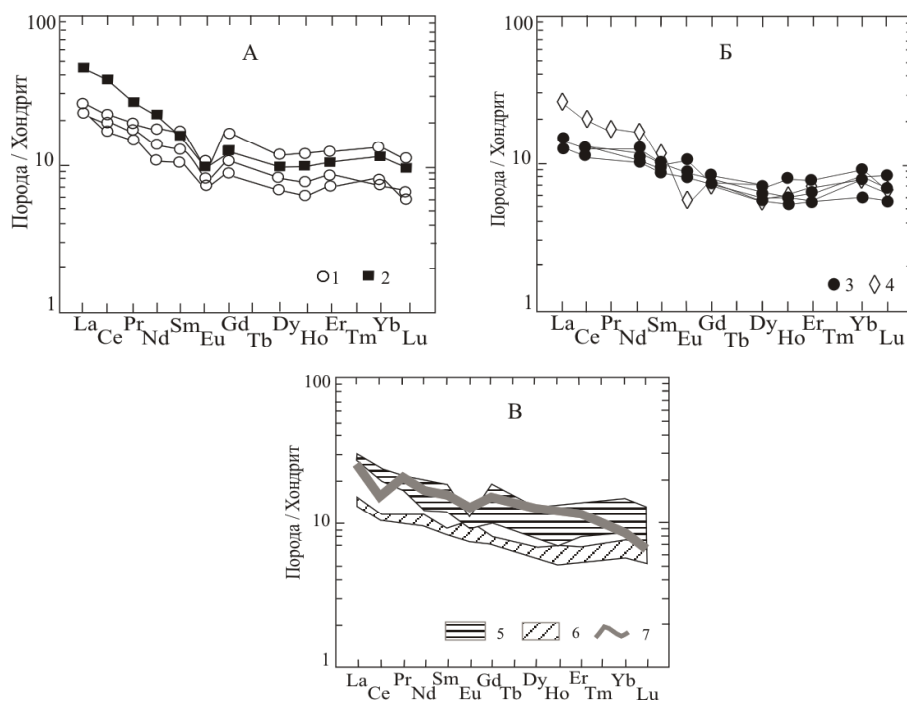


Рис. 3. Распределение РЗЭ в вулканитах Удино-Витимской островодужной системы.

А – вулканиты центральной части Еравнинского "ксенолита": 1– андезиты, андезито-базальты, 2 – дациты; **Б** – вулканиты бассейна руч.Холодный: 3 – базальты, 4 – риолиты; **В** – поля содержаний РЗЭ в базальтах и андезитобазальтах: 5 – вулканиты центральной части Еравнинского "ксенолита", 6 – базальты бассейна руч.Холодный, 7 – базальты Курило-Камчатской островной дуги.

На спайдер-диаграмме (**рис. 4**) геохимические особенности вулканитов определяются высокими концентрациями щелочных и щелочноземельных элементов. Отмечается деплетированность Nb, Zr, в ряде случаев Ti, и обогащение - Ba, K, Rb, что является характерным для островодужных магм. Преобладающая часть микрокомпонентов лежит вблизи состава пород MORB. Почти горизонтальное

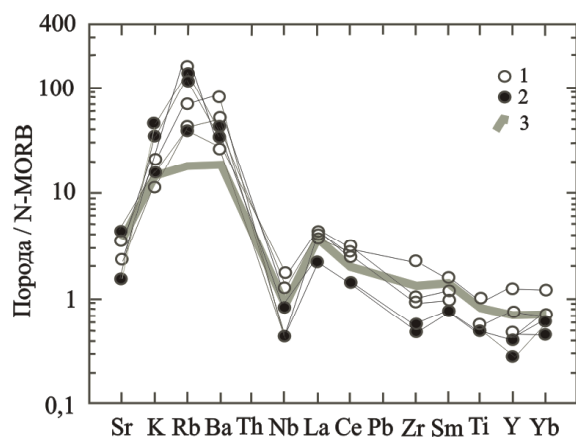


Рис. 4. Спайдер - диаграмма для вулканитов Удино-Витимской островодужной системы.

1 – базальты и андезитобазальты вулканических построек бассейна руч.Сурхэбта; 2 – базальты бассейна руч.Холодный, 3 – базальты Курило-Камчатской островной дуги.

распределение таких элементов, как Nb, Zr, Y, Yb указывает, что первичные выплавки осуществлялись из источника, подобного источнику N-MORB. Геохимические особенности пород указывают на их надсубдукционное происхождение. Об этом свидетельствует известково-щелочной тренд дифференциации, отрицательные аномалии Nb, Zr, Ti, положительные Ba, K, Rb.

На дискриминационных диаграмме Ti-Zr базальты и андезитобазальты центральной части Еравнинского "ксенолита" ложатся в область известково-щелочных базальтов островных дуг. Составы вулканитов бассейна руч. Холодный сосредоточены в поле островодужных толеитов, известково-щелочных базальтов и базальтов COX (рис 5 А).

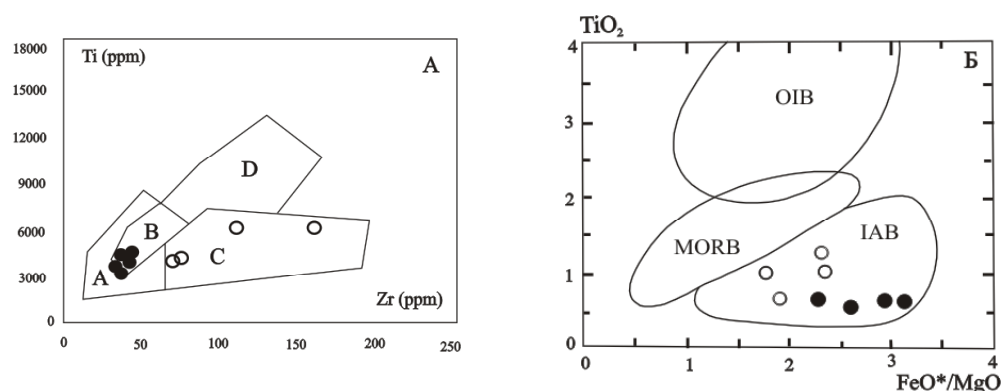


Рис. 5. Дискриминантные диаграммы для базальтов и андезитобазальтов Удино-Витимского островодужного комплекса. Условные обозначения те же, что и на рис. 4.

А - Ti-Zr – диаграмма для базальтов и андезитобазальтов. Обозначение полей: А – островодужные толеиты; В – островодужные толеиты, известково-щелочные базальты и базальты COX; С – известково-щелочные базальты; D – базальты COX [9]. Б - TiO₂ - FeO*/MgO диаграмма для базальтов и андезитобазальтов. Поля составов базальтов: OIB – океанических островов, MORB – срединно-океанических хребтов, IAB – островных дуг [10]

Более информативной является диаграмма TiO₂ – FeO*/MgO, на которой все точки попадают в область островодужных базальтов (рис.5 Б).

Таким образом, составы вулканитов центральной и северо-восточной частей Еравнинского "ксенолита" различаются по содержанию калия, сумме щелочей, соотношению калия и натрия. Кроме того, вулканиты различаются по уровням концентрации редкоземельных и высокозарядных элементов. Более высокие содержания микрокомпонентов характерны для вулканитов центральной части "ксенолита" (ΣРЗЭ = 61-105, Nb = 1-5, Zr = 71-180, Y = 13-27). Содержание ΣРЗЭ, Nb, Zr, Y в вулканитах бассейна руч. Холодный не превышают 36, 1, 41, 14 (г/т) соответственно. Геохимические и минералогические особенности исследованных

вулканитов позволяют сделать вывод о том, что их формирование происходило в условиях островной дуги, современным аналогом которой является Курило-Камчатская островодужная система.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 05-05-64035, 05-05-97228)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Беличенко В.Г.** Нижний палеозой Западного забайкалья. М., Наука, 1969, 208 с.
2. **Богатиков О.А., Цветков А.А.** Магматическая эволюция островных дуг. М., Наука, 1988, 248 с.
3. **Васильев И.Л.** Геология Еравнинского рудного поля. Н., Наука, 1977, 126 с.
4. **Гордиенко И.В., Андреев Г.В., Кузнецов А.Н.** Магматические формации палеозоя Саяно-Байкальской складчатой области. М., Наука, 1978, 221 с.
5. **Гордиенко И.В.** Палеозойский магматизм и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса. М., Наука, 1987, 238 с.
6. **Гордиенко И.В.** Новые данные по геодинамической эволюции палеозойских Джидинской и Удино-Витимской зон Центрально-Азиатского складчатого пояса //Материалы совещания:Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Т.1, Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2004, с.92-95.
7. **Литвиновский Б.А., Занвилевич А.Н.** Палеозойский гранитоидный магматизм Западного Забайкалья. Н., Наука, 1976, 142 с.
8. **Парфенов А.М., Булгатов А.Н., Гордиенко И.В., Террейны и формирование орогенных поясов Забайкалья //Тихоокеанская геология, 1996. Т.15, №4, с.3-15.**
9. **Царев Д.И., Фирсов А.П.** Проблема формирования колчеданных месторождений. М.,Наука,1988, 144 с
10. **Glassley W.** Geochemistry and tectonics of the Grescentr volcanic rocks, Olympic Peninsula //Geol. Soc. Amer. Bull. 1974.V.85. P.785-794.
11. **Mullen E.D.** MnO/TiO₂/P₂O₅: A minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis //Earth Planet/ Sci. Lett. 1983. V.62, P. 53-62.
12. **Pearce J. A., Cann J.R.** Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis // Earth Planet/ Sci. Lett. 1973. V.19. P. 757-775.