

ПРОДОЛЬНАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ – РОЛЬ СУБДУКЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И МАНТИЙНОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ В МАГМОГЕНЕЗИСЕ

Ю.А. Мартынов¹, А.В. Рыбин², С.И. Дриль³, А.Ю. Мартынов¹

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, e-mail: martynov@fegi.ru

²Институт морской геологии и геофизики, г. Южно-Сахалинск, e-mail: rybin@imgg.ru

³ Институт геохимии СО РАН, г. Иркутск

Геохимические вариации островодужных вулканитов являются ключевыми для понимания особенностей субдукционного магмообразования. Например, Т. Ишикава и Ф. Терра [1997], принимая во внимание линейную корреляцию d^{11} , B с $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и Nb/V , пришли к выводу о важной роли в магмогенезисе Курильской островодужной системы двух изотопно-гомогенных компонентов – субдукционного флюида и мантийного клина. Сходной точки зрения придерживались и другие исследователи [Журавлев и др., 1985; Богатиков, Цветков, 1988; Подводный вулканизм..., 1992 и др.]. Происхождение слабой продольной геохимической зональности, с возрастанием к северу щелочности вулканических пород от преобладающего низкокалиевого типа до умереннокалиевого, рассматривалось как результат небольшого различия литологии субдуцирующего осадка на северном и южном отрезках островодужной системы [Bailey, 1996; Ishikawa, Tera, 1997]. В данной работе эти вопросы будут рассмотрены на новых микроэлементных и изотопных данных, полученных с использованием современной элементной базы (ICP MS, Институт геохимии СО РАН, Иркутск, многоколлекторный ICP MS университет Шимане, г. Матсуге, Япония).

Согласно [Подводный вулканизм..., 1992 и др.], продольная геохимическая зональность более отчетливо проявлена во фронтальной зоне Курильской островодужной системы. Это подтверждают и наши данные, хотя правильнее говорить не о зональности, как о постепенном изменении составов пород, а об аномальных изотопно-геохимических характеристиках вулканитов трех наиболее крупных островов – Кунашир и Итуруп на юге и Парамушир на севере. Лавы двух южных островов характеризуются либо «проскими», либо слабо деплетированными в отношении LREE спектрами распределения редкоземельных элементов, низкими концентрациями Nb, Ta, Zr, Hf, Na_2O и K_2O , что свидетельствует о деплетированной природе перичных магм. В противоположность этому, основные вулканиты о. Парамушир аномально обогащены не только K_2O и TiO_2 , но также легкими лантаноидами и другими высоконеогерентными микроэлементами.

Изотопные отношения Sr малоинформативны при решении вопросов магматических источников из за метасоматической переработки надсубдукционного мантийного клина флюидной фазой, обогащенной радиогенным Sr. Для лав фронтальной зоны, например, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношение практически не меняется вдоль простирания Курильской дуги, незакономерно колеблясь вблизи рассчитанного состава субдукционного флюида [Мартынов и др., 2007]. В тоже время $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ отношение существенно варьирует от сравнительно низких значений для двух южных островов, до относительно высоких - для Парамушира и малых островов центрального сектора, включая о. Симушир (Мартынов и др., 2007).

На диаграммах $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ фигуративные точки всех проанализированных образцов располагаются в поле MORB Индийского океана, занимая переходное положение между породами южной Камчатки и Японии. Вулканиты о-вов Кунашира и Итурупа отличаются относительно высокими, а Парамушира – низкими значениями $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ отношения, причем породы северного острова отчетливо смещены в область высокого $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (рис. 1). Аналогичная закономерность подтверждается и при сопоставлении изотопных характеристик драгированных образцов подводных вулканов, расположенных в тыловой зоне южного и северного звена Большой Курильской гряды [http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_06/06-3-A-08-326/index.html].

Поскольку коровая контаминация не играла существенной роли в петрогенезисе курильских магм [Мартынов и др., 2007; Martynov et al., в печати], вариации изотопно-геохимических характеристик вулканитов должны определяться либо различным вкладом в их происхождение субдукционных компонентов, либо гетерогенностью надсубдукционной мантии. Отличительной особенностью базальтов южного звена Курильской островной дуги,

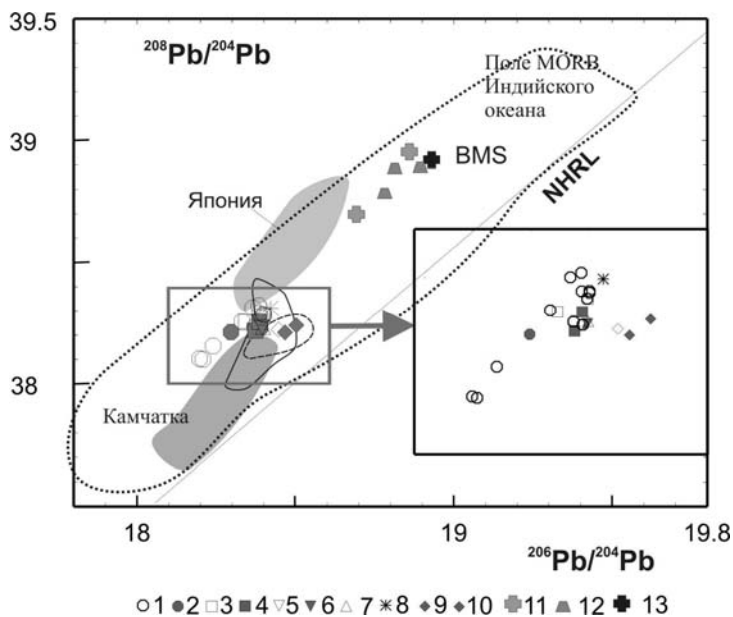


Рис. 1. Изотопные отношения $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ – $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ для курильских лав 1, 2 о. Кунашир, фронтальная (1) и тыловая (2) зоны; 3, 4 – о. Итуруп, фронтальная (3) и тыловая (4) зоны; 5 – о-ва. Черные Братья; 6 – о. Броутона; 7 – о. Симушир; 8 – малые острова центральной зоны; 9 – о. Парамушир; 10 – о. Атласово; 11 – средний состав осадка Марианской островной дуги; 12 – состав осадка субдуцирующего под Камчатский и Курильский сегмент островной дуги [Plank, Langmuir, 1998]; 13 – валовый состав океанического осадка. Пунктиром оконтурено поле тыловодужных лав северного звена Курильской островной дуги, сплошной линией – южного звена [http://www.kscnet.ru/ivs/grant/grant_06/06-3-A-08-326/index.html]

как фронтальной, так и тыловой зон, являются низкие (<1) отношения Th/Yb , при относительно высоких Ba/Th , Cs/Th и U/Th . На диаграмме Ba/Th – Th/Yb (рис. 2) их фигуративные точки формируют субвертикальный тренд, расположенный в поле измененных океанических базальтов (АОС), что свидетельствует о преобладающей роли в магмогенезисе флюидной фазы, прежде всего АОС флюида. Базальты о-вов Парамушира и Атласово, а также тыловодужные вулканы центрального сектора Курильской островной дуги отчетливо смещены в область низкого Ba/Th , но высокого Th/Yb отношений, что дает основание предполагать существенную роль в их происхождение расплавов, образованных при плавлении субдукционного осадка. Этот вывод подтверждают и результаты модельных расчетов. На диаграмме $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ – Th/Nd (рис. 3) фигуративные точки основных лав Парамушира, а также тыловодужных базальтов центрального и северного секторов, формируют субгоризонтальный тренд, совпадающий с расчетной линией смешения измененной океанической коры (АОС) и $\sim 5\%$ расплава осадочного генезиса (SEDMelt).

Полученные данные подтверждаются геологическими, геофизическими и геохимическими исследованиями южной Камчатки, которую многие исследователи рассматривают как континентальное продолжение Курильской островной дуги. Детальные изотопно-геохимические исследования современных лав вулканов Мутновский и Горелый, например, свидетельствуют важной роли «осадочных» расплавов в их генезисе [Duggen et al., 2007]. Происхождение этого феномена исследователи связывали со сравнительно «горячей» мантией, подстилающей полуостров ($\sim 1275^\circ\text{C}$ при давлении $\sim 1.5\text{ GPa}$), что хорошо согласуется результатами термического моделирования геофизических характеристик [Manea, Manea, 2007]. Особенностью Камчатки, кроме того, является высокая степень поглощения океанического осадка в глубоководном желобе по сравнению с Курильским сегментом островной дуги ($>0.32\text{ мг/год/см}$) [Plank, Langmuir, 1998].

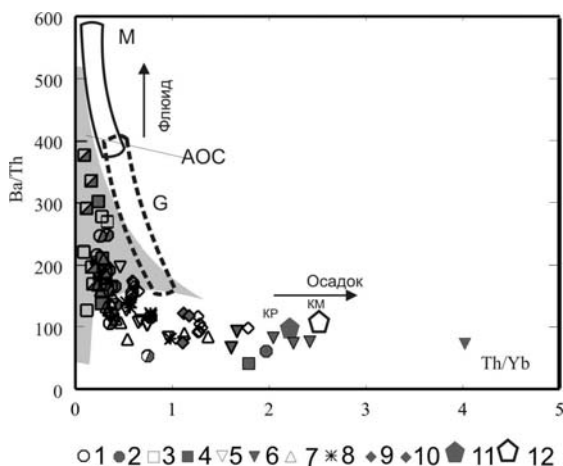


Рис. 2. Отношения Ba/Th – Th/Yb в четвертичных вулканитах Курильской островной дуги. 1- 10 см. рис. 1; 11 – 12 – средние составы осадков, субдуцирующих под Курильский и Камчатский сегменты островной дуги [Plank, Langmuir, 1998]. G и M – поля основных лав соответственно в-нов Горелый и Мутновский.

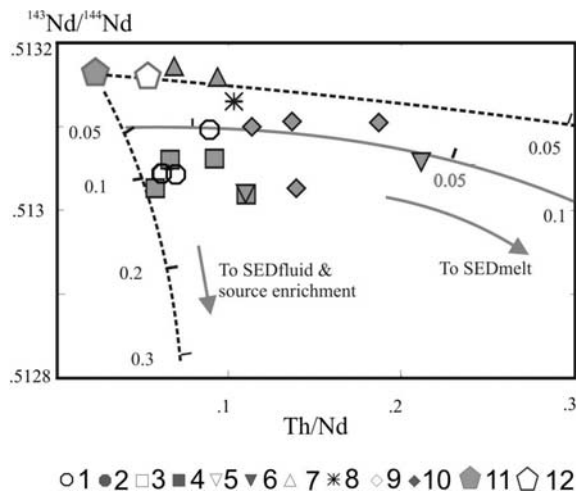


Рис. 3. Диаграмма $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ – Th/Nd. 1-10 - см. рис. 1; 11 – базальты измененной океанической коры (АОС); 12 – рассчитанный состав АОС флюида. Линии на диаграмме – рассчитанные линии смешения АОС с расплавом (SEDmelt) и флюидной фазой (SEDfluid), образовавшихся, соответственно, в результате плавления и дегидратации субдуцирующего осадка. При расчетах состав осадка соответствовал валовому составу осадочного материала, субдуцирующего под Курильскую островную дугу [Plank, Langmuir, 1998]; валовые коэффициенты распределения микроэлементов - из работы [Jhonson, Plank, 1999]: 700°C для флюида и 900°C – для расплава

Необычной особенностью южных островов Курильской гряды является несовпадение микроэлементных и изотопных признаков деплетации мантийного источника четвертичных базальтов (рис. 4) - сравнительно низкие содержания радиогенного Nd в этих породах противоречат низким значениям Zr/Hf, LREE/HREE отношений, низким концентрациям щелочных элементов [Мартынов и др., 2005] (рис. 4). Подобное несоответствие дает основание предполагать сравнительно «молодые» эпизоды плавления изотопно обогащенной надсубдукционной мантии, возможно на ранних этапах формирования южных Курил.

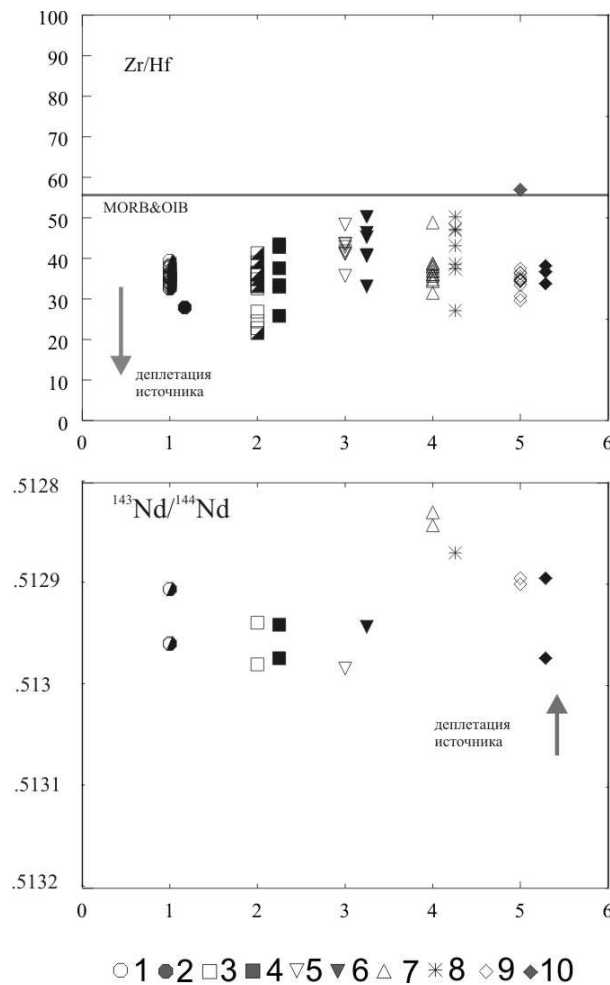


Рис. 4. Вариации Zr/Hf и $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в основных вулканитах вдоль простираения Курильской островной дуги. Условные обозначения см. рис. 1. По горизонтальной оси острова – Кунашир (1), Итуруп (2), Черные Братья и Броутона (3), Симушира и малые о-ва Центральной зоны, Парамушир и Атласово

Выводы:

1. Продольные вариации изотопно-геохимических характеристик четвертичных лав Курильской островной дуги, в основном, определяются аномальным составом вулканитов трех наиболее крупных островов – Кунашира и Итурупа на юге и Парамушира – на севере;
2. В субдукционном магмогенезисе двух южных островов определяющую роль играла флюидная фаза, связанная с дегидратацией измененной океанической коры. В противоположность этому, изотопная и геохимическая специфика основных вулканитов Парамушира, а также тыловодужных лав северного и центрального секторов, во многом связана с расплавом, образованным в результате плавления субдукционного осадка. Таким образом, не состав осадочного материала, а физическая природа связанного с ним субдукционного компонента (флюидная фаза или расплава) определяла особенности составов магматитов в пределах различных участков Курильских островной дуги;
3. Геохимическая деплетация изотопно обогащенного мантийного источника южных островов свидетельствует об интенсивных процессах плавления, возможно на ранних этапах их формирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №07-05-00310 и проекта ДВО РАН 09-3-А-08-418

Список литературы

- Богатиков О.А., Цветков А.А.** Магматическая эволюция островных дуг. М: Наука, 1988. 248 с.
- Журавлев Д.З., Цветков А.А., Журавлев А.З. и др.** Латеральные вариации изотопных отношений неодима и стронция в четвертичных лавах Курильской островной дуги и их петрогенетическое значение // Геохимия, 1985. №12. С. 1723-1736.
- Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги.** М: Наука, 1992. 527 с.
- Мартынов Ю.А., Дриль С.И., Чашин А.А., Рыбин А.В. Мартынов А.Ю.** Геохимия базальтов островов Кунашир и Итуруп - роль несубдукционных факторов в магмогенезисе Курильской островной дуги // Геохимия, 2005. № 4. с. 369-383.
- Мартынов Ю.А. Дж. И. Кимура, Ханчук А.И., Рыбин А.В., Чашин А.А., Мартынов А.Ю.** Магматические источники четвертичных лав Курильской островной дуги: новые данные по изотопии стронция и неодима // ДАН, 2007. Т. 416. № 5. С 670-675.
- Bailey J. C.** Role of subducted sediments in the genesis of Kuril-Kamchatka island arc basalts: Sr isotopic and elemental evidence // *Geochemical Journal*, 1996. V. 30. P.289-321.
- Bailey J.C., Frolova T.I., Burikova I.A.** Mineralogy, geochemistry and petrogenesis of Kuril island-arc basalts // *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 1989. V. 102, P. 265 – 280.
- Duggen S., Portnyagin M., Baker J., Ulfbeck D., Hoernle K., Garbe-Schonberg D., Grassineau N.** Drastic shift in lava geochemistry in the volcanic-front to rear-arc region of the Southern Kamchatkan subduction zone: Evidence for the transition from slab surface dehydration to sediment melting // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2007. V. 71. P. 452-480.
- Ishikawa T., Tera F.** Source, composition and distribution of the fluid in the Kuril mantle wedge: Constrain from across-arc variations of B/Nb and B isotopes // *Earth and Planet Sci Letter*, 1997. V.152. P.113 – 122.
- Jhonsen M. C., Plank T.** Dehydration and melting experiments constrain the fate of subducted sediments // *Geochemistry Geophysics Geosystem (G3)*, 1999. V. 13. doi:10.1029/999GC000014.
- Martynov A.Yu., J.-I Kimura, Martynov Yu.A., Rybun A.V.** Geochemistry of late Cenozoic lavas on Kunashir Island, Kurile Arc // *Island Arc* (в печати).
- Manea V.C., Manea M.** Thermal models beneath Kamchatka and the Pacific plate rejuvenation from a mantle plume impact // (J. Eichelberger, E Gordeev, M., Kasahara, P. Izbkov, J. Lees eds). *Volcanism and subduction. The Kamchatka region. Geophysical monograph 172.* Washington DC20009. 2007. P. 77-91.
- Plank T., Langmuir C. H.** The chemical composition of subducting sediment and its consequences for the crust and mantle // *Chemical Geology*, 1998. V. 145. P. 325-94.