

УДК 552.323.5

ДЕПЛЕТИРОВАННЫЙ ХАРАКТЕР ВУЛКАНИЗМА ОСТРОВА КУНАШИР – РОЛЬ НЕСУБДУКЦИОННЫХ ФАКТОРОВ В МАГМОГЕНЕЗИСЕ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

© 2004 г. Ю. А. Мартынов*, С. И. Дриль***, А. А. Чашин*,
А. В. Рыбин**, А. Ю. Мартынов*

Представлено академиком О.А. Богатиковым 09.09.2003 г.

Поступило 07.08.2003 г.

Согласно существующим представлениям, происхождение островодужных магм связано с плавлением надсубдукционного мантийного клина, метасоматически переработанного компонентами (флюидом или расплавом) погружающейся океанической плиты [8 и др.]. Реакции дегидратации водосодержащих минералов инициируют плавление, а длина магматической колонны, обратно пропорциональная мощности перекрывающей коры, определяет степень плавления и, следовательно, состав магматических расплавов [15]. Выполненные в последние десятилетия исследования, показали, что наряду с субдукционными важную роль в островодужном магмогенезисе могут играть факторы, непосредственно не связанные с погружением океанической плиты. К ним можно отнести активность задуговых тектоно-магматических процессов [13] и трансформных разломов [1], гетерогенность фундамента островной дуги [7].

В данной работе сделана попытка оценить относительную роль субдукционных и несубдукционных факторов в петрогенезисе базальтов Курильской островной дуги, менее изученной в Тихоокеанском регионе по сравнению с другими островными дугами, такими, как Алеутская, Камчатская, Японская и Новозеландская. Аналитические данные, выполненные 20–30 лет назад по устаревшим методикам, не отвечают современным требованиям. Для Sr, например, точность изотопных анализов не превышала 0.007%, что существенно ограничивало возможности использования

этих данных при построении генетических моделей магмогенерации в условиях малых вариаций изотопного состава элемента. Чтобы восполнить этот пробел, нами были изучены геохимически основные вулканы трех наиболее крупных островов Курильской гряды; Кунашира, Итурупа и Парамушира, включая комплекс “платобазальтов”. Ранее некоторые авторы [5] относили эти породы к самостоятельному позднеплиоцен-плейстоценовому геодинамическому этапу развития островодужной системы, связанному с раскрытием Курильской глубоководной котловины. Однако более поздние исследования показали, что возраст платобазальтов существенно варьирует (К–Аг-возраст лав горы Фрегат, Кунашир, 3.07 ± 0.05 млн. лет, кальдеры Медвежья, Итуруп 0.480 ± 0.080 млн. лет), а их излияния маркируют начальные этапы развития наиболее крупных кальдер Курильских островов (Медвежья, Цирк, Торная, Тайная на о. Итуруп и Серебрянная на о. Кунашир).

Курильская островодужная система традиционно рассматривается в составе Курило-Камчатского глубоководного желоба, Большой Курильской вулканической гряды и расположенной в тылу Курильской глубоководной котловины [2]. Формирование вулканической гряды, объекта данного исследования, началось в раннем миоцене. Ее длина составляет 1150 км при ширине вулканической зоны 100–200 км. Глубина до субдуцирующей плиты колеблется в интервале 120–150 км. Мощность земной коры сохраняется примерно постоянной на всем протяжении, составляя 28–33 км на юге, 25–30 км в центральной части и 32–36 км в северной [3]. Обнаженная часть островов представлена вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами, которые подразделяются на два структурных этажа. Нижний этаж сложен умеренно дислоцированными неогеновыми отложениями, верхний – практически не дислоцированными четвертичными вулканиками. Состав вулканогенных пород обоих структурных этажей

*Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения Российской Академии наук, Владивосток*

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Иркутск*

*Институт морской геологии и геофизики
Дальневосточного отделения Российской Академии наук, Южно-Сахалинск*

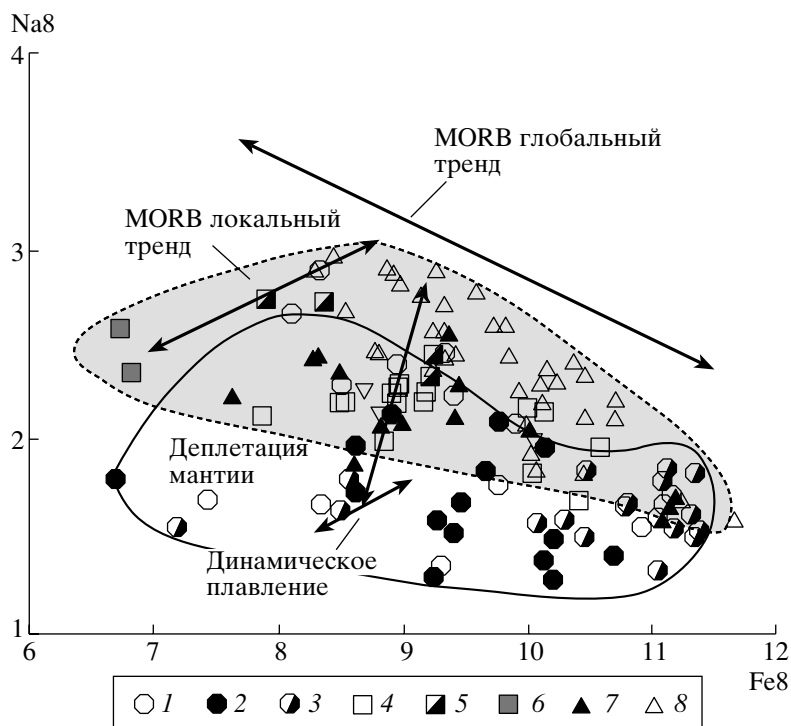


Рис. 1. Вариации нормализованных концентраций Na и Fe (по [14] с небольшими упрощениями). Обозначения здесь и на рис. 2–4: 1–3 – о. Кунашир: миоценовые (1), позднелицен-плейстоценовые (2) и современные (конус влк. Тятя) (3) лавы; 4–6 – о. Итуруп: базальты и андезито-базальты позднелицен-плейстоценовые (4), современные фронтальной (5) и тыловой (6) зон; 7, 8 – Парамушир: базальты и андезито-базальты позднелицен-плейстоценовые (7) и современные (8). Сплошной линией околнуто поле основных эффузивов о. Кунашир, штриховой – северо-восточного Хоккайдо. При построении диаграммы использовались только образцы с содержанием SiO_2 менее 54 мас. %, п.п.п. – менее 05 мас. % и MgO – более 5 мас. %.

меняется от базальтов до риолитов, но преобладают андезито-базальты [4].

Характерной особенностью островодужного вулканизма является значительные вариации составов излившихся пород. В пределах каждого конкретного острова Курильской дуги изменения составов описываются хорошо изученной поперечной геохимической зональностью, которая выражается в возрастании в вулканических породах тыловой зоны концентраций калия и других некогерентных элементов, включая легкие лантаноиды, при небольшом уменьшении величины $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -отношения [2, 4, 10 и др.]. В происхождении этих вариаций определяющую роль играли субдукционные процессы, связанные с систематическим уменьшением от фронта к тылу островной дуги роли водного флюида в магмогенезисе и как следствие – степени плавления мантийного источника [10]. Этот вывод подтверждает и анализ диаграммы Na8-Fe8 (рис. 1). Фигуративные точки базальтов и андезито-базальтов трех изученных островов формируют вариационные линии, субпараллельные глобальному тренду океанических базальтов, происхождение которого связывают с различной степенью плавления однородного магматического источника в условиях

вариаций температур [11]. Но в субдукционных обстановках степень плавления прежде всего определяется содержанием летучих компонентов в зоне магмогенерации.

Наряду с поперечной зональностью многие исследователи [2, 4 и др.] отмечали существование продольной геохимической неоднородности Курильской островной дуги, связанной с возрастанием к северу содержания калия и других некогерентных элементов в однотипных породах, при незначительных вариациях соотношений радиогенных изотопов. Наши данные показывают, что правильнее говорить не о продольной зональности островной дуги, а об аномальном характере вулканизма ее самого южного острова – Кунашира. Действительно, вулканические продукты этого острова как миоценового (кунаширская, алахинская свиты), плиоценового (платобазальты), так и современного (влк. Тятя) магматических этапов отличается крайне низкая щелочность. На диаграмме $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ (рис. 2) фигуративные точки этих пород располагаются в поле низкокальциевой серии или вблизи границы низко- и умереннокальциевых серий. Низкокальциевый петрохимический тип преобладает и среди кислых миоцен-четвер-

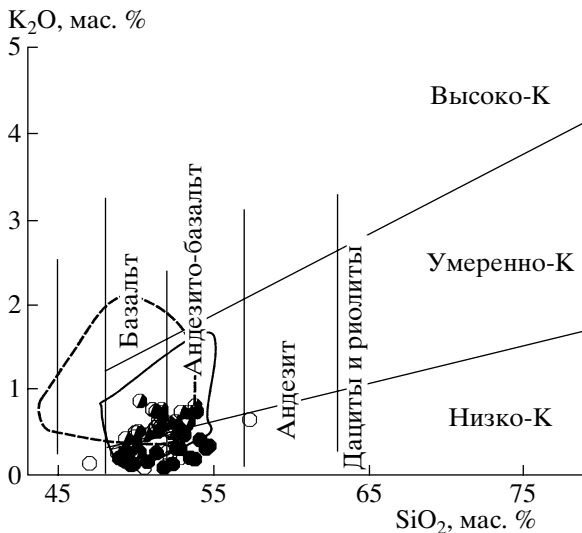


Рис. 2. Классификационная диаграмма $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ для основных эффузивов Курильской островной дуги. Полями на диаграмме показаны составы базальтов и андезито-базальтов о. Итуруп (сплошная линия) и о. Парамушир (штриховая). При построении диаграммы кроме оригинальных использовались данные, опубликованные в [2, 9 и др.].

тичных эффузивных и интрузивных пород южно-го острова (около 70 об. %) [6].

Деплетированный характер базальтов Кунашира подтверждают и особенности распределения редкоземельных элементов (табл. 1). Большинство проанализированных образцов характеризуются низкими нормализованными концентрациями легких лантаноидов (LREE) по сравнению с тяжелыми (HREE) и средними (MREE). Лишь в редких случаях наблюдается "плоский" спектр распределения элементов или слабое обогащение LREE. На диаграмме $\text{Na}_8\text{-Fe}_8$ (рис. 1) разновозрастные базальты Кунашира формируют самостоятельное поле, смещенное в область низких нормализованных значений концентраций натрия и высоких железа, что свидетельствует об их происхождении из источника, более деплетированного по сравнению с источниками современных основных лав Итурупа, Парамушира и северо-восточной части Хоккайдо. Аналогичный вывод можно сделать и из анализа распределения микроэлементов. Так как выплавление островодужных магм происходит, как правило, на сравнительно небольших глубинах, в условиях шпинелевой фации и повышенного содержания летучих компонентов, то для решения вопросов, связанных с составом магматического источника, в наибольшей степени подходят соотношения магнефильных элементов, инертных в присутствии водного флюида и характеризующихся различными коэффициентами распределения между клинопироксеном, вторичными глиноземистыми минеральными

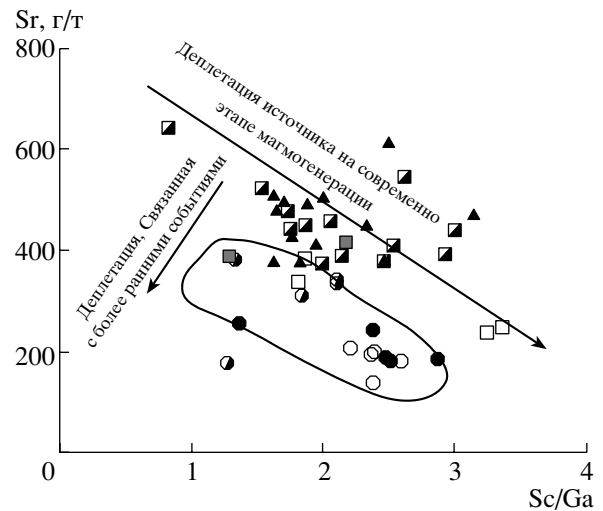


Рис. 3. Соотношение Sr-Sc/Ga в базальтах Курильской островной дуги. Сплошной линией оконтурено поле основных лав о. Кунашир.

фазами (плаггиоклаз, шпинель) и расплавом. К таким элементам, например, можно отнести Sc и Ga [7]. На диаграмме Sr-Sc/Ga (рис. 3) базальты Кунашира, Итурупа и Парамушира формируют негативный корреляционный тренд. С учетом анализа диаграммы $\text{Na}_8\text{-Fe}_8$ можно сделать вывод, что его происхождение связано с различной степенью плавления и деплетации магматического источника в пределах тыловой и фронтальной зон островной дуги на современном этапе магмообразования. Смещение же фигуративных точек базальтов Кунашира в область низких концентраций Sr свидетельствует о деплетации мантийного вещества на более раннем, скорее всего, миоценовом магматическом этапе формирования островодужной системы.

Действительно, геологические данные, а также близкие соотношения радиогенных изотопов противоречат существенной гетерогенности фундамента островодужной системы, которая могла бы повлиять на геохимические особенности вулканических пород Кунашира. Практически не меняются вдоль простирания островодужной системы и основные субдукционные параметры, такие, как возраст, скорость погружения Тихоокеанской плиты, глубина до сейсмофокальной зоны и мощность коры, что ограничивает их роль в формировании латеральной геохимической неоднородности. К тому же о. Кунашир отличается специфической геодинамической позицией – в зоне сочленения Курильской и Японской островодужных систем. Такие зоны часто характеризуются аномальной интенсивностью вулканизма, связанной с разрывами субдуцирующей плиты трансформными разломами и внедрением в надсубдукционный мантийный клин

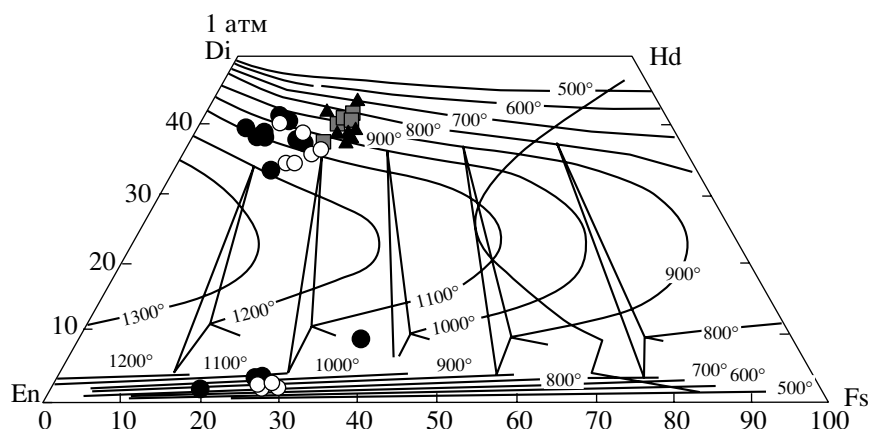


Рис. 4. Составы пироксенов основных лав Курильской островной дуги. Температурные кривые по [12].

горячей астеносферной мантии [1]. Реальность сдвиговых перемещений в зоне сочленения Курильской и Японской островодужных систем подтверждается смещением в широтном направлении осевых линий двух вулканических фронтов, а повышенные температуры – высокими температурами кристаллизации разновозрастных основных вулканитов Кунашира (рис. 4).

Таким образом, в магмогенезисе базальтов Курильской островной дуги существенную роль играли, по-видимому, не только субдукционные, но и несубдукционные факторы, связанные с особыми геодинамическими условиями зоны сочленения Курильской и Японской островодужных систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (грант 03-05-65218) и интеграционных грантов Сибирского и Дальневосточного отделений РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдейко Г.П., Попруженко С.В., Палуева А.А. В сб.: Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский, 2001. С. 9–34.
2. Богатиков О.А., Цветков А.А. Магматическая эволюция островных дуг. М.: Наука, 1988. 248 с.
3. Злобин Т.К., Пискунов В.Н., Фролова Т.И. // ДАН, 1987. Т. 293. № 1. С. 185–187.
4. Подводный вулканизм и зональность Курильской дуги. / Под ред. Ю.М. Пуцаровского. М.: Наука, 1992. 527 с.
5. Сывороткин В.Л., Русинова С.В. В сб.: Магматизм рифтов (Петрология, эволюция, геодинамика). М.: Наука, 1989. С. 180–188.
6. Рыбин А.В. Неоген-четвертичный кислый вулканизм Курильской островной дуги: Автореф. ... дис. канд. геол.-минер. наук. Южно-Сахалинск, 1997. 24 с.
7. Arculus R.J. // Lithos. 1994. V. 33. P. 189–208.
8. Arculus R.J., Powell R. // J. Geophys. Res. 1986. V. 91. P. 5913–5926.
9. Bailey J.C., Frolova T.I., Burikova I.A. // Contribs Miner. and Petrol. V. 102. 1989. P. 265–280.
10. Ishikawa T., Tera F. // Earth and Planet. Sci Lett. 1997. V. 152. P. 113–122.
11. Langmuir C.H., Klein E.M., Plank T. In: Mantle Flow and Melt Generation at Mid-Ocean Ridges. Wash. (D.C.): Amer. Geophys. Union, 1992. P. 183–280.
12. Lindsley D.H. // Amer. Miner. 1986. V. 68. P. 477–493.
13. Pearce J.A., Parkinson I.J. // Geol. Soc. London Publ. 1993. Spec. Publ. № 76. P. 373–403.
14. Pearce J.A., Baker P.E., Harvey P.K., Luff I.W. // J. Petrol. 1995. V. 32. № 4. P. 1073–1109.
15. Plank T., Langmuir C.H. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1988. V. 90. P. 349–370.