

СПЕЦИФИКА ИЗОТОПНОГО И ПЕТРОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВУЛКАНИТОВ КАМЧАТКИ (НА ФОНЕ ОБЩЕЙ СИСТЕМЫ ОСТРОВНЫХ ДУГ ТИХОГО И ИНДИЙСКОГО ОКЕАНОВ)

Ю.В. Миронов

Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, Москва, mironov@sgm.ru

Зона сочленения Евразии с Тихим и Индийским океанами – классический регион развития островодужного магматизма. Здесь выделяются внешний и внутренний Западно-Тихоокеанские пояса островных дуг и Зондский островодужный пояс, формирующийся над зоной субдукции со стороны Индийского океана. Ранее, на основе обработки более 12 тысяч анализов из базы данных GEOROC (<http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de>) было показано, что эти пояса заложены на разных мантийно-коровых субстратах и имеют свои особенности тектономагматической сегментации, состава вулканитов и эволюции магматизма [Миронов, 2009]. При этом отмечалась некая специфика соотношения изотопных и петрохимических характеристик состава вулканитов Камчатки по сравнению с другими островными дугами. В данной работе обсуждаются результаты проведенных исследований с акцентом на данный аспект.

Наиболее надежным геохимическим индикатором типов мантийно-корового субстрата, на которых заложены островные дуги, является соотношение в вулканитах долгоживущих изотопов Sr, Nd и Pb. Во всех случаях в островодужный магмогенез вовлекается некий глубинный резервуар, который по изотопному составу отвечает плюмовому (?) компоненту F [Рундквист и др., 2000; Mironov et al., 2000]. Разнообразие мантийно-коровых субстратов определяется тем, с каким из других резервуаров - деплетированная мантия (DM), субконтинентальная литосферная мантия (EM1), континентальная кора (EM2), высокоурановая мантия (HIMU) - резервуар F вступает во взаимодействие. Вулканические породы, выплавленные из разных типов изотопных резервуаров, пространственно разобщены и слагают пояса островных дуг или их протяженные сегменты. В частности, вулканиты Зондского пояса отвечают квазибинарной смеси F+EM2, а внутреннего Западно-Тихоокеанского пояса (Кюсю, Рюкю, Лусон, Хальмахера, Сулавеси) преимущественно – F+EM1. Обогащение вулканитов веществом континентальной коры (EM2) во внутреннем поясе фиксируется только на его южном (дуга Сулавеси) и северном (острова Оки-Дого вблизи Кюсю) окончаниях.

Внешний пояс островных дуг, в который входит Камчатка, более неоднороден (рис. 1). Здесь преобладают энсиматические дуги, в которых основную дисперсию изотопного состава вулканитов определяет смешение F и DM. Исключение составляют о-ва Ниуатопутату и Тафахи (северное окончание дуги Тонга), где изотопный состав вулканитов отвечает квазибинарной смеси F+HIMU.

Следует отметить, что во всех породах устойчиво присутствует примесь некоего компонента, который по большинству изотопных характеристик близок к EM1, но отличается экстремально низкими значениями $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (за пределами «мантийного тетраэдра» Зиндлера-Харта [Zindler, Hart, 1986]). Аналогичную специфику имеют палеорифтовые базальты западной части Тихоокеанской плиты, а также породы Гавайев – крупнейших островов в пределах той же плиты, с субдукцией которой связано формирование данного островодужного пояса. В пределах внешнего пояса можно выделить протяженные южный и северный сегменты, разделенные приэкваториальной зоной сдвиговых дислокаций. В пределах каждого из этих сегментов с юга на север фиксируется закономерное уменьшение доли радиогенного свинца, которое свидетельствует об увеличении в том же направлении степени вовлечения в магмогенез деплетированной мантии относительно резервуара F.

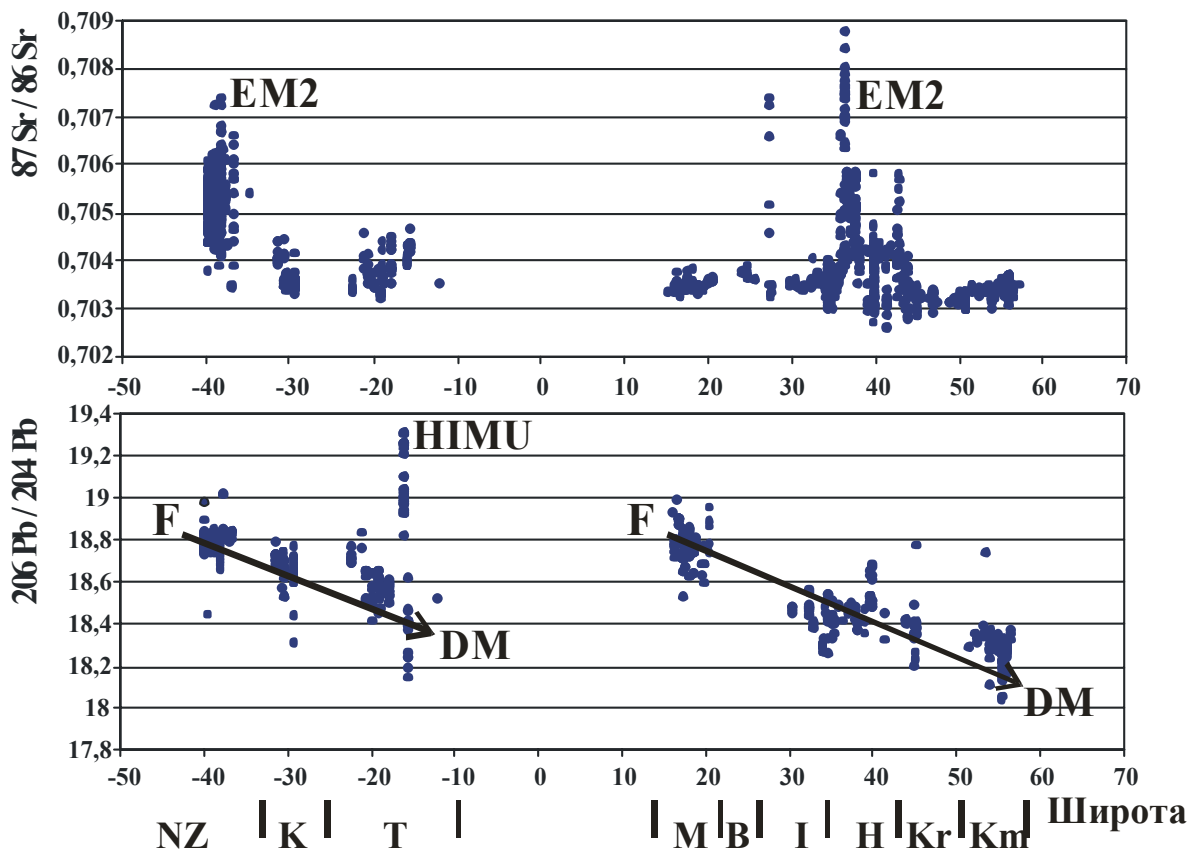


Рис. 1. Вариации изотопного состава четвертичных вулканитов по простиранию Западно-Тихоокеанского внешнего пояса островных дуг (NZ – Новая Зеландия, К – Кермадек, Т – Тонга, М – Марианская дуга, В – Бонин, I – Изу, Н – Хонсю-Хоккайдо, Кг – Курилы, Км – Камчатка).

На фоне общего направленного пространственного изменения изотопного состава свинца вулканиты отдельных коротких сегментов внешнего пояса (Новая Зеландия, Хонсю-Хоккайдо), заложенных на блоках древней континентальной коры, отчетливо обогащены радиогенным стронцием (компонент EM2). В то же время магматические породы Камчатки, которая также обладает мощной корой, не отличаются по изотопному составу от вулканитов энсиматических дуг. Более того, занимая крайнее пространственное положение в северном сегменте внешнего пояса, они отличаются наиболее деплетированными изотопными характеристиками. Подобные характеристики имеют и породы Командорского сектора Алеутской дуги, непосредственно примыкающего к Камчатке [Миронов, 2004].

Выплавки из различных изотопных магмогенерирующих резервуаров обладают целым рядом геохимических особенностей. В частности, при вовлечении в магмогенез вещества нижней субконтинентальной литосферы и, в еще большей степени, континентальной коры первичные расплавы обогащаются высоконекогерентными элементами (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, K, Rb, Th, U, Ba, Sr, Cs, Pb, Zr, Hf, Nb, P), а при плавлении деплетированной мантии - магнием, хромом и никелем. Однако важно отметить, что различия по этим элементам заметно уменьшаются в процессе дифференциации расплавов. Характерной особенностью дифференциации магм, выплавленных из резервуара F, является значительное накопление в остаточных расплавах Tb, Lu и Y - элементов, которые во всех остальных случаях, как правило, обладают пониженной (средней) степенью некогерентности.

Изотопные характеристики вулканитов коррелируют и с такими важнейшими классификационными параметрами как кремнекислотность и общая щелочность (рис. 2). Общий уровень и диапазон изменения щелочности определяются, прежде всего, типом мантийно-корового субстрата. В целом общая щелочность (в основном, за счет калия) последовательно возрастает в ряду выплавок из резервуаров: F+DM – F+EM1 – F+EM2. Весь диапазон вариаций состава вулканитов в энсиматических дугах (тип F+DM) не выходит за пределы рядов

пониженной и нормальной щелочности (известковистый и щелочно-известковистый ряды по [Маракушев, 1979]). В энсиалических дугах, в составе вулканитов которых присутствует вещество нижней континентальной литосферы (тип F+EM1), преобладают сильно дифференцированные серии нормальной и несколько повышенной щелочности (щелочно-известковистый и известково-щелочной ряды). В случае вовлечения в магмогенез вещества континентальной коры (тип F+EM2), кроме того, появляются субщелочные и даже щелочные серии.

Исключением из этой общей закономерности является Камчатка. Породы слагающих ее вулканических комплексов по изотопному составу аналогичны породам типичных энсиалических дуг внешнего Западно-Тихоокеанского пояса (тип F+DM). Тем не менее, для Камчатки не характерны низкощелочные породы (известковистый ряд по [Маракушев, 1979]), широко развитые в типичных энсиалических дугах, особенно на ранних стадиях их развития. По щелочности породы Камчатки относятся к щелочно-известковистому и известково щелочному рядам, что в целом характерно для островных дуг внутреннего Западно-Тихоокеанского пояса, в изотопном составе которых присутствует вещество нижней субконтинентальной литосферы (тип F+EM1). По степени дифференцированности (количеству дифференциатов среднего и кислого состава) вулканические комплексы Камчатки занимают промежуточное положение между комплексами энсиалических дуг и соответствующих по щелочности комплексов типичных энсиалических дуг.

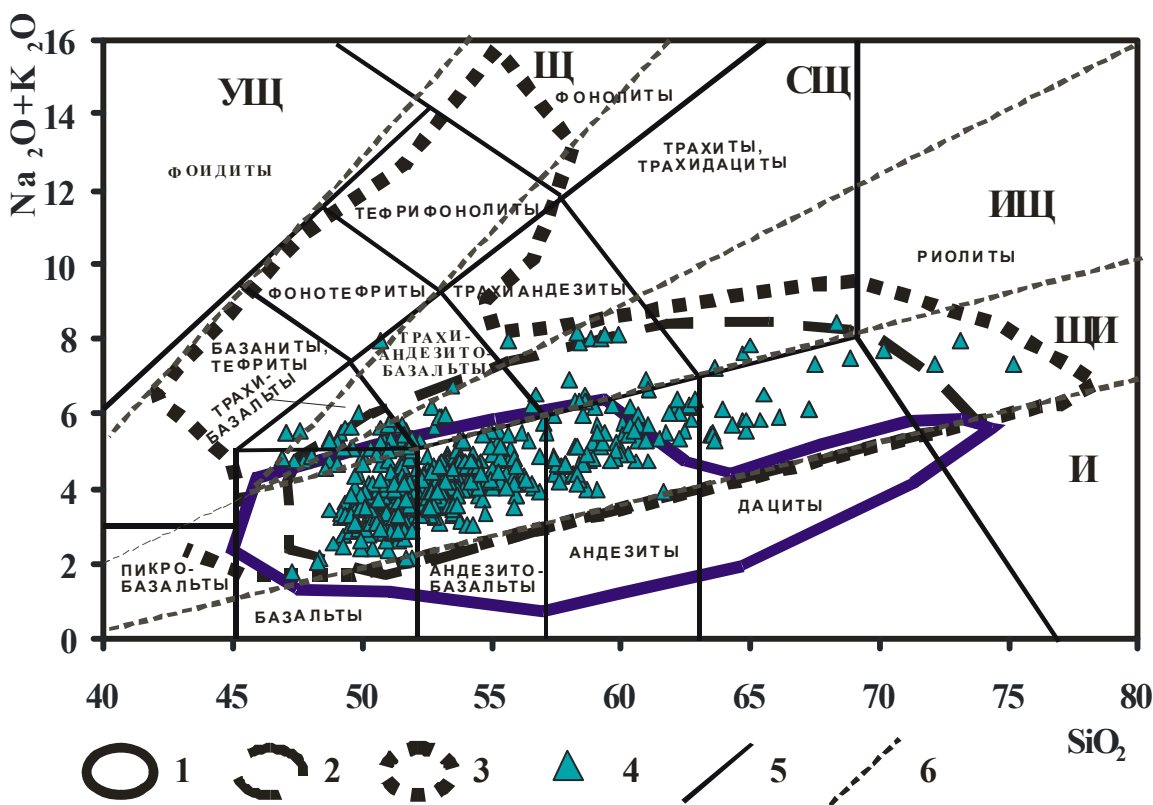


Рис. 2. Систематика островодужных вулканитов Тихого и Индийского океанов в координатах «кремнекислотность - общая щелочность». 1-3 - поля преобладающих составов вулканитов, выплавленных из разных изотопных резервуаров (1 - F+DM, 2 - F+EM1, 3 - F+EM2); 4 - вулканиты Камчатки, 5 - классификационные границы TAS-диаграммы [Классификация..., 1997], 6 - границы между рядами щелочности (И - известковистый, ШИ - щелочно-известковистый, ИЩ - известково-щелочной, СЩ - субщелочной, Ш - щелочной, УЩ - ультращелочной) [Маракушев, 1989]).

Вероятно, эта специфика вулканизма Камчатки связана с тем, что в отличие от типичных энсиалических дуг рассматриваемого региона, которые были заложены на блоках очень древней (докембрийской) континентальной коры, субконтинентальный фундамент Камчатки был

сформирован за счет аккреции ранее существовавших энсиматических дуг в относительно недавний момент времени (мезокайнозой). Это событие не успело отразиться в изменении величин отношений изотопов Sr, Nd и Pb, поскольку эти величины в силу длительного периода полураспада материнских радионуклидов фиксируют только те различия в составе магмогенерирующих резервуаров, которые сложились в момент их обособления (примерно 1,7 млрд. лет назад) [Hofmann, 1997]. Однако сформированный субконтинентальный фундамент оказывает существенное влияние как на петрогеохимический состав вулканических комплексов Камчатки, так и на динамику развития магматических систем.

Список литературы

- Классификация** магматических (изверженных) пород и словарь терминов. М.: Недра, 1997. 248 с.
- Маракушев А.А.** Новый принцип систематики изверженных пород // Известия АН СССР. Сер. геол. 1989. №6. С. 3-27.
- Миронов Ю.В.** Изотопные провинции четвертичных островодужных вулканитов Тихоокеанского подвижного пояса // XII Симпозиум по геохимии изотопов имени академика А.П.Виноградова, 6 – 9 декабря 2004 г., Москва. Тезисы докладов. М.: ГЕОХИ, 2004. С.167-168.
- Миронов Ю.В.** Геохимические особенности островодужного вулканизма на различных мантийно-корковых субстратах // Наука и просвещение: к 250-летию Геологического музея РАН. М.: Наука, 2009. С.287-301.
- Миронов Ю.В.** Островодужные пояса восточной окраины Евразии: особенности тектономагматической сегментации // IV Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии «Вулканизм и геодинамика». Материалы симпозиума. Т. 2. Петропавловск-Камчатский, 2009. С. 433-436.
- Рундквист Д.В., Ряховский В.М., Миронов Ю.В., Пустовой А.А.** Существует ли универсальный Sr-Nd-Pb изотопный индикатор нижнемантийных плюмов? // Доклады Академии Наук. 2000. Т.370. №2. С.223-226.
- Hofmann A.W.** Mantle geochemistry: the Message from oceanic volcanism // Nature. 1997. Vol.385. P.219-229.
- Mironov Yu.V., Rhyakhovskii V.M., Pustovoi A.A.** Sr–Nd–Pb Isotopic Zoning in the World Ocean and Mantle Plumes // Geochemistry International. 2000. Vol.38. Suppl. 1. P.20-27.
- Zindler A., Hart S.** Chemical geodynamics // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1986. Vol.14. P.493-571.