

УДК 551.21+552.11

## Изотопный состав Sr и Nd в миоцен-четвертичных вулканических породах Срединного хребта Камчатки

А.О. Волынец<sup>1</sup>, Ю.А. Костицын<sup>2</sup>, М.М. Певзнер<sup>3</sup>,  
Ю.В. Гольцман<sup>4</sup>, А.Б. Перепелов<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
Петропавловск-Камчатский, Россия. [a.volynets@gmail.com](mailto:a.volynets@gmail.com)

<sup>2</sup> Институт геохимии и аналитической химии им.  
Вернадского РАН, Москва, Россия

<sup>3</sup> Геологический институт РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup> Институт геологии рудных месторождений, петрографии,  
минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

<sup>5</sup> Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН,  
Иркутск, Россия

**Ключевые слова:** изотопы, вулканизм, субдукция, Камчатка, Срединный хребет.

Срединный хребет – крупнейшая вулканотектоническая структура полуострова Камчатка – состоит из древнего (мел-палеоген) метаморфического массива и вулканического пояса (далее СХ), сформировавшегося в неоген-четвертичное (N-Q) время. В настоящее время СХ удален от современного глубоководного желоба приблизительно на 400 км. В южной части хребта, до широты вулкана Хангар, сейсмофокальная зона трассируется на глубине 350-400 км (Gorbatov et al., 1997), далее на север не прослеживается (Davaille, Lees, 2004; Gorbatov et al., 2000). Северная часть хребта считается геологически стабильной, начиная с миоцена (Авдейко и др., 2002; Davaille, Lees, 2004 и др.).

Большинство исследователей склоняются к тому, что неогеновый вулканизм СХ был обусловлен субдукцией Тихоокеанской плиты, когда активный желоб располагался на 200 км западнее современного, но в позднем миоцене-плиоцене в результате аккреции Кроноцкой дуги субдукция под СХ была заблокирована (Авдейко и др., 2006; Леглер, 1977; Шапиро, Ландер, 2003 и др.). У восточных берегов Камчатки образовалась новая зона погружения Тихоокеанской плиты, с которой связана современная вулканическая активность в Восточном вулканическом поясе и Центральной Камчатской депрессии. При этом плиоцен-четвертичный вулканизм хребта относили к так называемой тыловой зоне (Федотов, Масуренков, 1991). Имеющиеся данные по геохимии и геодинамике района свидетельствуют о невозможности однозначной интерпретации причин проявления существующей в СХ «постсубдукционной»

вулканической активности. Структурно СХ можно разделить на две части: северную (СЧ) и южную (ЮЧ). Северная часть СХ представляет собой узкий хребет СВ простирания. Южная часть имеет значительно более сложное строение. В ее пределах можно выделить два элемента: (1) «восточную» ветвь СВ простирания (Козыревский и Быстринский хребты), которая является структурным продолжением СЧ хребта; и (2) «западную» ветвь, ССВ простирания, которая веерообразно расходится от Срединно-метаморфического массива к ССВ и маркируется крупными вулканическими массивами – Хангар, Ичинский, Кекукнайский, Кетепана. Между «восточной» и «западной» ветвями расположены Анаунский дол, вулканические массивы Уксичан и Большой Чекчебонай, которые, возможно, образуют промежуточную, «центральную», ветвь ЮЧ СХ. Правомочность выделения этих «ветвей» подтверждается геохимическими исследованиями (Волынец и др., в печати). В северной части СХ в миоцене-плиоцене извергались типично-островодужные породы, которые в четвертичное время сменились вулканитами гибридного типа с высокой долей обогащения<sup>1</sup>. В «восточной» ветви ЮЧ СХ в неогене также проявлены породы островодужного типа, а в плиоцен-четвертичное время наблюдаются близкие в пространстве и времени извержения пород островодужного и гибридного типа с невысокой долей обогащения (Волынец и др., 2018). «Западная» ветвь ЮЧ СХ, напротив, характеризуется присутствием обогащенных пород на всем протяжении своего развития, начиная с позднего миоцена (Певзнер и др., 2017). Плиоценовые вулканиты «центральной» ветви (Анаунский дол, Уксичан и Большой Чекчебонай) по геохимическим признакам тяготеют к породам «восточной» ветви ЮЧ СХ (Волынец и др., в печати).

Мы изучили изотопный состав стронция и неодима в представительной коллекции вулканических пород СХ. На диаграмме  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  вулканиты СХ образуют поля, лишь отчасти пересекающиеся с полями составов пород ВВФ и ЦКД. Породы неогенового возраста характеризуются несколько повышенными по сравнению с примитивной мантией значениями  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  при почти постоянных  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ . Неогеновые породы

<sup>1</sup> гибридными мы называем породы, сочетающие признаки островодужного и внутриплитного происхождения (одновременно повышенные концентрации HFSE и LILE), что интерпретируется как результат плавления трехкомпонентного (OIB+MORB+флюид) источника, а степень обогащения относительно MORB определяется концентрациями HFSE (Churikova et al., 2001; Volynets et al., 2010).

«восточной» и «центральной» ветвей близки по составу четвертичным породам ЦКД с небольшим сдвигом в сторону источника N-MORB типа. Неогеновые породы «западной» ветви, при тех же значениях  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , что и в породах «восточной» и «центральной» ветвей, отличаются от них несколько пониженными значениями  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ , формируя тренд в сторону мантийного источника обогащенного типа EM1. Большинство Q пород CX характеризуются пониженными значениями  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  и образуют четкий тренд от деплетированного мантийного источника N-MORB типа к обогащенному источнику EM1. Обогащенный характер источника подтверждается также четкими корреляциями  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  с такими элементными отношениями, как Ta/Yb, Nb/Y, Ce/Pb и тд.

Таким образом, проведенное нами региональное исследование изотопного состава Sr и Nd в породах CX подтвердило, что для этого района характерна сложная геологическая история. В  $N_{1-2}$  время, когда CX представлял собой фронтальную часть зоны субдукции, в его «восточной» и «центральной» ветвях формировались типично-островодужные породы с изотопными характеристиками, близкими к современным породам ЦКД и ВВФ; формирование таких пород можно отнести за счет флюид-индуцированного плавления деплетированного вещества мантийного клина. Для миоценовых пород «западной ветви», которая, возможно, в миоцене уже представляла собой тыловую часть существовавшей зоны субдукции, характерны изотопные метки, свидетельствующие о присутствии в источнике обогащенного мантийного вещества. В Q время, влияние источника обогащенного типа становится доминирующим в пределах всего Срединного хребта. Это изменение, вероятно, отражает смену геодинамического режима в пределах данной структуры в связи с приращением Кроноцких террейнов.

#### Благодарности

Авторы признательны В. Ладыгину и О. Дирксену за предоставленные образцы, В. Родину и Б. Тагирову за помощь в полевых работах. Работа выполнена в рамках тем НИР ИВиС ДВО РАН 0282-2016-0004, ГИН 0135-2018-0037 и при поддержке грантов РФФИ № 17-05-00112 и 17-05-01163.

#### Список литературы

- Авдейко, Г.П., Палуева, А.А., Хлебородова, О.А. (2006) Геодинамические условия вулканизма и магмообразования Курило-Камчатской островодужной системы. *Петрология*. №.14 (3). С. 249–267.
- Волынец, А.О., Певзнер, М.М., Лебедев, В.А., и др. (2018) Возраст и геохимия пород вулканического массива Ахтанг, Срединный хребет Камчатки. *Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы» Петропавловск-Камчатский ИВиС ДВО РАН*. С. 16–19.
- Волынец, А.О., Певзнер, М.М., Толстых, М.Л., и др. Вулканизм южной части Срединного хребта Камчатки в неоген-четвертичное время. *Геология и геофизика*, в печати.
- Леглер, В.А. (1977) Развитие Камчатки в кайнозой с точки зрения теории тектоники литосферных плит. *Тектоника литосферных плит (источники энергии тектонических процессов и динамика плит)*. М.: Ин-т Океанологии АН СССР. С. 137–169.
- Певзнер, М.М., Волынец, А.О., Лебедев, В.А., и др. (2017) Начало вулканической деятельности в пределах Срединно-метаморфического массива (Срединный хребет, Камчатка). *ДАН*. № 475 (5). С. 546–550. DOI: 10.7868/S0869565217230153
- Федотов, С.А., Масуренков, Ю.П. (ред.) (1991) *Активные вулканы Камчатки*. М: Наука. Т. 1 (302 с.), т. 2 (415 с.).
- Шапиро, М.Н., Ландер, А.В. (2003) Формирование современной зоны субдукции на Камчатке // *Очерки геофизических исследований: К 75-летию Объединенного института физики Земли им. О.Ю.Шмидта*. М.: ОИФЗ РАН. С. 338–344.
- Churikova, T., Dorendorf, F., Worner, G. (2001) Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation. *J Petrol*. №. 42. P. 1567–1593.
- Davaille, A., Lees, J.M. (2004) Thermal modeling of subducted plates: tear and hotspot at the Kamchatka corner. *Earth Planet. Sci. Lett*. № 266. P. 293–304.
- Gorbatov, A., Kostoglodov, V., Suarez, G., et al. (1997) Seismicity and structure of the Kamchatka subduction zone. *J. Geophys. Res.* № 102 (B8). P. 17883–17898.
- Gorbatov, A., Widiyantoro, S., Fukao, Y., et al. (2000) Signature of remnant slabs in the North Pacific from P-wave tomography. *Geophys. J. Int.* № 142. P. 27–36.
- Volynets, A., Churikova, T., Wörner, G., et al. (2010) Mafic Late Miocene - Quaternary volcanic rocks in the Kamchatka back arc region: implications for subduction geometry and slab history at the Pacific-Aleutian junction. *Contrib. Mineral. Petrol.* № 159. P. 659–687. DOI 10.1007/s00410-009-0447-9