

Происхождение вулканизма Срединного хребта Камчатки по данным изотопного анализа благородных газов

А.О. Волынец^{1,2}, М. Фукагава³, Х. Сумино³, Т.Г. Чурикова^{1,2}, М.М. Певзнер⁴, Ю.А. Таран¹

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: a.volynets@gmail.com*

² *GZG, Abteilung Geochemie, Universität Göttingen, Germany*

³ *The University of Tokyo, Japan*

⁴ *Геологический институт РАН, Москва*

Представлены результаты анализа представительной коллекции вулканических пород Срединного хребта Камчатки на содержание и изотопные отношения благородных газов. Выделены три группы пород: позднечетвертичные лавы моногенных конусов с близкими к MORB отношениями $^3\text{He}/^4\text{He}$; низко- $^3\text{He}/^4\text{He}$ плиоцен-четвертичные лавы и низко- $^3\text{He}/^4\text{He}$ миоцен-плиоценовые платоэффузивы. Показано, что изотопные отношения гелия не коррелируют с другими изотопными системами и отношениями микроэлементов.

Четвертичный вулканизм на Камчатке проявлен в трех вулканических зонах, расположенных субпараллельно глубоководному желобу: в Восточном вулканическом поясе, Центральной Камчатской Депрессии и в Срединном хребте (СХ). СХ удален от современного глубоководного желоба приблизительно на 400 км. Имеющиеся данные по геохимии и геодинамике Срединного Хребта Камчатки свидетельствуют о невозможности однозначной интерпретации причин возникновения существующей здесь позднечетвертичной (голоценовой) вулканической активности. Проявления в СХ четвертичного вулканизма со смешанными островодужно-внутриплитными, «гибридными» геохимическими характеристиками интерпретируются исследователями по-разному: участием глубинных плюмов, рифтогенными процессами в тыловой части дуги, притоком обогащенной тихоокеанской мантии, пироксенитовым составом мантии под СХ и т.д. Неясной остается природа обогащенного мантийного компонента, присутствие которого фиксируется в четвертичных породах всего Срединного хребта, а также в неогеновых породах его западной ветви. Мы предприняли попытку решить эту проблему путем использования изотопных отношений благородных газов. Изотопные и концентрационные отношения благородных газов во флюидах и породах служат мощнейшими индикаторами геодинамических обстановок, так как имеют отличающиеся характеристики в разных геохимических резервуарах, таких как, например, конвектирующая мантия MORB-типа, глубинная обогащенная мантия и кора. Мы проанализировали содержания и изотопные отношения благородных газов (He, Ne, Ar, Kr, и Xe) в оливинах и пироксенах из базальтов и андезибазальтов СХ (всего 14 объектов из разных участков хребта: 4 образца из северной части СХ, 5 образцов из «восточной» (главный водораздел), 3 из «центральной» и 2 из «западной» ветвей южной части СХ). Извлечение благородных газов производилось путем дробления образца в вакууме и последующего плавления получившегося порошка с целью определить компоненты благородных газов, захваченные в расплавных/флюидных включениях (дробление) и кристаллической решетке (плавление дробленого порошка).

Изотопные отношения гелия ($^3\text{He}/^4\text{He}$), полученные при дроблении образцов, разделились на три группы (рисунок). Большинство образцов (группа 1) имеют состав, отвечающий мантийному источнику типа MORB ($8 \pm 1 \text{ Ra}$, где Ra – отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ в воздухе). Эти породы являются продуктами позднечетвертичных моногенных эруптивных центров. Группа 2 включает низко- $^3\text{He}/^4\text{He}$ породы плиоцен-четвертичного возраста, а группа 3 – низко- $^3\text{He}/^4\text{He}$ миоцен-плиоценовые платоэффузивы. За

исключением одного образца, все низко- $^3\text{He}/^4\text{He}$ породы были обнаружены на восточных склонах главного водораздела СХ. Высокие, близкие к MORB, изотопные отношения гелия в плиоцен-четвертичных вулканических комплексах СХ отличаются от более низких (в среднем) отношений, измеренных в вулканических и гидротермальных газах Восточной Камчатки [2].

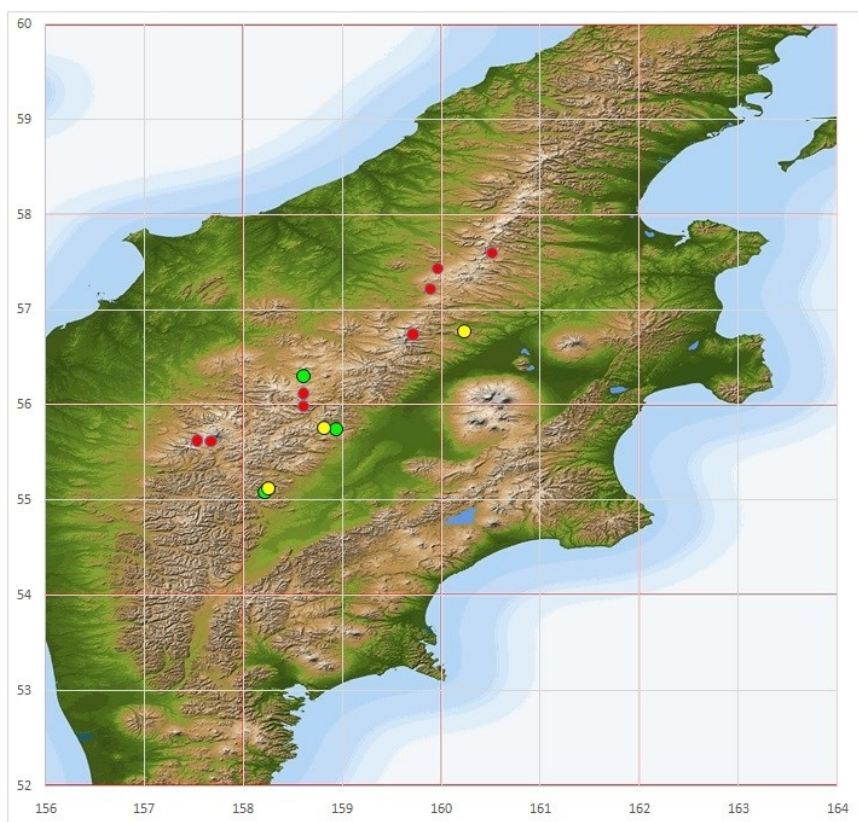


Рисунок. Схема расположения проанализированных образцов и их принадлежность к одной из трех групп по изотопному составу гелия (красные символы – позднечетвертичные лавы с близкими к MORB отношениями $^3\text{He}/^4\text{He}$; зеленые – низко- $^3\text{He}/^4\text{He}$ плиоцен-четвертичные лавы; желтые – низко- $^3\text{He}/^4\text{He}$ миоцен-плиоценовые платоэффузивы).

Изотопные отношения $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ варьируют от атмосферных значений около 296 до ≈ 500 . Изотопные отношения Ne близки к атмосферным. Поскольку существенно более высокие отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$ ($>100 \text{ Ra}$) были получены в процессе плавления, мы предполагаем, что максимальные значения, выявленные при дроблении образцов ($>10 \text{ Ra}$), могут отражать примесь космогенного гелия, накопившегося в образце уже после извержения. Вариации $^3\text{He}/^4\text{He}$ в породах различных вулканических комплексов СХ не коррелируют с изотопными отношениями Sr, Nd, Pb, а также с отношениями микроэлементов (Ba/Nb, Ba/La, Th/Ta, Th/Yb, Nb/Y, Ce/Pb и др.). Расположение низко- $^3\text{He}/^4\text{He}$ пород на восточных склонах главного водораздела СХ, где геофизическими методами трассируется кровля погружающейся плиты [1], соответствует увеличенному потоку флюида, вовлеченного в мантийный метасоматоз, в сравнении с более удаленными частями СХ. В тыловой зоне островодужной системы, возможно, источник магм был подпитан мантийным гелием в результате апвеллинга астеносферы.

Работа выполнена в соответствии с Госзаданиями по темам ИВиС ДВО РАН № 0282-2019-0004 и ГИН РАН № 0135-2019-0059, а также при финансовой поддержке грантов РФФИ № 17-05-00112 (полевые работы), № 20-05-00085 (анализ данных). Авторы благодарят М.Б. Егорову за помощь в пробоподготовке.

Список литературы

1. *Hayes G.P., Moore G.L., Portner D.E. et al.* Slab2, a comprehensive subduction zone geometry model // *Science*. 2018. V. 362. P. 58-61. <https://doi.org/10.1126/science.aat4723>.
2. *Taran Y.A.* Geochemistry of volcanic and hydrothermal fluids and volatile budget of the Kamchatka-Kuriles subduction zone // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2009. V. 73. P. 1067-1094.