

УДК 551.21+550.4

Ультравысоконикелевые оливины лав Восточных конусов

Т. Нишизава¹, Х. Накамура^{1,2}, Т.Г. Чурикова^{3,4},
Б.Н. Гордейчик^{4,5}, О. Ишизука⁶, Х. Ивамори^{1,2}

¹ Токийский технологический институт, Токио, Япония

² Японское агентство морских и земных наук и технологий, Канагава, Япония

³ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия. tchurikova@mail.ru

⁴ Отделение геохимии Центра наук о Земле, Гёттингенский университет, Германия

⁵ Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка, Россия

⁶ Институт землетрясений и геологии вулканов Геологической службы Японии, Цукуба, Япония

Ключевые слова: Камчатка, оливин, никель, вулканизм, субдукция

Современная геометрия плит в северо-западном Тихоокеанском регионе сложна и слабо изучена. Камчатка расположена на северо-восточном сочленении Евразийской Североамериканской и Тихоокеанской плит, где субдуцирует Тихоокеанская плита, а вместе с ней и Императорский подводный хребет. Предполагается, что пододвигающийся под северную часть Камчатки Императорский хребет может вносить дополнительный вклад в источники извергающихся пород (Churikova et al., 2001, 2007; Kayzar et al., 2014).

В (Nishizawa et al., 2017) представлены первые геохимические данные исследования моногенных Восточных конусов (ВК), расположенных к востоку от КГВ и к северу от вулканов Высокий и Гамчен (Федоренко, 1969; Успенский и Шапиро, 1984). Глубина субдукционной зоны в районе ВК – 50-80 км (Gorbatov et al., 1997). В породах ВК были найдены оливины с ультравысоким содержанием никеля – до 6300 ppm (Nishizawa et al., 2017). Образование оливинов со столь высоким содержанием никеля интерпретируется как следствие субдукции Императорского хребта.

Результаты

Породы ВК представлены ОI и ОI-Срх базальтами и андезибазальтами, PI во крапленниках не встречаются. Несмотря на петрографическую схожесть лав ВК, их составы разнообразны: высоко-Mg базальты, высоко-Al базальты (НАВ), высоко-Mg андезибазальты (НМА), базальты (В), андезибазальты. Все породы, кроме НАВ имеют примитивные составы ($FeO/MgO < 1$, $Mg\# > 0,63$). Распределение микроэлементов в лавах ВК типично островодужное, с характерным обогащением по

LILE и обеднением по HFSE. Все HREE близки и хорошо воспроизводятся плавлением безводной обедненной мантии MORB. Sr-Nd-Pb изотопные отношения в лавах ВК близки между собой, имеют составы близкие NMORB ($^{143}Nd/^{144}Nd$ – от 0,51307 до 0,51311, $^{87}Sr/^{86}Sr$ – от 0,70330 до 0,70362) и находятся в пределах ранее опубликованных полей (Churikova et al., 2001). Согласно К-Аг и $^{40}Ar/^{39}Ar$ датированию, лавы ВК извергались в среднем – позднем плейстоцене (0,73-0,12 Ма).

Микрозондовые исследования обнаружили, что фенокристаллы ОI из пород высоко-Mg андезибазальтов (НМА) с форстеритом Fo_{88-90} содержат необычно высокие концентрации Ni (2500-6300 ppm), что превышает концентрации этого элемента в аналогичных по форстериту оливинах из базальтов (группа В, максимальные концентрации Ni – 2900 ppm) более, чем в 2 раза (Рис. 1)! Столь высокие содержания никеля в оливинах обнаружены впервые.

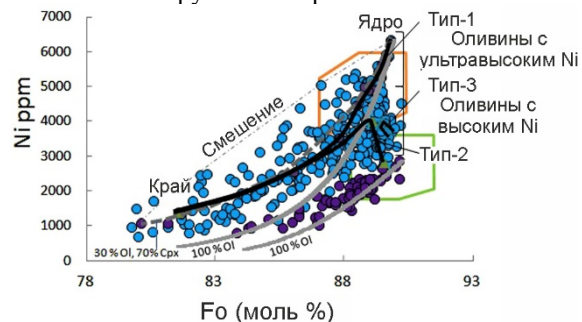


Рис. 1 – Зависимость содержания никеля от форстерита оливина в высоко-Mg андезибазальтах (голубые символы) и в базальтах (фиолетовые символы). Черные линии указывают на три типа зональности оливинов.

Обсуждения и выводы

Возраст Тихоокеанской плиты около Камчатки колеблется, по мнению разных авторов, от 80 до 100 Ма (Davaille & Lees, 2004; Селиверстов, 2009), и океаническая плита такого возраста обычно не дегидратирует на столь малой глубине, что не согласуется с присутствием здесь активного вулканизма. Согласно новым температурным моделям процессов, происходящих в субдукционных зонах, включающим формирование и перенос субдукционного флюида, температура поверхности погружающейся плиты под ВК на глубине 50-80 км составляет менее 400°C. При таких температурах флюиды не могут перемещаться в мантийный клин. Океаническая литосфера исследуемого района вокруг подводных блоков Детройт и Мейджи тоньше на 10–30% в сравнении с окружающим регионом (Davaille & Lees, 2004), что может приводить к нагреву плиты именно в этом регионе. В дополнение, обновление плиты мантийным

плюмом было предложено на основании измерений теплового потока в этом районе (в т.ч. Manea & Manea, 2007).

Содержания H_2O в породах составило 2-7 вес. % (Tatsumi, 1982). Оценки температуры поверхности океанической плиты по H_2O/Ce термометру (Cooper et al., 2012) составили 620 – 730°C, что не предполагает участия расплава плиты в источниках исследуемых пород. Подводный блок Детройт (Workman & Hart, 2005) содержит пикритовые базальты, которые значительно обогащены Ni (~1300 ppm Ni). При субдукции таких гор флюиды будут обогащены по Ni и Si, производя соответственно высоко-Si и высоко-Ni расплавы. Кроме того, результаты количественной инверсионной модели показывают, что микроэлементы лучше согласуются с флюидом, отделившимся от массива Детройт, чем от измененной Тихоокеанской плиты.

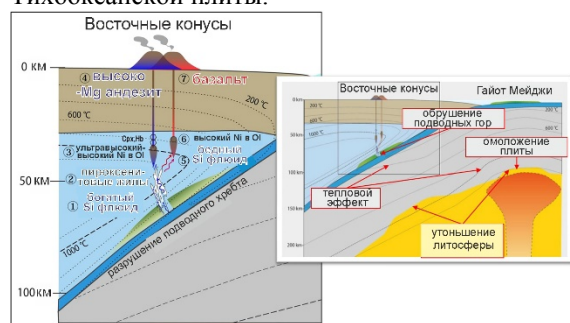


Рис. 2 – Поперечное сечение северной части зоны субдукции Камчатки и схематическая модель формирования лав ВК.

Наши исследования показали, что породы с адакитовыми признаками могут формироваться не только при плавлении субдуцируемой плиты, но также при существенном влиянии на состав флюида субдуцируемых подводных гор, погружающихся под океанические дуги, формируя локальные вулканические проявления. Условия плавления и кристаллизации лав ВК предполагают локальное влияние теплой погружающейся плиты и относительно холодный перекрывающий мантийный клин. Эти условия способствуют формированию гетерогенных по химическому составу флюидов в мантийных источниках пород. Разрушение погружающихся подводных гор вызывает подъем флюидов, обогащенных по SiO_2 , которые поступают по трещинам в мантийный перидотит и формируют перидотит-пироксенитовые мантийные источники, формируя локальный магматизм с широкими вариациями составов изверженных пород (Рис. 2).

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 13-05-92104, 16-55-12040 и 17-55-50005, а также гранта DFG Wo 362/51-1.

Список литературы

- Селиверстов, Н.И. (2009) Геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: КамГУ. 191 с.
- Успенский, В.С., Шапиро, М.Н. (1984) Позднечетвертичный ареальный вулканизм хребта Кумроч (восточная Камчатка). Вулканология и сейсмология. № 1. С. 57–66.
- Федоренко, С.И. (1969) Вулканические образования северо-западного побережья Камчатского залива. Бюллетень вулканологических станций. № 45. С. 53–56.
- Churikova, T., Dorendorf, F., Wörner, G. (2001) Sources and Fluids in the Mantle Wedge below Kamchatka, Evidence from Across-arc Geochemical Variation. *Journal of Petrology*. 42 (8). P. 1567–1593. <http://doi.org/10.1093/petrology/42.8.1567>.
- Churikova, T., Wörner, G., Mironov, N., Kronz, A. (2007) Volatile (S, Cl and F) and fluid mobile trace element compositions in melt inclusions: implications for variable fluid sources across the Kamchatka arc. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 154 (2). P. 217–239. <http://doi.org/10.1007/s00410-007-0190-z>.
- Cooper, L.B., Ruscitto, D.M., Plank, T. et al. (2012) Global variations in H_2O/Ce : 1. Slab surface temperatures beneath volcanic arcs. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 13 (3). P. 1–27. <http://doi.org/10.1029/2011GC003902>.
- Davaille, A., Lees, J.M. (2004) Thermal modeling of subducted plates: tear and hotspot at the Kamchatka corner. *Earth and Planetary Science Letters*. 226 (3). P. 293–304. <http://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.07.024>.
- Gorbatov, A., Kostoglodov, V., Suárez, G., Gordeev, E. (1997) Seismicity and structure of the Kamchatka Subduction Zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 102 (B8). P. 17883–17898. <http://doi.org/10.1029/96JB03491>.
- Kayzar, T.M., Nelson, B.K., Bachmann, O. et al. (2014) Deciphering petrogenic processes using Pb isotope ratios from time-series samples at Bezymianny and Klyuchevskoy volcanoes, Central Kamchatka Depression. *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 168 (4). P. 1067. <http://doi.org/10.1007/s00410-014-1067-6>.
- Manea, V.P., Manea, M. (2007) Thermal Models Beneath Kamchatka and the Pacific Plate Rejuvenation from a Mantle Plume Impact. In: Eichelberger J. et al. (Eds.) *Volcanism and Subduction: the Kamchatka Region*. AGU Geophys. Monogr. Ser. 172. P. 77–89.
- Nishizawa, T., Nakamura, H., Churikova, T., et al. (2017) Genesis of ultra-high-Ni olivine in high-Mg andesite lava triggered by seamount subduction. *Scientific Reports*. 7 (11515). P. 1–11. <http://doi.org/10.1038/s41598-017-10276-3>.
- Tatsumi, Y. (1982) Origin of high-magnesian andesites in the Setouchi volcanic belt, southwest Japan, II. Melting phase relations at high pressures. *Earth and Planetary Science Letters*. 60 (2). P. 305–317. [http://doi.org/10.1016/0012-821X\(82\)90009-7](http://doi.org/10.1016/0012-821X(82)90009-7).
- Workman, R.K., Hart, S.R. (2005) Major and trace element composition of the depleted MORB mantle (DMM). *Earth and Planetary Science Letters*. 231 (1) P. 53–72. <http://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.12.005>.