

УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВОВ МИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ ПО МИНЕРАЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Анна Волынец¹, Gerhard Woerner², Andreas Kronz², Георгий Пономарев¹

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

2 Geowissenschaftliches Zentrum, Georg-August-Universitaet Goettingen, Germany, e-mail: gwoerner@gwdg.de

Срединный хребет Камчатки, по мнению большинства исследователей, представляет собой тыловую зону современной островодужной системы Камчатки [Авдейко и др., 2002; Churikova et al., 2001, и многие другие]. Сейсмофокальная зона Беньофа на юге хребта (под вулканом Хангар) расположена на глубине 350 км; далее на север по геофизическим данным она не прослеживается [Gorbatov et al., 1997]. Современный вулканизм на Камчатке, развитие которого связывается с погружением Тихоокеанской плиты, сосредоточен главным образом в Восточном вулканическом поясе и в Центральной Камчатской Депрессии и заканчивается на широте вулкана Шивелуч; вулканические продукты этих зон обладают типично-островодужными геохимическими признаками [Volynets, 1994; Churikova et al., 2001, и многие другие]. Однако недавние геохронологические исследования показали наличие голоценовой вулканической активности в Срединном хребте (СХ) вплоть до 180 км к северо-северо-западу от Шивелуча [Певзнер, 2006]. Более того, последними геохронологическими работами было показано, что широкое распространение основных пород, связанных с проявлениями позднечетвертичного моногенного вулканизма, более характерно для северной части СХ, чем для южной [Певзнер, 2006; Dirksen et al., 2004; и др.]. В работе [Volynets et al., 2010] детально изучены породы Срединного хребта по продольному профилю с юга на север (длиной более 200 км) и опубликованы данные по содержанию в них главных петрогенных и микроэлементов, изотопному составу стронция, неодима и свинца и изотопным определениям возраста платобазальтов. Авторы считают, что миоцен-плиоценовые платобазальты Срединного хребта, характеризующиеся типично-островодужным распределением микроэлементов, были образованы в процессе субдукции Тихоокеанской плиты (когда СХ представлял собой фронтальную часть зоны субдукции) в результате высоких степеней флюид-индуцированного плавления (степень плавления более 20%, количество флюида – 1.5-4%). Четвертичные породы стратовулканов и моногенных лавовых полей с гибридным типом распределения микроэлементов (сочетающим в себе обогащение всеми HFSE и повышенные значения отношений флюид-мобильных элементов к неподвижным во флюиде элементам) образовались в результате более низких степеней преимущественно декомпрессионного плавления (8-10%) с меньшим участием флюидного компонента (<2%) в условиях тыловой части зоны субдукции. В таком случае, следует ожидать четких различий в температурах магм в этих принципиально различных режимах плавления: более высокие температуры должны быть обнаружены при декомпрессионном плавлении, и более низкие – при флюид-индуцированном. Для проверки этой гипотезы нами начата работа по изучению составов минеральных парагенезисов в вулканических породах обеих возрастных групп и расчету температуры магмы и давления при кристаллизации. В исследование вошло более 500 анализов ОI, около 300 анализов Сrx и Орх и порядка 170 парагенезисов ОI-Sp.

Состав оливинов в изученных образцах варьирует от Fo65 до 87 в миоцен-плиоценовых платобазальтах (за исключением одного образца базальтов хребта Крюки, где оливинов обнаружено мало и все они существенно железистые по составу – Fo50-59) и от Fo60 до 85 в моногенных конусах; во всех породах, кроме хр.Крюки, преобладают

оливины состава Fo75-80. Твердофазные включения шпинели в оливинах имеют весьма разнообразный состав, от высокоглиноземистой магнезиальной шпинели в оливине обр.406-1 (Кекукнайский р-н моногенного вулканизма) до герцинита и магнетита (преимущественно в породах плато). Преобладают составы промежуточные между хромитом, герцинитом и магнезиально-глиноземистой шпинелью. Наиболее магнезиальные разности шпинелей встречаются в породах Двухъярточного плато, Кекукнайского и Седанкинского районов моногенного вулканизма, причем шпинели в оливинах базальтов из последних двух р-нов содержат также значительные количества глинозема (до 52 вес.%, в среднем более 25 вес.%). Все измеренные парагенезисы Ol-Sp находятся вне поля мантийных составов [Arai, 1994] и отражают состав расплавов, претерпевших некоторую эволюцию. Хотя практически все вкрапленники оливина содержат твердофазные включения шпинели, оказалось, что почти все они были переуравновешены в процессе остывания магмы; условно-равновесные составы найдены только в двух образцах: раннеголоценового моногенного конуса из Седанкинского района (обр.АВ0262) и дайки в западной части долины Гольцовых озер (Кекукнайский р-н моногенного вулканизма, обр.406-1). По составу этих условно-равновесных Ol-Sp парагенезисов и валовому составу исходных образцов базальтов были рассчитаны условия равновесия парагенезисов с расплавом, соответствующим валовому составу породы (такое допущение правомерно в том случае, если изменения состава расплава в ходе извержения были несущественны, и является вполне адекватным при изучении моногенных конусов с основными продуктами извержения) для «сухих» условий (по термометрам и барометрам [Пономарев и Пузанков, 2012]). Это оценки составили $1292 \pm 30^\circ\text{C}$ и $1,3 \pm 1,8$ кБар для обр.АВ0262 и $1280 \pm 30^\circ\text{C}$ и $6,5 \pm 1,8$ кБар для обр.406-1.

Пироксены во всех образцах представлены преимущественно авгитом и салитом, в платобазальтах р.Правой Озерной отчасти также диопсидом. Кроме того, в моногенных конусах р.Правая Озерная присутствуют ортопироксены, отвечающие по составу бронзиту и гиперстену, а клинопироксены в образце АВ0221 голоценового моногенного лавового потока из Седанкинского р-на существенно обогащены кальцием, смещаясь на диаграмме составов в направлении поля волластонита. Бронзит и гиперстен также обнаружены в составе андезибазальтов Двухъярточного плато, а в базальтах хребта Крюки найдены магнезиальные и промежуточные пижониты. К сожалению, большинство изученных нами на настоящий момент дупироксеновых парагенезисов оказалось неравновесно. Равновесные пары были найдены только среди микролитов основной массы нескольких образцов, что сужает область оценок температуры и давления при кристаллизации до финальных стадий эволюции магмы, фактически до момента извержения. Давления и температуры, посчитанные на основе Сrx-Оrx равновесия [Putirka, 2008] составили для пород плато р.Правая Озерная (возраст 3 млн.лет): $1150-1218 \pm 60^\circ\text{C}$ и $3,3-7,7 \pm 2,8$ кБар; плейстоценовых моногенных конусов р.Правая Озерная: $1058-1173 \pm 60^\circ\text{C}$ и $1,7-7,1 \pm 2,8$ кБар; Двухъярточного плато (3 млн.лет): $973-1025 \pm 60^\circ\text{C}$ и $2,8-5,9 \pm 2,8$ кБар. Более высокие $T_{\text{равн}}$ для пород плато Правой Озерной связаны с высоким $Mg\#_{\text{Сrx}}$ (74-85 в плато против 63-76 в конусах, что соответствует и большей магнезиальности пород плато по валовому составу).

Кроме того, удалось рассчитать Р и Т равновесия Сrx-расплав [Putirka, 2008] (за состав расплава был условно принят валовый состав породы, равновесный с Сrx, так как все измеренные интерстициальные стекла и природно-закаленные включения оказались неравновесными с вкрапленниками и микролитами) для Двухъярточного плато: $1141 \pm 42^\circ\text{C}$; $5,5 \pm 2,2$ кБар и хребта Крюки (5 млн.лет): $1090-1116 \pm 42^\circ\text{C}$; $2,1-3,8 \pm 2,2$ кБар.

Температуры равновесия Ol-расплав (за состав расплава принят валовый состав породы, см.выше), рассчитанные по геотермометру [Putirka, 2008], коррелируются с магнезиальностью Ol и породы, и являются максимальными в породах плато р.Правая Озерная $1287 \pm 43^\circ\text{C}$ и дайки Гольцовых озер $1248 \pm 43^\circ\text{C}$, что дает максимальную потенциальную температуру мантии 1429 и 1386°C , соответственно.

В целом, имеющихся на настоящий момент данных по оценкам условий кристаллизации минеральных парагенезисов недостаточно для того, чтобы сделать выводы о разнице в температуре мантии и P-T условиях кристаллизации магм в миоцен-плиоценовое и четвертичное время, так как для адекватных заключений подобного рода необходимо иметь оценки, сделанные одним и тем же методом для пород разного возраста, что на настоящий момент не представляется возможным ввиду отсутствия одинаковых равновесных минеральных пар; ведется дальнейшая работа в данном направлении.

Работа выполнена при поддержке грантов ДВО РАН 12-III-A-08-165, DAAD A/04/00138, DAAD A/10/08073, РИ-112/001/610 «Ведущие научные школы», РФФИ- 10-05-01122-а.

- Авдейко Г.П., Попруженко С.В., Палуева А.А. Тектоническое развитие и вулканотектоническое районирование Курило-Камчатской островодужной системы // Геотектоника, 2002, № 4. С. 64-80.
- Певзнер М.М. Голоценовый вулканизм Северной Камчатки: пространственно-временной аспект // Доклады РАН, 2006, том 409, 5, с. 648-651.
- Пономарев Г.П., Пузанков М.Ю. Распределение породообразующих элементов в системе основной-ультраосновной расплав-шнипель, оливин, ортопироксен, клинопироксен, плагиоклаз по экспериментальным данным // Москва, Пробел-2000, 2012, 664 с.
- Arai S. Characterization of spinel peridotites by olivine-spinel compositional relationships: review and interpretation // Chemical Geology, 1994, vol. 113, p. 191-204.
- Churikova T., Dorendorf F., Woerner G. Sources and fluids in the mantle wedge below Kamchatka, evidence from across-arc geochemical variation // Journal of Petrology, 2001. Volume 42 (8), p. 1567-1593
- Gorbatov A., Kostoglodov V., Suarez G. Seismicity and structure of the Kamchatka subduction Zone // Journal of Geophysical Research, 1997. Vol. 102 (B8), p. 17883 – 17898
- Dirksen O.V., Bazanova L.I., Pletchov P.Yu. et al. Volcanic activity at Sedankinsky dol lava field, Sredinny ridge during the Holocene (Kamchatka, Russia) // Linkages among tectonics, seismicity, magma genesis and eruption in volcanic arcs: IV International Biennial Workshop on Subduction Processes emphasizing the Japan-Kurile-Kamchatka-Aleutian Arcs. Petropavlovsk-Kamchatsky. IViS, 2004. P. 55-56.
- Putirka, K. D. Thermometers and barometers for volcanic systems, in: Putirka, K. D., and Tepley, F. eds., Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 2008, vol. 69, p 61-120.
- Volynets A., Churikova T., Wörner G., Gordeychik B., Layer P. Mafic Late Miocene - Quaternary volcanic rocks in the Kamchatka back arc region: implications for subduction geometry and slab history at the Pacific-Aleutian junction // Contributions to mineralogy and petrology, 2010, vol. 159, p. 659–687.
- Volynets O.N. Geochemical types, petrology, and genesis of late Cenozoic volcanic rocks from the Kurile-Kamchatka island arc system // International Geology Review, 1994. Vol. 36. P. 373-405.