

ПИРОКСЕНЫ МИОЦЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫХ БАЗАЛЬТОВ СРЕДИННОГО ХРЕБТА КАМЧАТКИ: СОСТАВ И УСЛОВИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

А. ВОЛЫНЕЦ¹, G. WOERNER², A. KRONZ², И. ГРИБОЕДОВА³, А. БАБАНСКИЙ³

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

2 Geowissenschaftliches Zentrum, Georg-August-Universitaet Goettingen, Germany

3 Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

Срединный хребет Камчатки, по мнению большинства исследователей, представляет собой тыловую зону современной островодужной системы Камчатки [1, с. 251; 5, с.1568-1593, 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 [6, с. 17893]. 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 [9, с. 375-399; 5, с. 1568-1593, и многие другие]. В последние годы было установлено, что в плиоцен-миоценовое время СХ представлял собой нормальную вулканическую дугу [1, с. 252; 8, с.683]. Породы этого времени имеют типично островодужные характеристики [8, с.666-667] и представлены массивными эффузивами, сформировавшими платообразные структуры (далее по тексту плато). В результате последовательного (с юга на север) закрытия миоценовой дуги [3, с. 445-447] в СХ начали образовываться породы т.н. «гибридного типа» [8, с. 683-684]. Вопрос происхождения этих пород до сих пор остается дискуссионным. В рельефе эти породы представлены разнообразными лавовыми потоками, шлаковыми конусами и постройками щитообразных и стратовулканов (далее по тексту конуса); возраст пород конусов оценивается как плиоцен-четвертичный. 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 [1, с.252]) в результате высоких степеней флюид-индуцированного плавления (степень плавления более 20%, количество флюида – 1.5-4% [8, с. 679]). Четвертичные породы стратовулканов и моногенных конусов и лавовых потоков с гибридным типом распределения микроэлементов (сочетающим в себе обогащение всеми HFSE и повышенные значения отношений флюид-мобильных элементов к непереносимым 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 [8, с. 679].

Различия в геохимии пород плато и конусов, по видимому, обусловлены разными геодинамическими режимами выплавки магмы. При этих, принципиально различных, режимах плавления (флюид-индуцированного и декомпрессионного) следует ожидать различий в температурах магм: более высокие температуры должны быть обнаружены при декомпрессионном плавлении, и более низкие – при флюид-индуцированном. Для проверки этой гипотезы нами ведется работа по изучению составов минеральных парагенезисов в вулканических породах обеих возрастных групп и расчету температуры магмы и давления при кристаллизации. В настоящее исследование вошло около 350 анализов Срх и Орх миоцен-плиоценовых пород плато р. Правая и Левая Озерная, хребта Крюки, Двухъярточного плато и четвертичных пород моногенных конусов и стратовулканов массива Алней-Чашаконджа, Озерновского, Седанкинского и Кекукнайского полей моногенного вулканизма, конуса Ныльгимелкин (карту опробования см. в работе [8, с. 660]).

Пироксены во всех изученных 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 голоценового моногенного лавового потока из Седанкинского р-на существенно обогащены кальцием, смещаясь на диаграмме составов в направлении поля волластонита, и титаном (до 5,3 вес.%). 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 двупироксеновых парагенезисов оказалось неравновесно. Равновесные пары были найдены только среди микролитов основной массы в трех образцах, 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 [7, с. 94-96] составили для пород плато р. Правая Озерная: $1150-1218 \pm 60^\circ\text{C}$ и $3,3-7,7 \pm 2,8$ кБар; моногенных конусов р. Правая Озерная: $1058-1173 \pm 60^\circ\text{C}$ и $1,7-7,1 \pm 2,8$ кБар; Двухъярточного плато: $973-1025 \pm 60^\circ\text{C}$ 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 породах плато против 63-76 в породах конусов, что соответствует и большей магнезиальности пород плато по валовому составу).

Для расчета условий равновесия клинопироксен-расплав [7, с. 88-94] состав расплава был смоделирован путем вычитания оливина из валового состава соответствующей породы до достижения в результирующем составе равновесия с клинопироксеном; в большинстве случаев количество экстрагируемого оливина оказалось 5-8%, а его состав отвечал Fo80-82, что согласуется со статистическими результатами микрозондовых анализов (за исключением базальта хребта Крюки, где все измеренные оливины оказались железистыми, и в расчетах использовался Fo58). В миоцен-плиоценовых породах плато рассчитанные условия равновесия составили: плато р. Левая Озерная в среднем: $1145 \pm 42^\circ\text{C}$ и $2,2 \pm 2,2$ кБар; Двухъярточное плато: $1070 \pm 42^\circ\text{C}$ и $1,5 \pm 2,2$ кБар; хребет Крюки: $1114 \pm 42^\circ\text{C}$ и $4,2 \pm 2,2$ кБар; плато р. Правая Озерная (по двум образцам): $1100-1140 \pm 42^\circ\text{C}$ и $3,7-2,8 \pm 2,2$ кБар. Оценки давления даны для «сухих» условий. Результаты расчетов равновесных P-T условий для четвертичных моногенных конусов и лавовых потоков разделились на две группы, в зависимости от состава использованных в расчетах пироксенов. Клинопироксены первой группы имеют состав, схожий с пироксенами неогеновых платобазальтов, и дают следующие оценки температуры и давления: моногенные конуса р. Правая Озерная (по двум образцам): $1100-1116 \pm 42^\circ\text{C}$ и $3,9-3,2 \pm 2,2$ кБар; Алней: $1127 \pm 42^\circ\text{C}$ и $3,4 \pm 2,2$ кБар; Ныльгимелкин $1111 \pm 42^\circ\text{C}$ и $3,1 \pm 2,2$ кБар; Седанкинский район (3 образца): $1000-1100 \pm 42^\circ\text{C}$ и $0-3,5 \pm 2,2$ кБар; Кекукнайский район $1133 \pm 42^\circ\text{C}$ и $6,4 \pm 2,2$ кБар. Эти условия близки к рассчитанным для миоцен-плиоценовых пород плато и, вероятно, отражают приповерхностные условия кристаллизации. Вторая группа клинопироксенов из четвертичных базальтов была найдена в породах Седанкинского района и Кекукнайского района. Эти пироксены характеризуются повышенным содержанием глинозема (6-11 вес.% при среднем содержании около 3 вес.% (максимум до 6 вес.%) в пироксенах первой группы). Рассчитанные условия равновесия для этих пироксенов с расплавом составили $1183-1140 \pm 42^\circ\text{C}$ и $11,6-24,9 \pm 2,2$ кБар (Седанкинский р-н); $1163-1200 \pm 42^\circ\text{C}$ и $10,8-18 \pm 2,2$ кБар (Кекукнайский р-н). Близкая температура была получена по равновесию оливин-расплав в образце базальта из Кекукнайского района (за состав расплава принят валовый состав породы): $1248 \pm 43^\circ\text{C}$ ([2, с. 36-37] по геотермометру [7, с. 73-79]). Рассчитанные значения давления в этих образцах соответствуют ориентировочным интервалам глубины в 54-100 км. Интересно, что именно в этих образцах были также найдены включения высокоглиноземистой магнезиальной шпинели в оливине ($Al_2O_3 > 25$ вес.%, $Mg\# > 30$). К сожалению, в процессе остывания шпинель была переуравновешена, однако оценки температуры по немногим обнаруженным квазиравновесным составам также дают высокие значения ($1280-1292 \pm 30^\circ\text{C}$ [2, с. 36-37] по

геотермометру [4, с. 237]), а повышенные концентрации глинозема в пироксенах и шпинелях этих образцов подтверждают более глубокие условия кристаллизации вкрапленников, нежели в породах миоцен-плиоценовых платобазальтов.

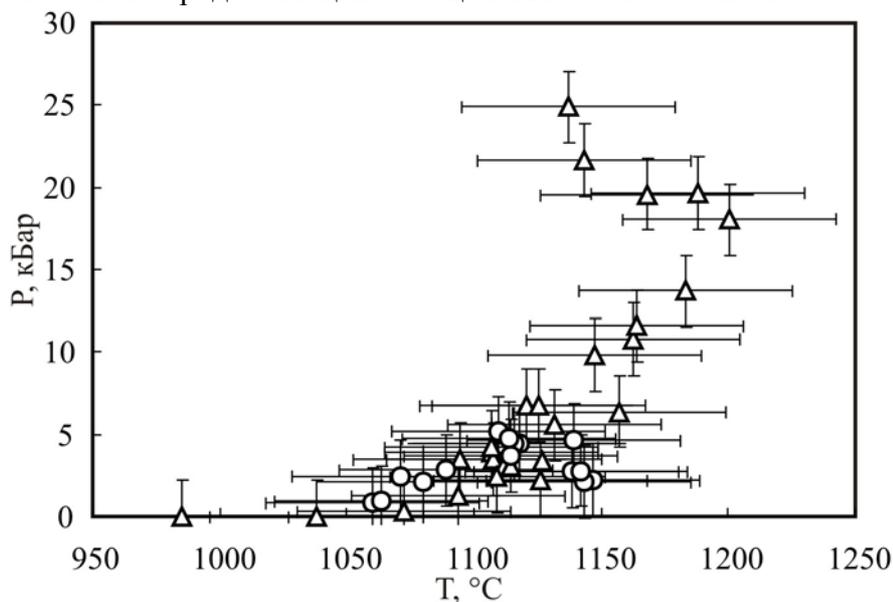


Рис. 1. Рассчитанные значения давления и температуры кристаллизации вкрапленников и микролитов пироксена по равновесию минерал-расплав [7, с. 88-94]. Условные обозначения: треугольники – четвертичные породы моногенных конусов и стратовулканов с гибридным типом распределения микроэлементов; кружки – миоцен-плиоценовые

базальты с типично-островодужным типом распределения микроэлементов.

Таким образом, данные, полученные нами по составу пироксенов в базальтах Срединного хребта Камчатки, подтверждают гипотезу о том, что кристаллизация в четвертичных базальтах с гибридным типом распределения микроэлементов начиналась при более высоких давлениях и температурах, чем в миоцен-плиоценовых базальтах плато с типично-островодужным типом распределения микроэлементов. Работа выполнена при поддержке грантов ДВО РАН 12-III-A-08-165, РФФИ 13-05-00760.

1. Авдейко Г.П., Палуева А.А., Хлебородова О.А. Геодинамические условия вулканизма и магмообразования Курило-Камчатской островодужной системы //Петрология, 2006, том 14, № 3. С. 249-267.
2. Вольнец А.О., Woerner G., Kronz A., Пономарев Г. (2012) Условия кристаллизации расплавов миоцен-четвертичных вулканических пород Срединного хребта Камчатки по минералогическим данным // Современные проблемы геохимии: Материалы Всероссийского совещания (с участием иностранных ученых). – Иркутск, издательство Института географии им.В.Б.Сочавы СО РАН, т.2, с.35-38
3. Певзнер М.М., Головин Д.И., Герцев Д.О., Кущева Ю.В., Чурикова Т.Г., Вольнец А.О., Родин В.С., Ладыгин В.М. Новые результаты К-AR датирования миоцен-плиоценовых вулканических пород Срединного хребта Камчатки // IV Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии «ВУЛКАНИЗМ И ГЕОДИНАМИКА», Петропавловск-Камчатский, 22 - 27 сентября 2009 г., С. 445-448.Певзнер М.М. Голоценовый вулканизм Северной Камчатки: пространственно-временной аспект // Доклады РАН, 2006, том 409, 5, с. 648-651.
4. Пономарев Г.П., Пузанков М.Ю. Распределение породообразующих элементов в системе основной-ультраосновной расплав-шпинель, оливин, ортопироксен, клинопироксен, плагиоклаз по экспериментальным данным // Москва, Пробел-2000, 2012, 664 с.
5. 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
6. 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
7. 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.
8. 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.
9. 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.