

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИСЛОГО ВУЛКАНИЗМА ВОСТОЧНОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЯСА КАМЧАТКИ

О.В. Кувикас

Научный руководитель: зав. лаб., д.г.-м.н., проф. Г.П. Авдейко

*Институт Вулканологии и Сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия*

Введение

Проблема образования кислых магм является одной из наиболее сложных и спорных в петрологии. В пределах островных дуг образование кислых вулканических пород, как правило, связывают с кальдерообразующими извержениями и образованием кальдер. На Камчатке известны крупные поля игнимбритов плиоцен четвертичного возраста [3,5]. В связи с тем, что образование кальдер и связанных с ними игнимбритовых полей непосредственно не наблюдалось, важное значение приобретает изучение эволюции вещественного состава кальдерных комплексов при формировании крупных кальдер.

Выявление принципиальных особенностей составов вулканических стёкол эксплозивных извержений, наиболее полно отражающих состав расплава, сравнение их составов в различных геодинамических условиях современной зоны субдукции являлось основной целью данной работы.

При написании работы использовался материал трёх полевых сезонов, проведённых автором на активных вулканах (Ключевской, Шивелуч, Безымянный), кальдерах (Карымский вулканический центр) и в других районах Камчатки (хребет Кумроч, озеро Нерпичье, верховье рек Авачи и Кавычи). Детальные описания, многочисленных вулканических слоев в шурфах, канавах, обнажениях позволили собрать представительную коллекцию образцов пирокластики из различных вулканических центров и вулканотектонических структур Камчатки (рис. 1). Работы проводились по российско-германскому проекту

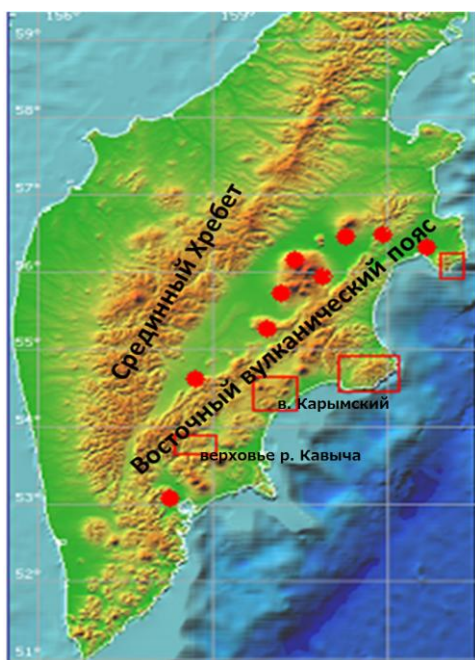


Рис. 1. Структурное положение вулканических вулканических поясов Камчатки и схема района работ в полевых сезонах 2007, 2008, 2009 г. Точками показаны районы работ тефрохронологических исследований, квадратами – геолого-вулканологических.

Геолого-структурная характеристика вулканизма

Большинство действующих и потенциально активных вулканов Камчатки расположено в пределах Восточного вулканического пояса, характеристика которого была дана ещё А.Н. Заварицким [4]. Длина ВВП ~ 850 км, ширина 50-100 км, общее простирание северо-северо-восточное (рис. 1).

По данным Г.П. Авдейко и др. [1,2] пояс начал формироваться в конце миоцена и представляет собой начальный этап Курило-Камчатской зоны субдукции, образованной в результате причленения Кроноцкой палеодуги.

Извержения кислых магм имеют преимущественно эксплозивный характер, характеризуются широким площадным распространением и служат маркерами в тефрохронологических исследованиях. На Камчатке кальдеры размещаются группами и в основном приурочены к тем местам, где фундамент погружён [5]. Наличие прогибов и заполняющих их отложений (осадочно-вулканогенного чехла) – это, по-видимому, необходимое условие формирования близповерхностных магматических очагов и связанных с ними кальдер. По данным В.Л. Леонова, Е.Н. Гриб [4] кальдерообразование может произойти, если соблюдены следующие условия: 1. происходит подъём магмы с глубоких уровней земной коры к поверхности, 2. существует зона проницаемости в фундаменте, 3. имеется достаточно мощный слабопроницаемый чехол, 4. существует зона проницаемости в чехле.

Материал и методы изучения

С целью изучения стратифицированных пирокластических отложений в течение полевых сезонов 2007, 2008, 2009 г. были опробованы и описаны многочисленные шурфы, канавы, обнажения, находящиеся в различных тектонических структурах Камчатки (рис. 1).

Микрозондовый анализ. Выбор аналитического метода для изучения кислого вулканического стекла был обусловлен возможностью высокой локальности анализа и точностью получаемого результата. Анализ материала проводился в Институте Морских Исследований им. Лейбница в г. Киль (Германия) по единой методике на микрозонде JEOL JXA 2800. Анализ проводился при напряжении 15 кВ, токе зонда 6нА, диаметре электронного пучка 5 микрон. Стандартизация проводилась с использованием стекол из коллекции Смитсоновского Института. Для анализа летучих и элементов с низкими концентрациями использовались высокочувствительные кристаллы Н-типа. В результате впервые была создана взаимосогласованная база данных, насчитывающая свыше 2500 высококачественных анализов главных элементов, F, Cl и S в стеклах пород известного источника и возраста.

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). В данной работе использовались данные волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра “S4 PIONEER” фирмы “BRUKER”. Анализ проводился в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Метод позволяет качественно и количественно определять все элементы от бериллия до урана, находящиеся в порошкообразных, твердых и жидких пробах.

Результаты исследования

Результаты проведённых исследований свидетельствуют о существовании закономерных геохимических вариаций продуктов извержений различных вулканических центров (рис. 2,3). Так, для средних составов стёкол отдельных

извержений наблюдается закономерное увеличение содержаний K_2O (рис. 2,3), отношения $^{18}O/^{16}O$ и уменьшение содержаний FeO , MgO , CaO и отношений Cl/K поперечном по отношению к простираию дуги направлении, то есть с увеличением глубины до кровли субдуцируемой плиты [9,10]. Составы кислых магм Камчатки подчиняются тем же закономерностям поперечной геохимической зональности, которая была выявлена для базальтов и андезито-базальтов [10,11].

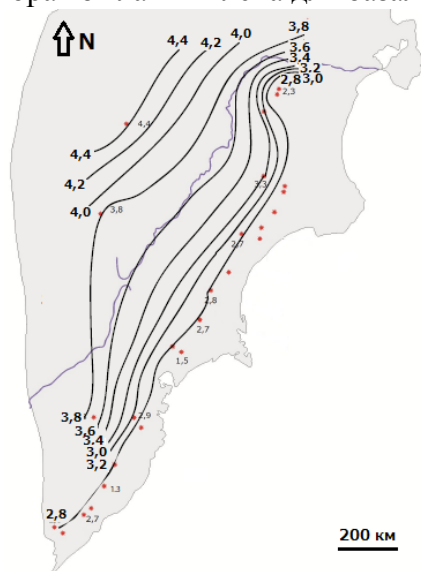


Рис. 2. Схема пространственного проявления K_2O (средние значения) в вулканических комплексах Камчатки.

В ряде работ на основании анализа отношений $^{18}O/^{16}O$ предполагалось, что процесс ассимиляции имеет первостепенное значение в формировании кислых магм Камчатки [6,7]. Наши данные показывают, что региональные вариации $^{18}O/^{16}O$ в кислых магмах во многом соответствуют таковым в базальтах и коррелируются с характеристическими особенностями магм, которые традиционно связываются с процессами мантийного магмобразования.

Возможным объяснением парадокса корреляции $^{18}O/^{16}O$ с глубиной до субдуцирующей плиты является заглубление магматических очагов от фронта к тылу островной дуги. Низкие значения $^{18}O/^{16}O$ для магм фронтальных вулканов можно объяснить поступлением талых вод в приповерхностные магматические камеры, а в более глубокие магматические камеры талая вода не поступает [8].

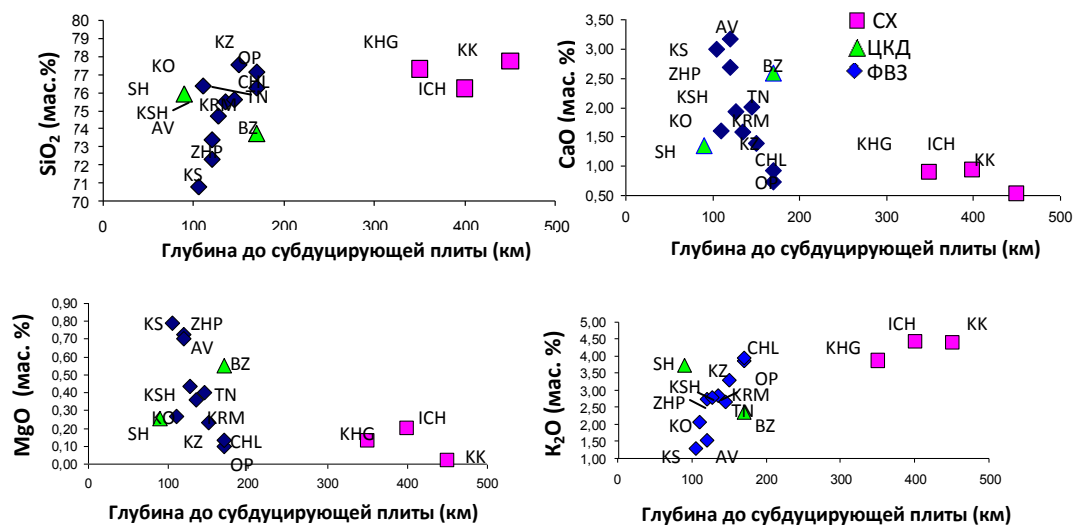


Рис.3. Корреляция составов вулканических стекол с глубиной до субдуцируемой плиты. Примечание: CX- Срединный хребет, ЦКД – Центральная камчатская депрессия, ФВЗ – Фронтальная вулканическая зона Восточной Камчатки. КО – Курильское озеро, AV – Авачинский в., KS – в. Ксудач, KRM – Кальдера Карымского в., ICH – Исчинский в., KHG – в. Хангар, KZ – в. Кизимен, OP – в. Опала, BZ – в. Безымянный, SH – в. Шивелуч, TN-в. Тауншиц, ZHP – Жупановский вулкан, KSH – в. Кошелева, CHL – в. Чаша.

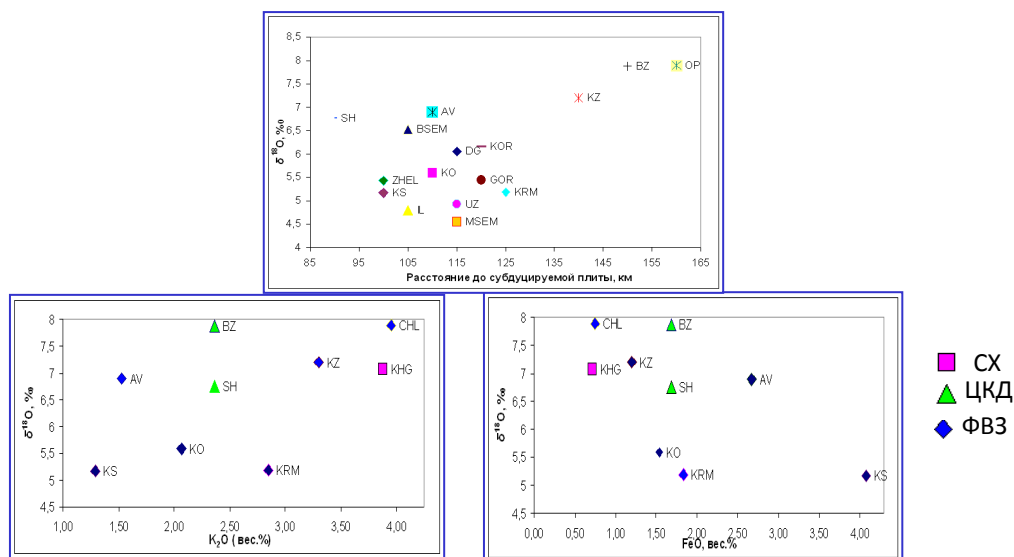


Рис. 4. Вариационные зависимости $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ от глубины субдуцируемой плиты и K_2O , FeO . Данные по $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ [7]. Примечание: CX- Срединный хребет, ЦКД – Центральная камчатская депрессия, ФВЗ – Фронтальная вулканическая зона Восточной Камчатки. КО – Курильское озеро, AV – Авачинский в., KS – в. Ксудач, KRM – Кальдера Карымского в., KHG – в. Хангар, KZ – в. Кизимен, OP – в. Опала, BZ – в. Безымянный, SH – в. Шивелуч, IL – в. Ильинский, ZHEL – в. Желтовский, DG – в. Дикий Гребень, GOR – в. Горелый, KOR – в. Корякский, UZ - в. Узон, MSEM – в. Малый Семячик, BSEM – в. Большой Семячик.

Таким образом, генезис кислых магм нельзя однозначно интерпретировать как процесс кристаллизационной дифференциации или плавления пород коры, а

возможность использования отношения $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ как критерия масштабов коровой ассимиляции во многом зависит от глубины нахождения магматического очага [7].

Заключение

В результате исследований по российско-германскому проекту KALMAR собрана представительная коллекция образцов пирокластики из разных вулканических центров Камчатки. Проведены высокоточный микронзондовый и рентгенофлуоресцентный анализы пород.

Впервые выявлена поперечная геохимическая и изотопная зональность кислых вулканических стекол, соответствующая зональности основных пород. Это свидетельствует о единых условиях образования кислых и основных магм, хотя имеются данные, которые можно интерпретировать как ассимиляцию [10,11].

Список литературы

1. Авдейко Г.П., Савельев Д.П., Попруженко С.В., Палуева А.А.. Принцип актуализма: критерии для палеотектонических реконструкций на примере Курило-Камчатского региона // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2003. №1. с. 32 – 60.
2. Авдейко Г.П., Палуева А.А.. Геодинамика Камчатской зоны субдукции: вулканизм, сейсмоопасность, цунамиопасность // Вулканизм и геодинамика: Материалы IV Всероссийского симпозиума по вулканологии и палеовулканологии. В 2-х т. Том 1. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН. 2009. с. 567-570.
3. Геологическая карта и карта полезных ископаемых Камчатской области и Корякского автономного округа. М. 1:500 000 // Глав. редакторы: А.Ф. Литвинов, М.Г. Патока, Б.А. Марковский. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 1999.
4. Заварицкий А.Н. Вулканы Камчатки. Изд. Академии Наук СССР. М.. 1955. 512 с.
5. Леонов В.Л., Гриб Е.Н. Структурные позиции и вулканизм четвертичных кальдер Камчатки. Владивосток: Дальнаука. 2004. 186 с.
6. Bindeman, I.N., Leonov, V.L., Izbekov, P.E., Ponomareva, V.V., Watts, K.E., Perepelov, A.B., Baznova, L.I., Singer, B.S., Jicha, B., Schmitt, A.K., Portnyagin, M.V., Chen, C.H., Large-volume silicic volcanism in Kamchatka: Ar-Ar, U-Pb ages and geochemical characteristics of major pre-Holocene caldera-forming eruptions // Elsevier Editorial System for Journal of Volcanology and Geothermal research. 2009.
7. Bindeman, I.N., Ponomareva, V.V., Bailey, J.C., Valley J.W., Volcanic arc of Kamchatka: a province with high- $d^{18}\text{O}$ magma sources and large-scale $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ depletion of the upper crust // Geochimica et Cosmochimica Acta. 68 (4). 841-865. 2004.
8. Kuvikas Olga, Portnyagin Maxim, Ponomareva Vera // Systematic of major and volatile components in glasses of large explosive eruptions in Kamchatka. KALMAR Workshop – Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia. April 27-May 1, 2009. Abstracts.
9. Kuvikas Olga, Portnyagin Maxim, Ponomareva Vera // Compositional variations of volcanic glasses from Kamchatka. KALMAR Workshop –Trier, Germany. 16-20 May 2011. Abstracts
10. Portnyagin, M.V., Hoernle K., Plechov, P.Y., Mironov, N.L., Khubunaya, S.A.. Constraints on mantle melting and composition and nature of slab components in volcanic arcs from volatiles (H_2O , S, Cl, F) and trace

elements in melt inclusions from the Kamchatka Arc // *Earth and Planetary Science Letters* 255(1-2): 53-69. 2007.

11. Volynets, O.N.. Geochemical types, petrology and genesis of Late Cenozoic volcanic rocks from the Kurile-Kamchatka island arc system // *Int. Geol. Rev.* 36/4. 373-405. 1994.