

ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОЛОГИЯ УЛЬТРАКАЛИЕВЫХ ВУЛКАНИТОВ ВОСТОЧНО-АФРИКАНСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

Муравьева Н.С.*, **Беляцкий Б.В.****, **Иванов А.В.*****, **Сенин В.Г.***

**Институт геохимии и аналитической химии РАН, Москва, natash@geokhi.ru*

***ВНИИОкеангеология, Санкт-Петербург, bbelyatsky@hotmail.ru*

****Институт земной коры СО РАН, Иркутск, aivanov@crust.irk.ru*

Современные рифтовые зоны являются уникальным объектом для изучения мантийного магматизма Земли. Западная ветвь Восточно-Африканской рифтовой зоны – классическая область проявления калиевого магматизма. В Западной (Танганьикской) зоне, протяженностью от озера Альберт до озера Танганьика, эффузивные породы слагают несколько провинций – Торо-Анколе, Вирунга, Ю. Киву, Рунгве. Самые молодые вулканы северного окончания рифтовой зоны Торо-Анколе изучены менее детально. В этой провинции встречаются ультракалиевые разновидности пород камафугитового ряда: мафуриты, катунгиты, угандиты.

Нами исследованы образцы камафугитов вулканического поля Буньяругуру и угандиты, мелалейцититы, лейцититы и лейцитовые базаниты вулканического поля Вирунга. Высокомагнезиальные ультракалиевые камафугиты Буньяругуру обладают «примитивными» характеристиками: высокая магнезиальность ($Mg\#$ до 79), высокие содержания Ni (до 780 ppm) и Cr (до 1170 ppm) в сочетании с экстремальным обогащением некогерентными редкими элементами: Ce/Y до 26,38; Zr/Y до 26,22; $(La/Yb)_n$ до 142,69; $(La/Sm)_n$ до 7,27. Среди эффузивов вулканического поля Вирунга встречаются как примитивные угандиты, так и дифференциаты, а также плакиолаз-содержащие породы – лейцитовые базаниты.

В настоящей работе приводятся результаты комплексного исследования петрохимии, геохимии и изотопного состава пород современными аналитическими методами, а также состава породообразующих минералов.

Минералы – вкрапленники камафугитов представлены оливином, лейцитом, клинопироксеном, хромшпинелидом, флогопитом и, в отдельных случаях, мелилитом и перовскитом. В основной массе встречаются кальсилит, нефелин, ильменит и филлипсит, иногда карбонаты. В камафугитах часто встречаются вкрапленники оливина с включениями шпинелидов. Состав оливинов камафугитов близок к составу оливинов мантийных ксенолитов ($Fe_{0,2}-Fe_{0,8}$). Шпинелиды представлены высокохромистыми низкоглиноземистыми разновидностями: максимальное содержание Cr_2O_3 в них достигает 58,35 % вес., Al_2O_3 – 10,65 % вес., содержание TiO_2 изменяется от 2,36 до 28,69 % вес. В краевых зонах фенокритов шпинелидов увеличивается содержание титаномагнетитовой молекулы. Шпинелиды выделяются из расплава вместе с оливинами на протяжении всего P-T интервала кристаллизации пород. Изменение состава шпинелидов в изученных камафугитах соответствует кимберлитовому тренду, что подтверждает сходство механизма образования этих пород.

Для оливин-шпинелевого равновесия были рассчитаны значения температуры и фугитивности кислорода. Показано, что кристаллизация проходила в широком температурном интервале (1230-750°C) и относительно окисленных условиях – при fO_2 превышающих буфер QFM ($\Delta QFM \sim 0,3-3$). Столь высокий потенциал кислорода объясняется высокой степенью метасоматической проработки мантийного источника, сопровождающийся окислением.

В вулканиках Торо-Анколе, в отличие от лав из вулканических полей Западной ветви, расположенных южнее (Вирунга, Киву, Рунгве), минимально проявлен эффект кристаллизационной дифференциации, главную роль в которой играло фракционирование оливина, что отчетливо видно из соотношений петрогенных элементов (например, CaO-MgO), а также корреляции редких и петрогенных элементов (NiO и MgO). В вулканиках Вирунги в значительной степени выражено клинопироксеновое фракционирование (CaO/Al_2O_3 -MgO). Из соотношений содержаний циркония и магния в породах видно различие в составе источника магматизма вулканических полей Вирунга и Торо-Анколе.

Результаты определения изотопного состава стронция и неодима камафугитов $^{87}Sr/^{86}Sr = 0,704629-0,705356$; $^{143}Nd/^{144}Nd = 0,512488-0,512550$ свидетельствуют, что их мантийный источ-

ник близок по составу источнику базальтов океанических островов EM1. В тоже время, изотопная систематика свинца исследованных пород $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$:18,998-19,566; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$:15,686-15,737; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$:39,303-40,264 обнаруживает сходство состава мантийного источника с характеристиками вулканитов океанических островов EM2 и аномалии DUPAL. Высокие значения $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ коррелируют с повышенным по сравнению с BSE Th/U отношением (4,16-5,01 и 3,9 соответственно). Величина Ce/Pb отношения изученных камафугитов попадает в одну область с базальтами MORB и океанических островов OIB и значительно превышает коровые значения, что указывает на отсутствие вещества континентальной коры в мантийном источнике исследованных вулканитов.

Геохимические особенности камафугитов – глубокий минимум спайдерграммы на тяжелых редких землях, указывают на присутствие граната в респите. Расчеты, проведенные нами по петрогенным элементам, никелю и хрому по программе PRIMELT2.xls показывают, что большая часть камафугитовых расплавов Торо-Анколе образовалась при плавлении гранатовых перидотитов за счет удаления или добавления некоторого количества оливина. Отсутствие граната во вкрапленниках-либо может быть результатом реакции с глубинными флюидами, за счет которых образовался флогопит, либо кристаллизацией магм на меньших глубинах, т.е. в шпинелевой фации. Модель перидотитового источника не подтверждается для нескольких образцов (катунгит и мафурит) и, следовательно, для этих пород необходимо привлечение другого компонента – пироксенитового или эклогитового.

Расчеты модели для наиболее примитивных составов по редким элементам показывают, что они образовались при низких степенях плавления (~1 %) мантийного источника, измененного карбонатно-водными флюидами. О карбонатно-водном составе флюидов свидетельствует, в частности, повышенное Ba/Th отношение в породах. Метасоматозом источника объясняется также положительный максимум титана на спайдерграмме, аналогичный источникам EM2 и HIMU.

Проведенное исследование приводит к заключению о сложной истории образования камафугитов. Наличие двух разновидностей оливинов и зональность вкрапленников клинопироксенов свидетельствует о различных уровнях кристаллизации камафугитов, т.е. о смешении расплавов двух различных источников. Особенности состава оливинов и хромшпинелидов отражают деплетированность источника расплавов по петрогенным элементам. Крайне высокая степень обогащения ультракалийевых пород несовместимыми редкими элементами объясняется деламинацией нижних горизонтов метасоматизированной литосферы. В изученном районе ярко выражена мелкомасштабная гетерогенность мантии – присутствие пироксенитовых прослоев или жил в леерцолитовом горизонте, расположенном в нижних частях литосферы.