

Изотопно-геохимические характеристики коровых процессов вулкана Ключевской

О.В. Бергаль-Кувикас^{1,2,3}

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: kuvikas@mail.ru*

² *Институт физики Земли РАН, Москва*

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

Соотношения редких элементов и изотопные отношения стронция, свинца в лавах вулкана Ключевской указывают на значительные процессы ассимиляции магмы в коре. Расположения побочных прорывов в сравнении с геофизическими наблюдениями позволяют предположить гетерогенность фундамента и наличие регионального разлома, контролирующего проявления побочных извержений.

Проблема исследования

Ключевской вулкан, расположенный в Центрально-Камчатской депрессии, является одним из наиболее активных вулканов, сформированных в островодужной обстановке. Многочисленные публикации прошлых лет, в основном, освещали вопросы мантийного генезиса магм. Однако состав и строение коры также влияет на положение побочных прорывов, состав магм и формирование типов извержений. В представленной работе рассматривается роль коры в формировании магм вулкана Ключевской.

Результаты и обсуждение

Анализ изотопно-геохимических данных, пространственное расположение побочных прорывов и время извержений позволили выделить несколько групп исторических извержений вулкана Ключевской (рис. 1). Группа 1 включает в себя извержения с 1932 г. по 1938 г., высоты прорывов 200-1000 м. Лавы извержений характеризуются высокими содержаниями MgO, CaO, Sr, Ba, K₂O. Группа 2А состоит из извержений 1945-1966 гг., сформированных на высотах 800-2000 м. Состав лав имеет наивысшие концентрации Sr, P₂O₅, Al₂O₃. Группа 2В – это побочные извержения 1974-1980 гг., высоты прорывов 2900-4000 м. Группа 3 – вершинные извержения с составами магм с относительно высокими содержаниями MnO, Fe₂O₃, Y.

Соотношение несовместимых элементов Rb, Sr не демонстрирует общий, единый тренд дифференциации (рис. 2), следовательно, данные вариации сложно объяснить простым фракционированием магм. Изотопные отношения в магмах в сравнении с породами, слагающими основание вулкана, явно демонстрируют ассимиляцию пород хавывенской свиты и осадочных толщ ветловской серии, дроздовской толщи. Об этом однозначно свидетельствует рост отношений изотопов стронция с увеличением содержания кремнекислоты. Находки коровых ксенолитов в продуктах извержений вулканов Толбачик [7] и Безымянный [6], схожесть тренда ассимиляции магм для Ключевского вулкана по изотопам свинца свидетельствуют о едином основании для Ключевской группы вулканов. Важно отметить, что вариации изотопов кислорода магм Ключевского вулкана – одни из самых тяжелых в мире, что подтверждает гипотезу о значительном переплавлении нижней коры [5].

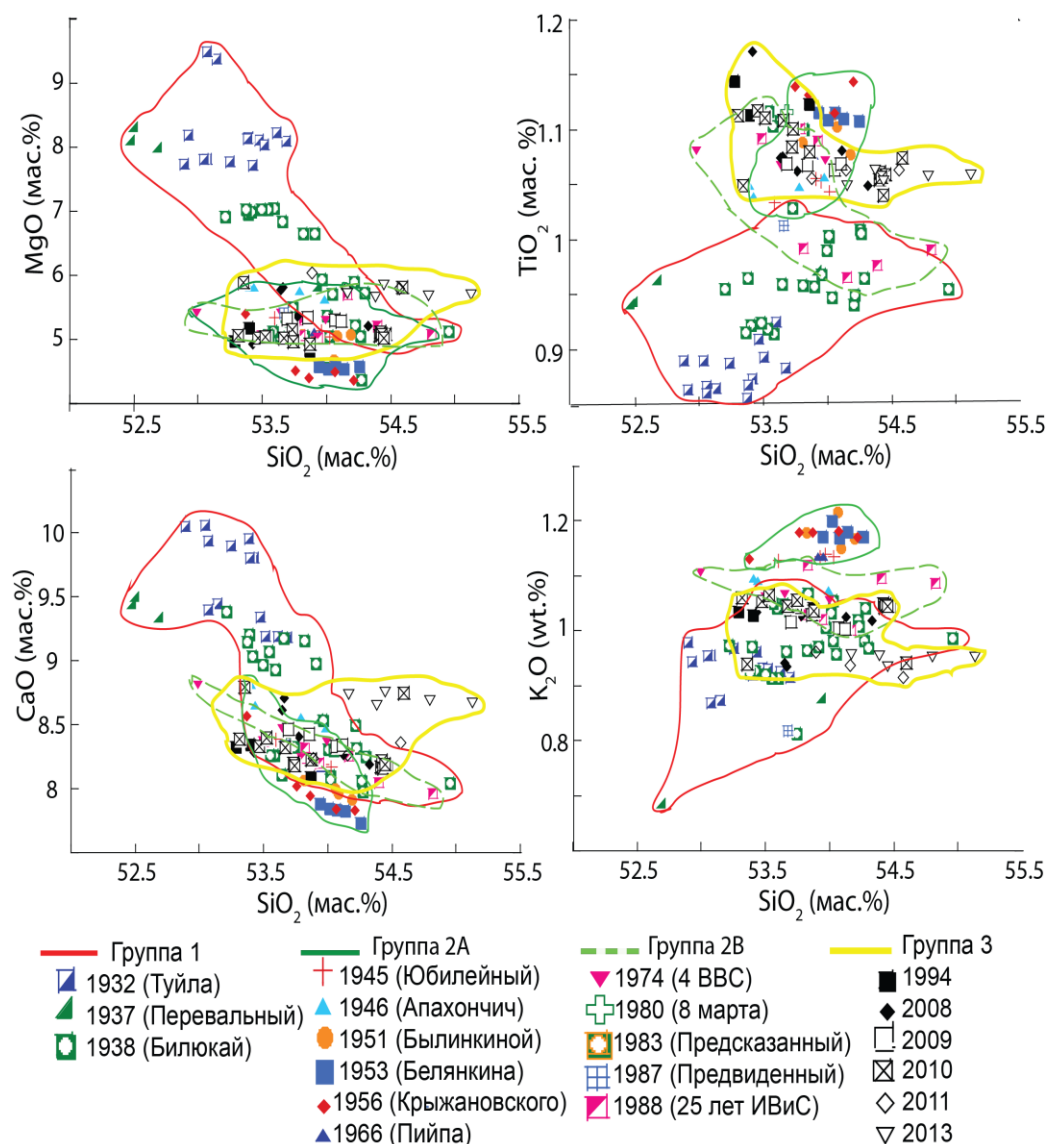
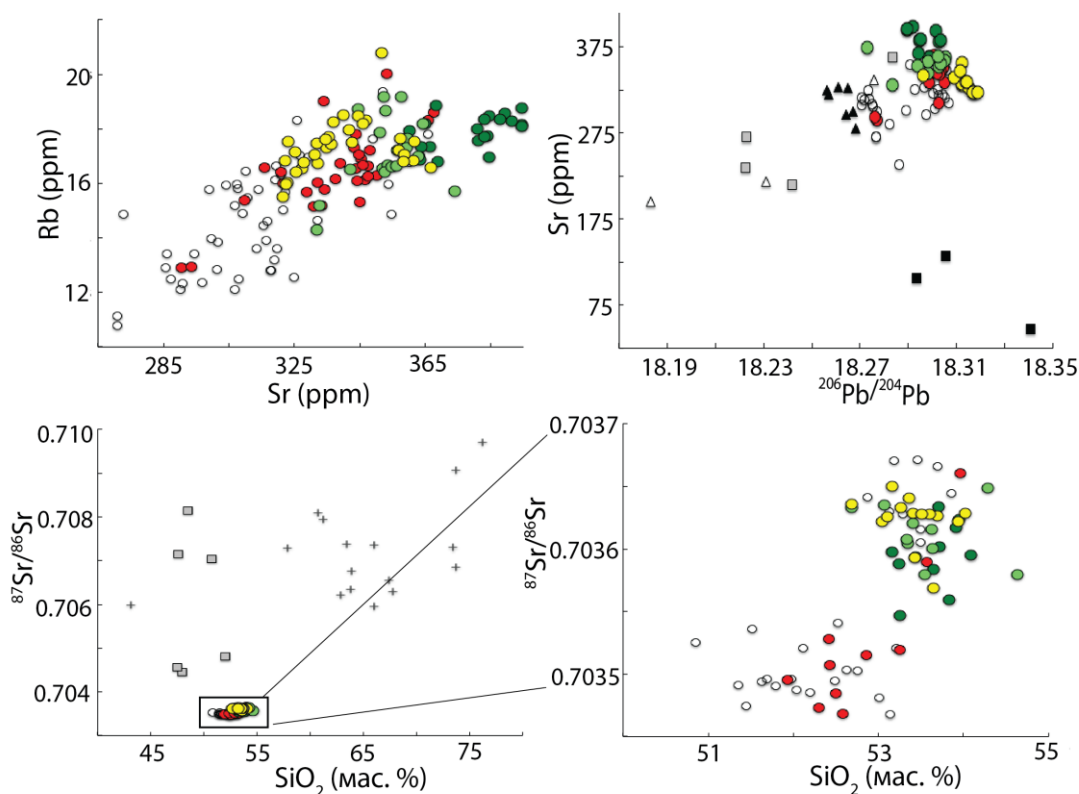


Рис. 1. Диаграммы Харкера исторических извержений вулкана Ключевской. Составы магм по данным [4].

Соотношения изотопов свинца, наряду с редкими элементами, свидетельствуют о наиболее контаминированных магмах в группе 2А и группе 3. Пространственное положение группы 2А совпадает с северо-восточным, восточным, юго-восточным секторами вулкана. Сопоставление изотопно-геохимических измерений магм с геофизическими данными позволяет предположить опускание постройки сегмента вулкана с сопутствующими мощными процессами ассимиляции и фракционирования магм. Группа 1 и 2В находятся на продолжении регионального разлома и характеризуются наиболее мафическими разностями пород.

Заключение

На основании изотопно-геохимических данных было показано, что наряду с фракционированием магм существуют и значительные процессы ассимиляции магм в коре. Фундамент вулкана гетерогенен. В северо-восточном, восточном, юго-восточном сегментах постройки вулкана происходит накопление магмы и формируются разности с максимальными признаками ассимиляции коровых пород. Вместе с тем, наиболее мафические магмы приурочены к зоне регионального разлома.



Извержения вулкана Ключевской:
 ○ доисторические, ● 1, ● 2А, ● 2В, ● 3 группы

Вулкан Безымянный:
 ▲ включения [6],
 △ коровые ксенолиты [6]

Состав коры:

- Хавывенская серия, верхняя толща [2, 3],
- Хавывенская серия, нижняя толща [2, 3],
- + Осадки, флиш [1]

Рис. 2. Соотношения редких элементов и изотопов лав Ключевского вулкана в сравнении с составами коры. Условные обозначения см. на рис. 1.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке мегагранта Минобрнауки РФ 14.W03.31.0033. Автор благодарит А. Романа, К. Джапарта, Н.М. Шапиро, О.Э. Мельника за обсуждение физических параметров магм и эволюции магматического очага, Т.Г. Чурикову, Б.Н. Гордейчика, Г. Ворнера за критические замечания и дискуссии о геохимических и изотопных маркерах, Д.В. Коваленко за представление данных об осадочных толщах.

Список литературы

1. Коваленко Д.В., Ставрова О.О., Цуканов Н.В. Изотопные и геохимические характеристики позднемеловых и кайнозойских отложений флиша Камчатки и юга Корякии // Тихоокеанская геология. 2010. № 29.1. С. 3-14.
2. Тарарин И.А., Бадреддинов З.Г. Геохимия и возраст метаморфических пород Хавывенской возвышенности Восточной Камчатки // Геохимия. 2007. № 9. С. 962-980.
3. Тарарин И.А., Дриль С.И., Сандимирова Г.П. и др. Изотопный состав стронция, неодима и свинца в метаморфических породах Хавывенской возвышенности восточной Камчатки // Доклады Академии наук. 2010. № 431. Т. 2. С. 238-241.
4. Bergal-Kuvikas O., Nakagawa M., Kuritani T. et al. A petrological and geochemical study on time-series samples from Klyuchevskoy volcano, Kamchatka arc // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2017. V. 172(5). 35.

5. *Bindeman I.N., Ponomareva V.V., Bailey J.C. et al.* Volcanic arc of Kamchatka: a province with high- $\delta^{18}\text{O}$ magma sources and large-scale $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ depletion of the upper crust // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2004. V. 68(4). P. 841-865.
6. *Kayzar T.M., Nelson B.K., Bachmann O. et al.* Deciphering petrogenic processes using Pb isotope ratios from time-series samples at Bezymianny and Klyuchevskoy volcanoes, Central Kamchatka Depression // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 2014. V. 168(4). 1067.
7. *Portnyagin M., Duggen S., Hauff F. et al.* Geochemistry of the late Holocene rocks from the Tolbachik volcanic field, Kamchatka: quantitative modelling of subduction-related open magmatic systems // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2015. V. 307. P. 133-155.