

О разноглубинных мантийных источниках базальтов и магматических камерах под Ключевской группой вулканов (Камчатка)

С.А. Хубуняя, Л.И. Гонтовая, А.П. Максимов, В.С. Хубуняя

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: hubsa@kscnet. Ru

Исследованы минералогические и геохимические особенности умереннокалиевых и субщелочных базальтоидов Ключевской группы вулканов. Изучены природнозакаленные стекла расплавных включений в отношении Fe, Mg, Al, Ca, S, Cl в оливинах шлаковых лапилли вулкана Ключевской. Под вулканом Ключевской предполагается малоглубинной магматический очаг. Радиогенные изотопные отношения Sr, Nd и Pb в К-трахиандезибазальтах указывают на их мантийное происхождение. Оценка условий образования исходных умереннокалиевых и субщелочных расплавов свидетельствует о разной глубине и разной степени плавления мантии при их образовании.

На вулканах Ключевской, Плоский Толбачик и Толбачинском Долу в течение голоцена извергались умереннокалиевые магнезиальные и высокоглиноземистые базальты, андезибазальты высокоглиноземистые субщелочные калиевые трахибазальты и трахиандезибазальты. Исходные составы умереннокалиевых магнезиальных расплавов соответствуют пикриту. Они получены на основе гомогенизации расплавных включений в оливинах и численного моделирования обратного хода фракционной кристаллизации расплава в поле оливина от состава, отвечающего закаленным расплавным включениям, до равновесия с реально установленным наиболее магнезиальным оливином данной серии [7].

Условия образования исходных умереннокалиевых магнезиальных расплавов оценены на основании их состава и предположении их равновесия с мантийным веществом лерцолит - гарцбургитового ряда. Полученные результаты позволяют предполагать отделение расплава от мантии при давлениях 15-20 кбар. Такая оценка проведена на основе диаграммы Ol-Pl-Q-Di с изобарами давлений, определенных по экспериментальным данным в присутствии H₂O [12]. Здесь можно ожидать движение магнезиального расплава по системе трещин к месту фракционирования в глубинный промежуточный магматический очаг [3, 10, 11]. С учетом ошибки метода он находится в хорошем соответствии с глубиной 25-30 км, на котором методом сейсмической томографии уверенно фиксируется низкоскоростная аномалия V_p, V_s и повышенные значения V_p/V_s [3, 4, 11 др.]. Об этом же свидетельствуют распределения частотно-магнитудных характеристик землетрясений, которые выражены параметром b_value.

Большинством исследователей признается оценка глубины первоисточника магм в верхней мантии и магматического очага в нижней части земной коры под вулканом Ключевской. В тоже время существование малоглубинной магматической камеры под конусом вулкана, не столь однозначно. Исследовано 470 кристаллов оливинов из шлаковых лапилли вершинного извержения 1994 г. В оливинах изучено 40 природнозакаленных расплавных включений (рис.1). Составы расплавных включений дифференцированы. Они соответствуют базальтам, андезибазальтам и андезитам. Очевидно, оливины из шлаковых лапилли были образованы из серии расплавов базальтового, андезибазальтового и андезитового составов. Чтобы это произошло необходима магматическая камера, где мог бы размещаться расплав и эта камера должна быть расслоена. На приповерхностное положение камеры указывают резкая дегазация S и Cl, связанная с подъёмом и дегазацией магматического расплава. Можно констатировать, что впервые со времени экспедиции академика А. Н. Заварицкого

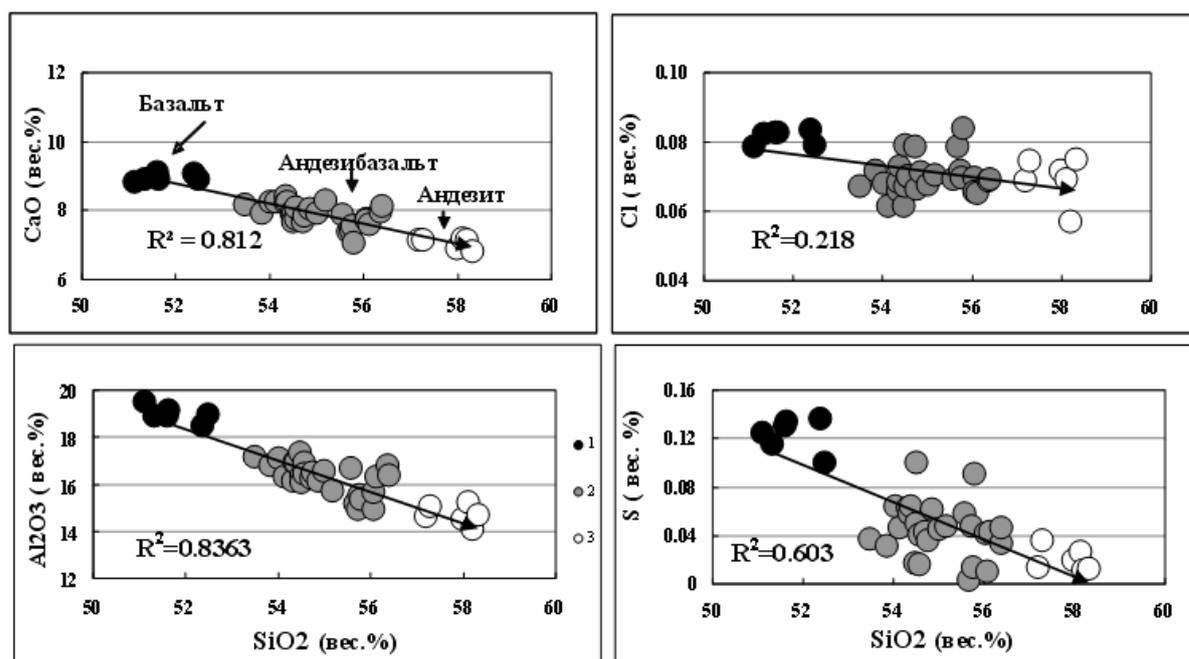


Рис. 1. Составы закалочных стекол в оливинах шлаковых лапилли вершинного извержения 1994 г. вулкана Ключевской.

Примечание. R^2 - величина достоверности аппроксимации. Стрелка указывает направление изменений составов стекол природнозакаленных расплавных микровключений.

(1931 г.) на вулкане Ключевской были обнаружены умереннокалиевые андезитовые расплавы. На существование малоглубинной камеры указывают и другие особенности минералов. Изучение оливинов и клинопироксенов в отношении Ca, Al, Mn, Ti, Cr, Ni, Co и некогерентных элементов умереннокалиевых магнезиальных и высокоглиноземистых базальтов и андезибазальтов позволило считать, что образование высокоглиноземистых андезибазальтов всех побочных прорывов связано с внедрением высокомагнезиальных магм в высокоглиноземистый очаг. Геофизические параметры свидетельствуют, что малоглубинная камера, (5-6 км ниже уровня моря), наиболее вероятно, расположена между складчатым комплексом и поверхностью консолидированного фундамента [8].

27 ноября 2012 г. на южном склоне вулкана Плоский Толбачик, началось побочное извержение субщелочных калиевых трахиандезибазальтов [1; 2; 5. 9]. Сравнительный анализ нормированного распределения несовместимых элементов калиевых трахиандезибазальтов, с таковыми, внутриплитных, рифтогенных и островодужных (надсубдукционных) умереннокалиевых базальтов и андезибазальтов показал, что источник К-трахиандезибазальтов наиболее близок к источнику умереннокалиевых пород (рис.2). Обе группы базальтоидов на спайдер диаграммах характеризуются типичными надсубдукционными признаками, положительными максимумами высокочарядных элементов Ba, U, Pb и минимумами крупноионных элементов Th, Nb, Ti. В то же время для К-трахиандезибазальтов характерно стабильно повышенные содержания всех РЗЭ и пониженное – Sr. Пониженное содержание Sr обусловлено аккумуляцией плагиоклаза в малоглубинной [6]магматической камере вулкана Плоский Толбачик [9]. Повышенные концентрации всех РЗЭ в К-трахиандезибазальтах, наиболее вероятно, связаны с меньшей степенью плавления источника сходного с надсубдукционным источником умереннокалиевых базальтов. Высокие концентрации Rb и формирование исходных расплавов К-трахиандезибазальтов, по-видимому, обусловлено плавлением глубинного мантийного источника, метасоматизированного субдукционным компонентом, образованным при разложении флогопита [9]. Принимая во внимание близость

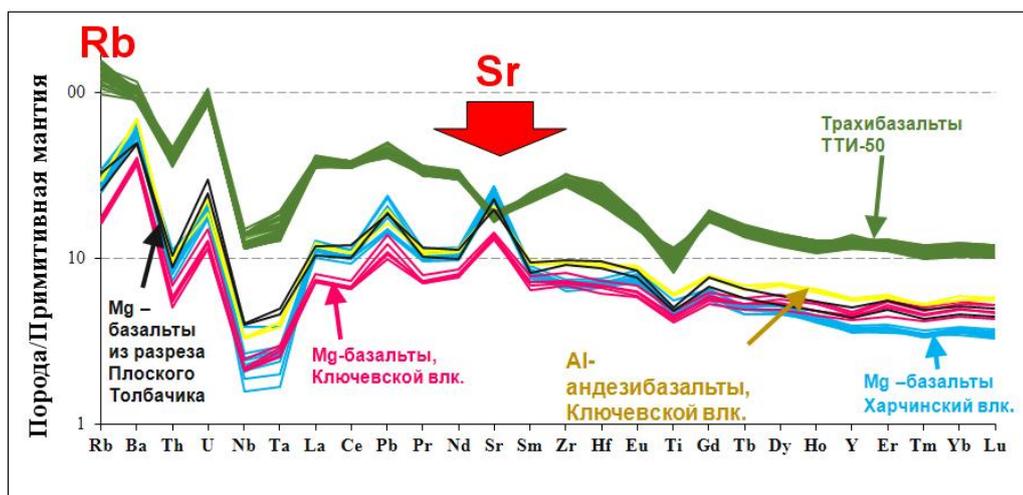


Рис. 2 Спайдердиаграммы К-трахиандезибазальтов и надсубдукционных умереннокалиевых пород Ключевской группы вулканов.

расположения сравниваемых объектов исследования, умереннокалиевых и субщелочных базальтоидов, и одновременное (по геологическим меркам) формирование изучаемых пород можно предположить, вертикальную гетерогенность мантийных источников, поставивших исходные расплавы для обеих групп пород. Изучение радиогенных изотопных характеристик калиевых трахиандезибазальтов свидетельствует об их мантийном генезисе и отсутствии влияния земной коры на их составы. Плавление умереннокалиевого источника магнезиальных базальтов может осуществляться при давлениях 10-15 кбар [10]. Более глубокое (до 35 кбар) плавление высокомагнезиального источника К-трахиандезибазальтов свидетельствует о разных уровнях плавления мантийных источников сравниваемых пород.

Авторы выражают искреннюю благодарность академику А.В. Соболеву за возможность проведения аналитических исследований в Институте химии им. Макса Планка (г. Мейнц, Германия), Институту Наук о Земле университета им. Д.Ж. Фурье (г. Гренобль, Франция). Авторы приносят благодарность старшему научному сотруднику ИГМ СО РАН к.г.-м.н. Д.А. Кузьмину и старшему научному сотруднику ГЕОХИ РАН к.г.-м.н. В.Г. Батановой за помощь в выполнении рентгеноспектральных анализов минералов и природнозакаленных стекол расплавных микровключений.

Список литературы

1. *Волынец А.О., Мельников Д.В., Якушев А.И.* Первые данные о составе продуктов Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия ИВиС (Камчатка) // ДАН. 2013. Т. 452. № 3. С. 303–307.
2. *Гордеев Е.И., Карпов Г.А., Аникин Л.П. и др.* Алмазы в лавах трещинного Толбачинского извержения на Камчатке // ДАН. 2014. Т. 454. № 2. С. 204-206
3. *Гонтовая Л.И., Хренов А.П., Степанова Е.В. и др.* Глубинная модель литосферы в районе Ключевской группы вулканов (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2004. №3. С.3-11.
4. *Ермаков В.А., Гарагаш И.А., Гонтовая Л.И.* Модель тектоно-магматических процессов в Ключевской группе вулканов (по геолого-геофизическим данным) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2014. № 2. Вып. 24. С. 231-243.
5. *Федотов С.А., Славина Л.Б., Сениюков С.Л. и др.* Сейсмические процессы и перемещение магм, происходившие при Большом трещинном Толбачинском извержении 1975–1976 гг. и Трещинном Толбачинском извержении 2012–2013 гг. (п-ов Камчатка) // Геофизические процессы и биосфера. 2014. Т. 13. № 3. С. 5–30.

6. Федотов С.А., Уткин И.С., Уткина Л.И. Периферический магматический очаг базальтового вулкана Плоский Толбачик, Камчатка: деятельность, положение и глубина, размеры и их изменения по данным о расходе магм // Вулканология и сейсмология. 2011. № 6. С. 3-20.
7. Хубуня С.А., Гонтовая Л.И., Соболев А.В. Магматические очаги под Ключевской группой вулканов (Камчатка) // Вулканология и сейсмология, 2007. № 2. С. 3-29.
8. Хубуня С.А., Гонтовая Л.И., Соболев А.В., Хубуня В.С. К вопросу о магматических очагах под вулканом Ключевской (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2018. № 2. С. 14-29.
9. Хубуня С. А., Еремина Т.С., Соболев А.В. Формационная принадлежность К-трахиандези-базальтов побочного извержения вулкана Плоский Толбачик 2012-2013 гг. (ТТИ-50) по геохимическим признакам // Вулканология и сейсмология. 2016. №2. С. 1-19.
10. Хубуня С.А., Соболев А.В. Первичные расплавы известково-щелочных магнезиальных базальтов Ключевского вулкана (Камчатка) // ДАН. 1998. Т. 360. № 1. С. 100-102.
11. Koulakov I., Gordeev E., Dobretsov N. et al. Feeding paths of the Klyuchevskoy volcano group (Kamchatka) from the results of local earthquake tomography // Geophys. Res. Lett. 2011. Vol. 38. L09305. doi: 10.1029/2011GL046957
12. Sobolev A.V., Danyushevsky L.V. Petrology and geochemistry of boninites from the termination of the Tonga Trench: Constrains on the generation conditions of primary high-Ca boninite magmas // J. Petrol. 1993. Vol. 35. P. 1183-1211.