

ПЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНДЕЗИБАЗАЛЬТОВ ВЕРШИННОГО ИЗВЕРЖЕНИЯ 1994 г. И МАЛОГЛУБИННЫЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКИЙ ОЧАГ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ

С. А. Хубуная¹, Л. И. Гонтовая¹, С. В. Москалева¹, А.В. Соболев², В.Г. Батанова², Д. В. Кузьмин³,
О. Б. Кузьмина³

¹-Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, ²- Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН, ³- Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН

Изучение периферических магматических очагов под Ключевским вулканом является одной из первоочередных задач вулканологии тесно связанной с решением проблемы генезиса вулканических пород, прогнозом вулканических извержений и вулканической опасностью.

Впервые, наличие малоглубинного расслоенного очага и выводных каналов под северо-восточным склоном вулкана Ключевской предполагал А. А. Меняйлов при изучении его извержения 1937-1938 гг. [Меняйлов, 1947]. Позднее, на основании изучения ксенолитов третичных пород из лав побочных прорывов под северо-восточным склоном вулкана Ключевской, на это указывал Б. И. Пийп [Пийп, 1956]. Наши данные о возможности существования малоглубинных очагов под вулканом Ключевской основывались на детальном изучении петрографии, минералогии и геохимии магнезиальных и высокоглиноземистых, андезибазальтов и базальтов, а также исследовании расплавных и флюидных включений в оливинах и пироксенах этих пород [Хубуная и др., 2007 г.; Хубуная и др., 2008].

В 70-е годы прошлого века в районе Ключевской группы вулканов были проведены работы по глубинному сейсмическому зондированию и получены первые представления о структуре низов земной коры под вулканами [Аносов и др.,1978]. Позже, в 1986-87 гг., выполнены более детальные геофизические (сейсмические методом КМПВ и гравиметрические) наблюдения и охарактеризована структура верхов земной коры под Ключевским вулканом. [Зубин и др.,1990; Балеста и др., 1991; Пийп и др.,1991]. В последние годы в районе Ключевской группы вулканов активно проводятся исследования, связанные с изучением скоростной структуры земной коры по сейсмологическим данным, в частности по кинематическим характеристикам вулканотектонических (ВТ) землетрясений [Славина Л. Б. и др., 2001; Гонтовая и др., 2004; Хубуная и др.,2007; Nizkous et. all.,2007; Lees et all.,2007 и др.; Федотов и др., 2010]. В то же время практически отсутствуют петрологические работы по изучению вулканических продуктов вершинных извержений, которые смогли бы наполнить геологическим смыслом геофизические построения.

Это сообщение посвящено сопоставлению результатов мониторинга, хронологии и петрологических особенностей вулканических продуктов извержения 1994 г вулкана Ключевской с данными гравиметрических и сейсмотомографических построений.

7 сентября по 2 октября 1994 г – происходило сильное вершинное извержение вулкана Ключевской [Озеров и др., 1996]. Условно можно выделить три этапа: вулканский (эксплозивный) - 8-10 сентября; стромболианский (эффузивно-эксплозивный) - 11-30 сентября; плининский (пароксизмальный) – 1 октября. Наиболее значимыми особенностями этого извержения являются отсутствие глубоких сейсмических землетрясений перед его началом и сильная плининская стадия в его финале с извержением очень редких для базальтовых вулканов пирокластических потоков. Были изучены вулканические продукты всех этапов этого извержения : шлаковые лапилли, лавы из потоков лав в Крестовском желобе и обломки и глыбы лав из пирокластических потоков в Крестовском и Апахончичском желобах финальной стадии извержения.

Химический состав вулканических продуктов сильно дифференцирован. Шлаковые лапилли начального этапа извержения относятся по составам к высокоглиноземистым андезибазальтам, близким к андезитам ($\text{SiO}_2 = 55-56$ мас.%). Лавы из потоков вулканостромболианской стадии извержения по минералогии и химизму отвечают высокоглиноземистым андезибазальтам ($\text{SiO}_2 = 53-54$). Обломки лав из пирокластических потоков встречаются в виде двух типов. Одни отвечают

высокоглиноземистым андезибазальтам. Другие близки по минералогическому и химическому составом к магнезиальным базальтам извержения 1938 г- Билюкай ($\text{SiO}_2 = 52$ мас. %, $\text{MgO} = 7$ мас. %) [Набоко, 1947; Хубуня и др., 1993] Подобные дифференцированные вулканические продукты в течение одного извержения на вулкане Ключевской наблюдаются впервые.

Специальные минералогические исследования, связанные с изучением мономинеральных фракций оливинов и пироксенов в базальтах и андезибазальтах начального и конечного этапов извержения 1994 г., показали, что составы пород и минералов обоих этапов также сильно различаются. Лавы и шлаки вулканского и стромболианского этапов извержений – типичные высокоглиноземистые андезибазальты, характерные для всех вершинных извержений вулкана, с фенокристаллами низкомагнезиальных клинопироксенов и оливинов (Fo 79-65), в которых встречаются включения титаномагнетитов. В лавах конечной стадии извержения, опробованных из глыб и обломков лав пирокластических потоков встречаются как вышеописанные андезибазальты, так и базальты с многочисленными гомогенными включениями. Они представлены плагиоклазовыми, пироксен-оливин-плагиоклазовыми и магнетитовыми кумулатами. В лавах финальной стадии извержения присутствуют высокомагнезиальные фенокристаллы пироксенов и оливинов (Fo 91-85), с включениями, хромистой шпинели, неравновесные по химическим составам к составам базальтов в которых они находятся. Изучение природных закаленных стекол расплавных включений в оливинах шлаковых лапилли начального этапа извержения показало, что они также дифференцированы по составу: от высокоглиноземистых базальтов до андезитов (Рис.1).

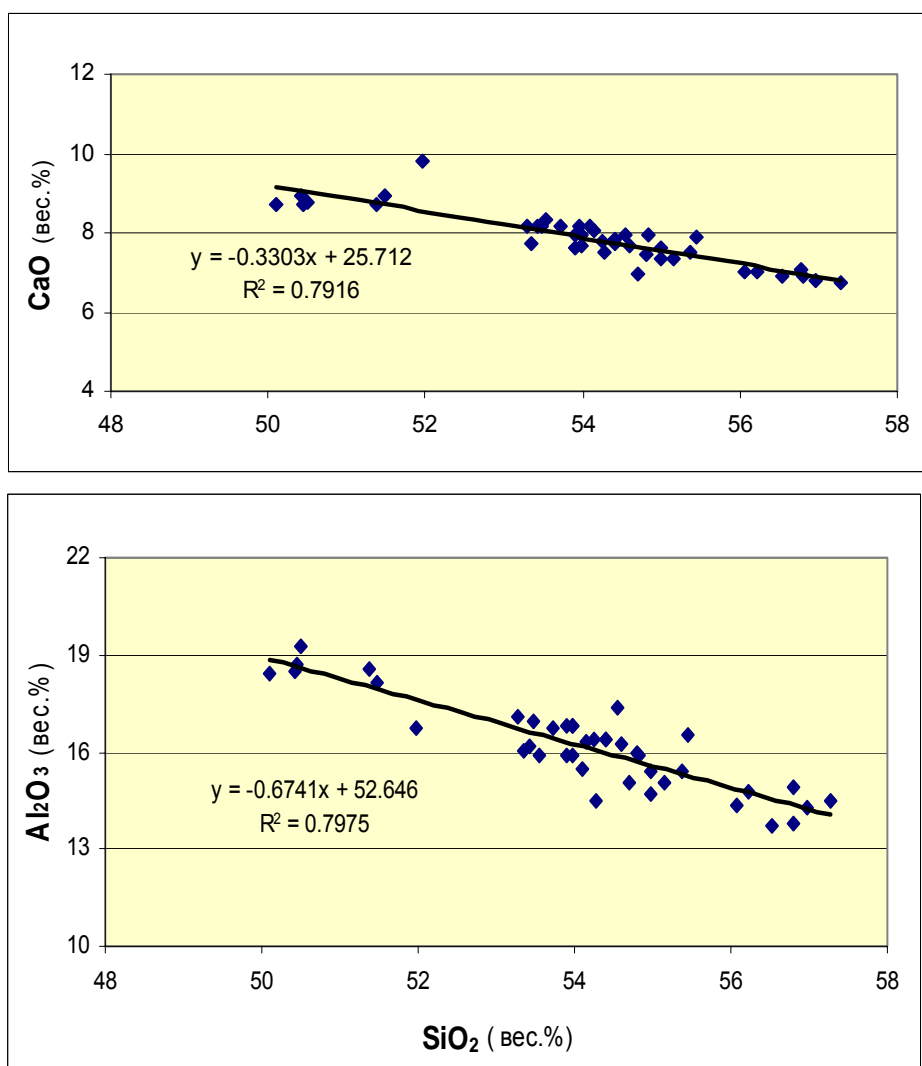


Рис. 1. Зависимость содержания CaO и Al_2O_3 от SiO_2 в природнозакаленных стеклах расплавных включений шлаковых лапилли извержения 1994 г. вулкана Ключевской.

Линия тренда дифференциации с коэффициентом R^2 близким к 0.8 (Рис.1) обусловлена кристаллизацией плагиоклаза и клинопироксена. Оливины из шлаковых лапилли были образованы из серии расплавов от базальтов до андезитов.

Анализ приведенного петрологического материала свидетельствует, что под конусом вулкана может располагаться расслоенная магматическая камера. В начале извержения 1994 г магма поступала из верхней апикальной части камеры, а в заключительную, плинианскую фазу извержения в результате мощного взрыва была захвачена магма из нижней части периферического промежуточного очага. Приведенные данные о существовании магматической камеры под конусом вулкана Ключевской находят подтверждение в результатах сейсмологических (с использованием взрывов и землетрясений) [Балеста и др., 1991; Пийп и др., 1991; Федотов и др., 2010; Nizkous et al., 2007] и гравиметрических исследований [Зубин и др., 1990]. Трехмерное распределение скорости V_p и V_s рассчитано методом сейсмотомографии по данным времен вступлений P и S волн ВТ землетрясений, полученным Камчатским филиалом Геофизической службы (КФ ГС) РАН. Низкоскоростная аномалия на глубине 0-5 км, в пределах которой скорости понижены на 7-15%, смещена от вершины Ключевского вулкана в область развития побочных прорывов на его северо-восточном – восточном склонах. Глубже, в интервале глубин 5-10 км, вершина Ключевского вулкана приурочена к центральной наиболее интенсивной аномалии скорости V_p . Вулканы Ушковский, Крестовский и Безымянный расположены на ее периферии. ВТ землетрясения под вулканами, вероятно, связаны с активными процессами вокруг магматических каналов.

Более детально верхняя часть земной коры в районе Ключевского вулкана изучена сейсмическим методом КМПВ* и гравиметрической съемкой (рис. 2) [Балеста и др., 1991, Зубин и др., 1990]. В юго-западной части профиля под Ключевским вулканом выше 5 км отмечен выступ высокоплотных пород (2.9 г/см^3), поднимающихся выше уровня моря. Скорость в пределах выступа (среднее значение $V_p=5.2 \text{ км/с}$) практически не возрастает с глубиной и не исключено существование зоны инверсии скорости в его пределах [Пийп и др., 1991]. Геологическая природа этого выступа неясна и допустимы несколько вариантов его интерпретации, которые здесь не анализируются.

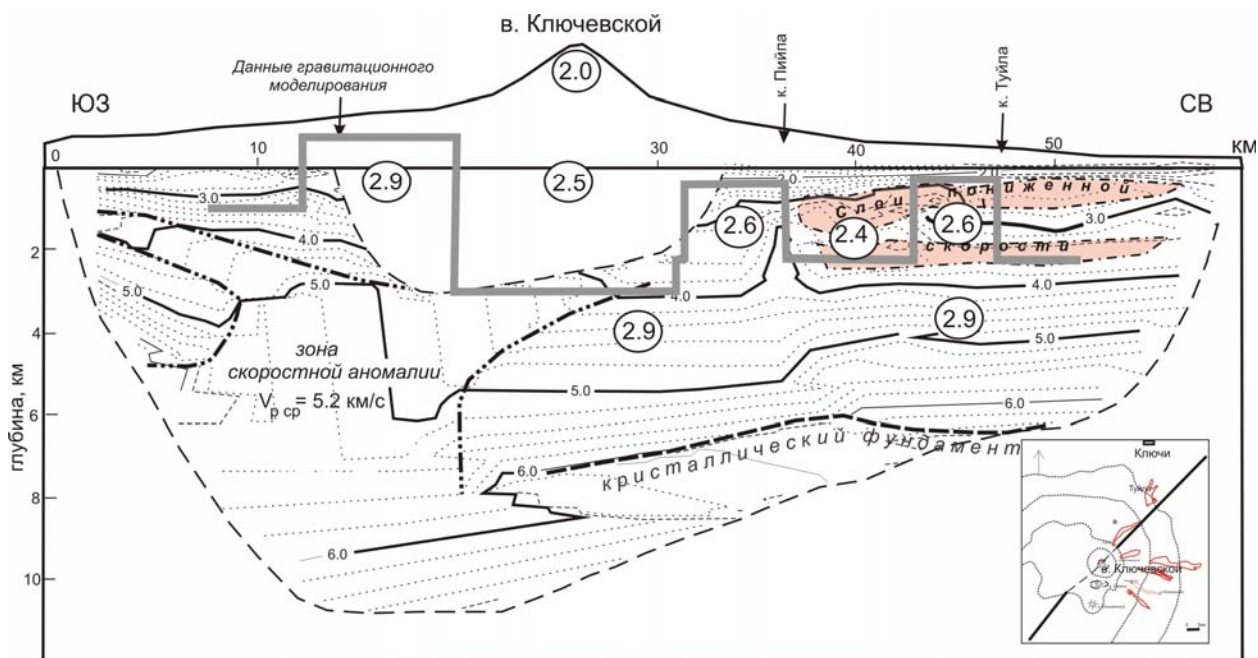


Рис. 2. Сейсмо-плотностной разрез вдоль профиля, пересекающего Ключевской вулкан. На разрезе приведены изолинии скорости V_p (в км/с); в кружках - значения плотности (в г/см^3); на врезке показано положение профиля КМПВ.

* корреляционный метод преломленных волн.

На основании сейсмо-плотностного разреза хорошо видно, что область непосредственно под постройкой вулкана на глубинах 0-5 км охарактеризована плотностью 2.5 г/см^3 и имеет ограничения в виде более плотных блоков с обеих сторон (рис. 2). Это может служить косвенным основанием для выделения периферического магматического очага на глубинах 0-5 км; диаметр этой зоны составляет около 10 км.

Список литературы

- Аносов Г.И., Бикенина С.К., Попов А.А. и др.** Глубинное сейсмическое зондирование Камчатки. М.: Наука, 1978. 130 с.
- Балеста С.Т., Гонтовая Л.И., Каргопольцев В.А. и др.** Результаты сейсмических исследований земной коры в районе Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 1991. №3. С. 3-18.
- Гонтовая Л.И., Степанова М.А., Хренов А.П., Сениоков С.Л.** Глубинная модель литосферы в районе Ключевской группы вулканов (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. М. 2004. №3. С. 3-11.
- Зубин М.И., Козырев А.И., Лучицкий А.И.** Гравитационная модель строения Ключевского вулкана (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 1990. №5. С. 76-93.
- Меняйлов А.А.** Динамика и механизм извержения Ключевского вулкана в 1937-1938 гг. // Труды Лаборатории вулканологии и Камчатской вулканологической станции. М-Л., 1947. Из-во АН СССР, Выпуск 4. С. 3-91
- Набоко С.И.** Продукты извержения Ключевского вулкана в 1937-1938 гг. // Труды лаборатории вулканологии и Камчатской вулканологической станции М-Л., 1947. Из-во АН СССР, Выпуск 4. С. 92-135.
- Озеров А. Ю., Карпов Г. А., Дроздин В. А и др.** Динамика извержения Ключевского вулкана 7 сентября -2 октября 1994 г. (Камчатка) // Вулканология и сейсмология . 1994. №5. С. 3-16.
- Пийп Б.И.** Ключевская сопка и ее извержения в 1944-45 гг. и в прошлом. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 310 с.
- Пийп В.Б., Ефимова Е.А., Гонтовая Л.И.** Интерпретация годографов сейсмических волн вдоль профиля КМПВ в районе Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 1991. №5. С. 83-91.
- Славина Л.Б., Гарагаш И.А., Горельчик В.И., Иванов Б.В., Белянкин Б.А.** Скоростное строение и напряженно-деформированное состояние земной коры в районе Ключевской группы вулканов Камчатки // Вулканология и сейсмология. 2001. № 1. С. 49-59.
- Хубуная С.А., Богоявленский С.О., Новгородцева Т.Ю., Округина А.М.** Минералогические особенности магнезиальных базальтов как отражение фракционирования в магматической камере Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 1993. № 3. С. 46-68.
- Хубуная С.А., Гонтовая Л.И., Соболев А.В., Низкоус И.В.** Магматические очаги под Ключевской группой вулканов (Камчатка) // Вулканология и сейсмология, 2007. № 2., с 3 – 29.
- Хубуная С. А., Гонтовая Л.И., Москалева С.В.** Малоглубинный очаг вулкана Ключевской (по данным петрологии и геофизики) // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога 29-30 марта 2008 г, Петропавловск-Камчатский, 2008. С. 291-304.
- Федотов С.А., Жаринов Н.А., Гонтовая Л.И.** Магматическая питающая система Ключевской группы вулканов (Камчатка) по данным об ее извержениях, землетрясениях и глубинном строении // Вулканология и сейсмология. 2010. № 1. С. 3- 35.
- Lees J. M., Symons N., Chubarova O., Gorelchik V., Ozerov A.** Tomographic Images of Klyuchevskoy Volcano P-Wave velocity// Volcanism and Subduction The Kamchatka Region Geophysical Monograph Series 172. 2007. P. 293-302.
- Nizkous I., Kissling E., Gontovaya L., Sanina I., Levina V.** Correlation of Kamchatka Lithosphere Velocity Anomalies With Subduction Processes // Volcanism and Subduction The Kamchatka Region Geophysical Monograph Series 172. 2007. P. 97-106.