

О контаминации высокоглиноземистых андезибазальтов по геохимическим признакам главных элементов и элементов-примесей в оливинах и клинопироксенах (вулкан Ключевской, Камчатка)

В.С. Хубуная, С.А. Хубуная

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: vissarion69@bk.ru

Возможности смешения умереннокалиевых магнезиальных и высокоглиноземистых магм на вулкане Ключевской определяются составами минералов и геохимическими особенностям элементов-примесей во время кристаллизации. Минералогические особенности и распределение Mg, Fe, Cr₂O₃, NiO, Al₂O₃ в оливинах и клинопироксенах магнезиальных базальтов и высокоглиноземистых андезибазальтов побочных и вершинных извержений 1938, 1966, 1945 и 1994 гг. вулкана Ключевской свидетельствуют об инъекции магнезиальных базальтовых расплавов в высокоглиноземистую магму.

Введение

На вулкане Ключевской, представлены порфиновые умереннокалиевые магнезиальные и высокоглиноземистые базальты и андезибазальты доисторических, исторических и современных извержений [2, 7, 8, 9, 10]. Одной из важных петрологических проблем вулкана Ключевской является взаимоотношение магнезиальных базальтов и высокоглиноземистых андезибазальтов. Для выяснения генезиса пород вулкана Ключевской, необходимо привлечь распределение главных элементов и элементов-примесей в порообразующих минералах на всех этапах кристаллизации. Наиболее информативными минералами для мониторинга изменения составов базальтовых и андезибазальтовых расплавов Ключевского вулканов во время кристаллизации являются фенокристаллы оливинов и клинопироксенов, которые фиксируются в магнезиальных базальтах и высокоглиноземистых андезибазальтах. Это сообщение посвящено выяснению возможности смешения умереннокалиевых магнезиальных и высокоглиноземистых магм, на основании петрографического изучения и распределения Mg, Fe, Cr₂O₃, NiO, Al₂O₃ в оливинах и клинопироксенах базальтов и андезибазальтов побочных и вершинных извержений 1938, 1945, 1966 и 1994 гг. вулкана Ключевской.

Методика исследования

Методика отбора и подготовки минералов для работы на рентгеноспектральных микроанализаторах. Из раздробленных пород, на «Установке по разделению минералов с различной плотностью», в трибромметане, были выделены обогащенные фракции оливинов и клинопироксенов. Анализ минералов был выполнен в Германии в Институте химии им. Макса Планка (г. Мейнц, Германия) на электронном микроанализаторе, Jeol JXA 8200 Super Probe. Пироксены анализировались при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 20 нА, с типичной погрешностью менее 1-2 отн. %. Оливины были проанализированы по специальной методике, позволяющей достигать точности 20—30 г/т (две стандартные ошибки) для N1, Ca, Mn, Al, Ti, Cr, Co и 0,02 мол. % для Mg, Fe и Si, при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 300 нА.

Характеристика исследованных образцов

Краткое геологическое положение исследуемых образцов

Для изучения возможности смешения магнезиальных и высокоглиноземистых магм были изучены высокоглиноземистые андезибазальты из шлаковых лапилли, лавовых потоков и магнезиальных базальтов из обломков пирокластического потока вершинного извержения 1994 г. [6, 11]. Кроме того, были опробованы

высокоглиноземистые андезибазальты из лавовых потоков побочных прорывов им. Б.И. Пийпа, им. А.Н. Заварицкого, Билюкай, Тиранус, Невидимка [1, 5, 7, 9]

Петрографические особенности высокоглиноземистых андезибазальтов. Петрографическая характеристика исследуемых высокоглиноземистых андезибазальтов побочных прорывов Ключевского вулкана подробно освещена во многих публикациях. Авторы этого сообщения подчеркивают только те петрографические особенности высокоглиноземистых и магнезиальных пород, которые могут помочь в решении поставленной задачи - возможности контаминации высокоглиноземистой и магнезиальной магмы. Высокоглиноземистые андезибазальты вулкана Ключевской относятся к петрографическому типу «плагиобазальтов» [3]. Наиболее характерной их чертой, как следует из названия, является резкое преобладание плагиоклаза над темноцветными минералами.

Второй важной петрографической особенностью рассматриваемых высокоглиноземистых андезибазальтов, являются редкие крупные (до 3-5 мм) идиоморфные высокомагнезиальные кристаллы и сростки кристаллов оливинов Fo_{90-85} и клинопироксенов Mg_{90-85} [9]. В высокоглиноземистых андезибазальтах лавовых потоков вершинного извержения 1994 г. подобные крупные сростки минералов отсутствуют. Они присутствуют во всех магнезиальных базальтах и высокоглиноземистых андезибазальтах побочных прорывов вулкана Ключевской. Расчеты, проведенные в магнезиальных базальтах и андезибазальтах в системе минерал-расплав по программе «ПЕТРОЛОГ» [9] показали, что оливины и клинопироксены с магнезиальностью больше Fo_{84} в высокоглиноземистых андезибазальтовых лавовых потоках Билюкай не могли кристаллизоваться из магмы андезибазальтового состава. Очевидно, это кристаллы, которые образовались из магнезиальных расплавов [9, 10, 11]. По существу, в высокоглиноземистых андезибазальтах их можно отнести к ксенокристаллам. Оливины из высокоглиноземистых андезибазальтов лавовых потоков и шлаковых лапилли вершинного извержения 1994 г., где эти ксенокристаллы отсутствуют, характеризуются магнезиальностью Fo_{80-68} . В тоже время, магнезиальность всех оливинов высокоглиноземистых андезибазальтов лавовых потоков им. Б.И. Пийпа и Билюкай варьирует в широких пределах Fo_{90-70} . Такими же интервалами магнезиальности характеризуются оливины магнезиальных базальтов.

Результаты исследований и их обсуждение

Распределение содержаний Cr_2O_3 , NiO в оливинах высокоглиноземистых андезибазальтов побочных прорывов им. Б.И. Пийпа и Билюкай, а также вершинного извержения 1994 г. В последнее время получены новые данные об элементах-примесях в оливинах и клинопироксенах андезибазальтов и базальтов побочных (1938, 1945, 1966 гг.) и вершинных (1994 г.) извержений [10]. Они свидетельствуют о кристаллизации минералов в разных физико-химических условиях, несмотря на то, что оливины и клинопироксены находятся в одном потоке лав и даже в одном образце [10, 11]. Распределение рудных элементов в оливинах высокоглиноземистых и магнезиальных андезибазальтах и базальтах вершинных и побочных извержений полностью подтверждают геохимические особенности этих вулканических пород.

Оливины магнезиальных базальтов пирокластического потока финальной стадии вершинного извержения 1994 г. и оливины высокоглиноземистых андезибазальтов лавового потока и шлаковых лапилли стромболианской стадии этого же извержения характеризуются разным поведением рудных элементов во время кристаллизации. В магнезиальных базальтах содержание NiO и Cr_2O_3 в оливинах резко падает от 0,3% до 0,1% и от 0,05% до 0,1, соответственно, с уменьшением их магнезиальности от Fo_{90} до Fo_{80} . Концентрации Cr_2O_3 в оливинах высокоглиноземистых андезибазальтов лавовых потоков и шлаковых лапилли вершинного извержения 1994 г., с падением магнезиальности оливинов, остаются на уровне 0,05-0,01 (%). Содержание NiO в

оливинах высокоглиноземистых андезибазальтов лавового потока и шлаковых лапилли вершинного извержения 1994 г. слабо меняется от 0,15 до 0,05 (%), с падением магнезиальности оливинов. В оливинах лавовых потоков высокоглиноземистых андезибазальтов побочных извержений Билюкай и Б.И. Пийпавулканы Ключевской присутствуют оливины характерные для магнезиальных базальтов и оливины высокоглиноземистых андезибазальтов. Следует подчеркнуть, что оливины, которые кристаллизовались из магнезиальных расплавов, содержатся в больших количествах в высокоглиноземистых андезибазальтах не только в отдельных лавовых потоках, но даже в одном образце. При этом, количественные соотношения NiO и Cr₂O₃ и изменение их концентраций с уменьшением магнезиальности оливинов полностью повторяет таковые магнезиальных базальтов пирокластического потока и высокоглиноземистых андезибазальтов лавового потока и шлаковых лапилли вершинного извержения 1994 г, соответственно. Следует констатировать, что содержание NiO и Cr₂O₃ в оливинах высокоглиноземистых андезибазальтов побочных прорывов свидетельствует об их кристаллизации из высокоглиноземистой и магнезиальной магмы.

Сравнение химических составов клинопироксенов высокоглиноземистых андезибазальтов побочных прорывов им. Б.И. Пийпа, Билюкай, Тиранус, Невидимка, им. А.Н. Заварицкого

Подтверждением кристаллизации оливинов из магнезиальной и высокоглиноземистой магм являются изменение содержания Al₂O₃ в клинопироксенах при уменьшении их магнезиальности. Во всех побочных прорывах высокоглиноземистых андезибазальтов 1938, 1945, 1966 г. фиксируются две группы клинопироксенов. В одной группе клинопироксенов концентрация Al₂O₃ постоянно возрастает до 6-8%, с падением их магнезиальности Mg[#]₉₀₋₈₀. В другой группе клинопироксенов из того же лавового потока, после магнезиальности Mg[#]₈₀₋₇₅ содержание Al₂O₃ резко снижается до 1-2 %. Очевидно, непрерывный тренд обогащения клинопироксенов Al₂O₃, с падением их магнезиальности от Mg[#]₉₀₋₈₀ обусловлен кристаллизацией Crx в режиме Sp-Crx-Ol-котектики в магнезиальных расплавах вулкана Ключевской. Эти клинопироксены внедрялись в малоглубинную камеру вулкана вместе с выше описанными оливинами Fo₉₀₋₈₀ и магнезиальным расплавом. Клинопироксены, в которых содержание Al₂O₃ резко снижается по мере падения их магнезиальности, кристаллизовались в режиме Mt- Ol-Crx- Pl котектики, по-видимому, в малоглубинной камере [11]. Кристаллизация плагиоклаза обедняла остаточный расплав Al₂O₃. Из этого остаточного расплава кристаллизовались клинопироксены с магнезиальностью ниже Mg[#]₈₀₋₇₈ в малоглубинной камере вулкана Ключевской. Дополнительным подтверждением этого положения являются две группы клинопироксенов, которые кристаллизовались при одной магнезиальности, но при разных физико-химических условиях, в разных магматических камерах [11].

Заключение

Петрографическая специфика высокоглиноземистых и магнезиальных базальтов и андезибазальтов свидетельствует, что во всех высокоглиноземистых андезибазальтах побочных прорывов присутствуют высокомагнезиальные ксенокристаллы оливинов и клинопироксенов. Их химические составы соответствуют составам минералов магнезиальных базальтов. Количественные соотношения NiO, Cr₂O₃ и изменение их концентраций с уменьшением магнезиальности оливинов в высокоглиноземистых андезибазальтах побочных прорывов полностью повторяют таковые магнезиальных базальтов пирокластического потока и высокоглиноземистых андезибазальтов лавового потока и шлаковых лапилли вершинного извержения 1994 г, соответственно. Следует констатировать, что содержание NiO и Cr₂O₃ в оливинах

высокоглиноземистых андезибазальтов побочных прорывов, свидетельствует об их кристаллизации из двух магм: высокоглиноземистой и магнезиальной. Подтверждением кристаллизации оливинов из двух магм являются изменения содержания Al_2O_3 в клинопироксенах при уменьшении их магнезиальности. Во всех побочных прорывах высокоглиноземистых андезибазальтов фиксируются две группы клинопироксенов, которые также кристаллизовались из двух магм. Наиболее вероятный сценарий побочных извержений вулкана Ключевской представляется в следующем. Магнезиальная магма, с клинопироксенами и оливинами Fo_{90-80} из глубинного очага [12, 10] внедряется в малоглубинную камеру высокоглиноземистой магмы [10] и вместе с ее материалом извергается на поверхность.

Список литературы

1. *Важеевская А.А.* Базальты ареальных зон Камчатки // Автореферат диссертации на соиск. степ. канд. геол.- мин. наук. Владивосток. 1972. 28 с.
2. *Ермаков В.А.* Формационное расчленение четвертичных вулканических пород. М.: Недра. 1977. 223 с.
3. *Заварицкий А.Н.* Некоторые вулканические породы окрестностей Ключевской сопки на Камчатке // Записки Российского минералогического общества. 1931. Сер.11. С. 10-15
4. *Кирсанов И.Т., Марков И.А.* Эволюция базальтов в процессе формирования Ключевского вулкана // Проблемы глубинного магматизма. М. Наука. 1979. С. 80-96.
5. *Меняйлов А.А.* Динамика и механизма извержений Ключевского вулкана в 1937-1938 г. // Труды Лаборатории вулканологии и Камчатской вулканологической станции. М.-Л.: АН СССР. 1947. Вып. 4. С. 3-91.
6. *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. 1996. № 5. С. 3-16.
7. *Озеров А.Ю., Хубуная С.А.* Химизм оливинов и пироксенов как показатель связи глиноземистых и магнезиальных базальтов Ключевского вулкана // Постэруптивное минералообразование на активных вулканах Камчатки. Владивосток. 1992. Ч. 2. С. 37-61.
8. *Пийп Б.И.* Ключевская сопка и ее извержения в 1944-1945 гг. и в прошлом // Труды Лаб. вулканологии. М.: Наука. 1956. № 11. 310 с
9. *Хубуная С.А., Богоявленский С.О., Новгородцева Т.Ю. и др.* Минералогические особенности магнезиальных базальтов как отражение фракционирования в магматической камере Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 1993. № 3. С. 46-68.
10. *Хубуная С.А., Гонтовая Л.И., Соболев А.В. и др.* К вопросу о магматических очагах под вулканом Ключевской // Вулканология и сейсмология. 2018 г. № 2.
11. *Хубуная С.А., Хубуная В.С.* Геохимические особенности оливинов и клинопироксенов глиноземистых андезибазальтов - показатели присутствия магматических очагов под вулканом Ключевской // Теория и практика современных гуманитарных и естественных наук, сборник научных статей ежегодной научной конференции. Петропавловск-Камчатский. 2018. №7. С. 297-302.
12. *Koulakov I., Gordeev E., Dobretsov N. et al.* Feeding paths the Kluchtvskoy volcano group (Kamchatka) from the results of local earthquake tomography // Geophys. Res. Lett., Vol. 38, LXXXXX, doi: 10.1029/2011GL046957, 2011