



Фосфорсодержащий оливин из лавового потока 2012–2013 гг. вулкана Толбачик

Щербаков В.Д.¹, Плечов П.Ю.²

¹Московский государственный университет, геологический факультет

²Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН

В образце лавы РК-13-07 (Plechov et al., 2015) из движущегося потока вулкана Толбачик нами обнаружены скелетные кристаллы оливина (рис. 1) с зонами, содержащими до 0.48 мас.% P_2O_5 . Максимальное содержание фосфора в кристаллах приурочено к центральной части скелетных кристаллов (их размер 200–300 мкм), заключающих внутри себя фрагменты вулканического стекла. Распределение фосфора в кристаллах было получено картированием интенсивности К-линии характеристического рентгеновского излучения для кристаллов из образца лавы (рис. 1). Зоны с повышенной концентрацией фосфора (шириной до 15 мкм) протягиваются от центра зерен вдоль направлений вер-

шинного роста. К краю параллельно зонам реберного и гранного роста концентрация фосфора снижается. Во внешних частях кристаллов распределение фосфора проявляет осцилляционную зональность, характеризующуюся небольшими вариациями его содержания. Вариация содержания фосфора по электронно-зондовым анализам в разных зонах составляет от 0.04 до 0.48 мас.% P_2O_5 (табл. 1). Содержание фосфора до 0.5% описано только в отдельных зонах кристаллов оливина вулканических пород Мануа-Кеа (Гавайи) и Горгона (Колумбия) (Welsch et al., 2014; Millman-Barris et al., 2008). Содержание фосфора до 0.15 мас.% P_2O_5 описано для многих интрузивных массивов (Минералы... 1972).

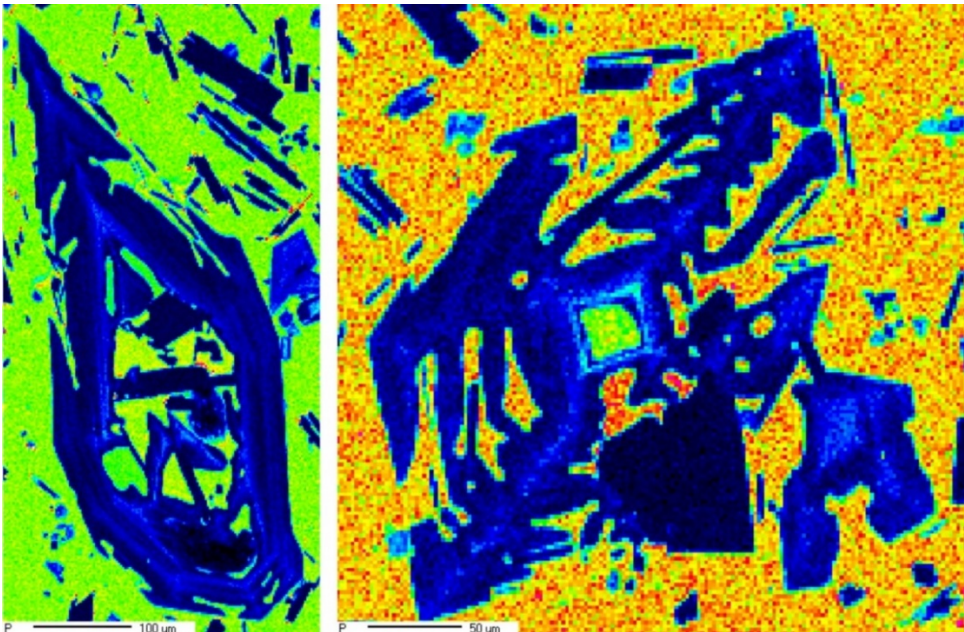


Рис. 1. Карты распределения характеристического рентгеновского излучения P фрагментов образца лавы со скелетными кристаллами оливина.

Кристаллы оливина находятся в стекловатой основной массе с небольшим количеством микролитов оливина, плагиоклаза и титаномagnetита. Вулканическое стекло содержит 0.63–1.2 мас.% P_2O_5 (Plechov et al., 2015).

Оливин в лаве характеризуется диапазоном Mg# (соотношение Mg/(Mg+Fe) в ф.е.) от 70 до 73. Содержание P_2O_5 в оливине из образца лав закономерно увеличивается от 0.06 при Mg#=73 до 0.48% при Mg#=70, причем по мере уменьшения Mg# дисперсия концентрации фосфора возрастает. Сходным образом ведут себя Ca, Al и Ti: CaO растет от 0.14 до 2.63%, Al_2O_3 – от 0.01 до 0.83%, TiO_2 – от 0.01 до 0.22% при уменьшении содержания форстеритового минала. Концентрация Ni и Cr снижается, а содержание Mn закономерно растёт.

Кристаллы оливина в тefре (образец NK13-2) характеризуются соотношением Mg#=71.5–75.2. Содержание P_2O_5 лежит в компактном диапазоне 0.02–0.1, неравномерного распределения фосфора не наблюдается, несмотря на очевидные признаки скелетного роста. Содержание Ca, Al, Ti также характеризуется относительно небольшими вариациями и отсутствием корреляции с содержанием форстеритового минала. Поведение Ni, Mn и Cr в оливине из лавы и тefры принципиально не отличается (рис. 2).

В целом оливин из лавы характеризуется меньшим содержанием форстеритового минала и продолжает кристаллизационный тренд в тefрах. В отличие от оливина в тefре, в лаве содержание элементов примесей значительно меняется с магнeзиальностью.

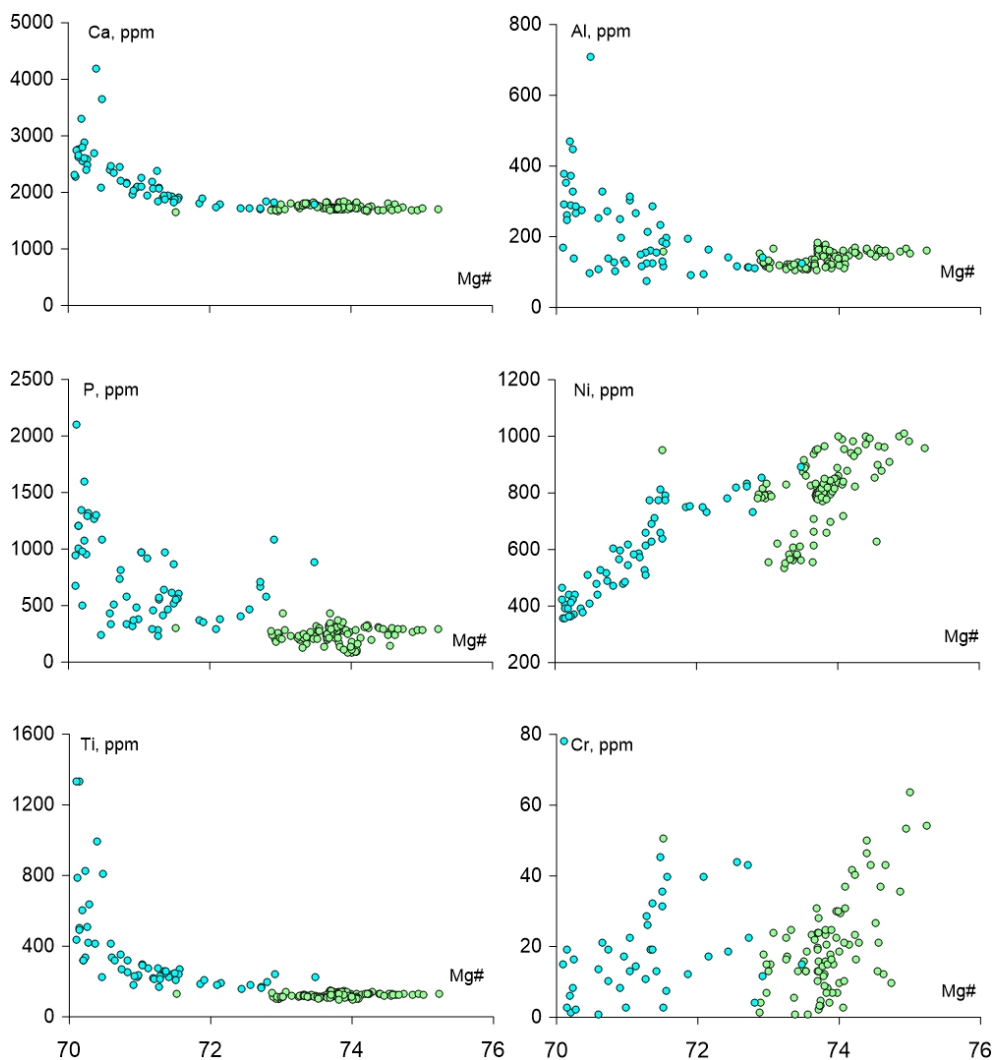


Рис. 2. Бинарные диаграммы состава кристаллов оливина из вулканических продуктов извержения вулкана Толбачик 2013 года (голубые символы – лавы, зеленые – тefры).

Различие в составе оливина из тефры и лавы позволяет утверждать, что описанные скелетные кристаллы с повышенным содержанием фосфора растут непосредственно в лавовом потоке, поскольку: 1) состав оливина из лавы продолжает кристаллизационный тренд оливина из тефры и практически с ним не перекрывается, 2) оливин из лавы значительно обогащен примесями P, Al, Ca и Ti по сравнению с оливином из тефры.

подавляющее большинство исследователей (Millman-Barris, 2008; Bouvet de Maisonneuve et al., 2016) связывает вхождение значимого количества фосфора в структуру оливина с быстрым неравновесным ростом кристаллов и ассоциирует со скелетным ростом кристаллов (Welsch et al., 2014).

Формирование обогащенных фосфором зон в скелетных кристаллах происходит в ходе течения лавового потока за счет быстрого роста, что приводит к обогащению оливина несовместимыми

с ним элементами ($K_D < 1$) за счет увеличения их концентрации в граничном слое растущего кристалла. Никель, распределяющийся преимущественно в оливин, напротив, демонстрирует обратное поведение: быстрое снижение концентрации с падением магнезиальности.

Формирование описанной зональности происходит в ходе течения лавовых потоков (от первых часов до нескольких дней, по оценке Plechov et al., 2015), что позволяет предположить, что зональность не претерпела значительного диффузионного перераспределения, а текущее распределение элементов, таким образом, представляет собой первичную ростовую зональность.

Источник финансирования. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-35-60113

Список литературы:

Минералы. Справочник (1972) Том 3. Выпуск 1. М.: Наука. С. 181–183.

de Maisonneuve C.B., Costa F., Huber C., Vonlanthen P., Bachmann O., Dungan M.A. (2016) How do olivines record magmatic events? Insights from major and trace element zoning. // Contrib. Mineral. Petrol. Vol. 171. № 6. P. 56.

Millman-Barris M.S., Beckett J.R., Baker M.B., Hofmann A.E., Morgan Z., Crowley M.R., Vielzeuf D., Stolper E. (2008) Zoning of phosphorus in igneous olivine. // Contrib. Mineral. Petrol. Vol. 155. № 6. P. 739–765.

Plechov P., Blundy J., Nekrylov N., Melekhova E., Shcherbakov V., Tikhonova M.S. (2015) Petrology and volatile content of magmas erupted from Tolbachik Volcano, Kamchatka, 2012–13 // Journ. Volcanol. Geotherm. Res. Vol. 307. P. 182–199.

Welsch B., Hammer J., Hellebrand E. (2014) Phosphorus zoning reveals dendritic architecture of olivine. // Geol. Vol. 42. № 10. P. 867–870.