

Магнитные свойства базальтов вулкана Ключевской

Гирина Ольга Алексеевна, кандидат геолого-минералогических наук
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (г. Петропавловск-Камчатский)

Баженов Евгений Витальевич, выпускник

Камчатский государственный университет им. В. Беринга (г. Петропавловск-Камчатский)

Введение

Вулкан Ключевской - один из самых активных вулканов мира. На его долю приходится почти половина ювенильного материала, поступающего на поверхность земли в пределах Курило-Камчатской вулканической области. Ключевской вулкан образовался 6-7 тыс. лет назад, он представляет собой стратовулкан центрального типа, осложненный многочисленными шлаковыми конусами [10].

Авторами в 2011 г. были обследованы лавы вулкана Ключевской извержений 1945, 1946, 1956 гг. и древнего лавового потока; с помощью полевого прибора Каппаметр КТ-6 (SatisGeo) была измерена их магнитная восприимчивость.

По химическому составу изученные породы, согласно [4] относятся к высокоглиноземистым базальтам (52,5-54,1 вес. % SiO_2 ; 18,0-20,4 вес. % Al_2O_3 ; 2,5-4,5 вес. % MgO ; анализ пород выполнен в АЦ ИВиС ДВО РАН).

Краткое описание объектов исследования

Прорывы Вернадского и Крыжановского. В 1956 г. извержение началось 27 июля на высоте 1360 м н.у.м. и продолжилось 5 дней [3, 10]. Шлаковых конусов, отмечавшихся обычно при других побочных прорывах, здесь не было. Извержение было почти полностью эффузивным. Площадь лавового потока оценивается как $0,7 \text{ км}^2$, при мощности 10-15 м объем лавы - $0,008 \text{ км}^3$ [10].

Лавы потока прорыва им. В.И. Крыжановского по составу относятся к высокоглиноземистым базальтам. Порода имеет явно выраженную порфиристую структуру, во вкраплениях преобладает плагиоклаз, имеется клинопироксен и оливин. Основная масса сложена микролитами тех же минералов, преобладает плагиоклаз и вулканическое стекло [10].

Прорыв Апахончич. В 1946 г. извержение началось 23 октября в 22 ч мест. вр. на юго-восточном склоне Ключевского на высоте 1500 м н.у.м. и продолжалось 29 дней [8, 9, 10]. Площадь лавового потока оценивается как $2,4 \text{ км}^2$, при мощности 15 м объем лавы - $0,04 \text{ км}^3$ [10].

Лавы потока Апахончича по составу относятся к высокоглиноземистым базальтам. Отмечается резко неоднородная порфиристая структура лав. Порфиристые вкрапления представлены плагиоклазом и пироксеном размером от 0,1 до 1,0 мм (до 25 - 40 %). Характерной особенностью вкрапленников плагиоклазов является их зональность, что подчеркивается концентрическими зонами, обогащенными участками стекла. Основная масса породы представлена тонкокристаллическим агрегатом, состоящим из темного стекла, в которое погружены мельчайшие микролиты плагиоклазов, кристаллы пироксенов и рудного минерала [10].

Прорыв Юбилейный. В 1945 г. извержение началось 19 июня в 15 ч 06 мин мест. вр. на юго-восточном склоне Ключевского на высоте 1000-1400 м н.у.м. и продолжалось 19 дней [9, 10]. На протяжении около 2 км по линии СЗ 320° расположились четыре продолговатых кратера, из которых верхние три почти сливаются друг с другом (второй кратер - им. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга), и шлако-

лавовый конус (им. А.Н. Заварицкого), из которого излился лавовый поток длиной 5,5 км, шириной около 600 м и мощностью 10 м [9]. Площадь лавового потока оценивается как $3,0 \text{ км}^2$, при мощности 20 м объем лавы - $0,06 \text{ км}^3$ [10].

Лавы потока конуса им. А.Н. Заварицкого по составу относятся к глиноземистым базальтам. Макроскопически это темно-серая порода, богатая мелкими вкраплениями плагиоклаза, содержит очень мало желтых мелких зернышек оливина и темно-зеленого клинопироксена. Пор немного, они мелкие, неправильной формы. Под микроскопом лава имеет серийно-порфиристую структуру, отмечается большое количество клинопироксена [9, 10].

Породы древнего лавового потока (в створе между прорывами Юбилейный и Апахончич) сложены глиноземистыми базальтами. Макроскопически это светло-серая порода, богатая мелкими вкраплениями пироксена и оливина. Структура порфиристая. Вкрапленники пироксена в основном размером 0,5 мм, но встречаются отдельные зерна до 3,0 мм. Вкрапления оливина имеют размерность до 4,0 мм. Плагиоклаз присутствует в мельчайших зернах.

Исходя из анализа химического состава изученных пород вулкана Ключевской, хотя все они относятся к глиноземистым базальтам, лавы конуса Крыжановского обладают немного повышенной щелочностью, древнего потока - магнезиальностью.

Характеристика магнитной восприимчивости базальтов вулкана Ключевской

Магнитная восприимчивость (χ) характеризует способность породы намагничиваться под воздействием магнитного поля земли [2]. Ее величина зависит от петрофизических свойств пород - их химического и минерального состава, структурно-текстурных особенностей. Наибольшее влияние на χ оказывает содержание в породе пара- и ферромагнетиков, в данном случае, темноцветных минералов, в особенности магнетита, - чем выше содержание и размер темноцветных минералов, тем выше магнитная восприимчивость пород. В литературе имеется не так много данных о величине магнитной восприимчивости пород Ключевского вулкана [1, 5-7]. Опубликованные значения χ , часто осредненные, без указания места отбора, полученные при измерениях различными приборами порошков или штуффов базальтов, сложно сравнивать. И все же после пересчета данных из CGSM в СИ (по формуле из работы [2]) диапазон изменения величины магнитной восприимчивости пород Ключевского вулкана имеет сходство с нашими результатами, например: от $14,5$ до $55,6 \cdot 10^3$ ед. СИ (11 образцов) из работы [7], в среднем $8,1 \cdot 10^3$ ед. СИ (76 образцов) из работы [6]. Величина магнитной восприимчивости базальтов вулкана Ключевской, полученная нами в полевых условиях, варьируется в основном от 10 до $35 \cdot 10^3$ ед. СИ (при разбросе значений от 9 до $54 \cdot 10^3$ ед. СИ), и, в среднем, составляет $20 \cdot 10^3$ ед. СИ (207 замеров) (таблица, рис. 1). Хотя лавы по петрографическим характеристикам похожи друг на друга, значения магнитной восприим-

чивости базальтов лавовых потоков конусов Заварицкого и Апахончича несколько повышены относительно других пород. Наибольшими значениями магнитной восприимчи-

вости обладают лавы средней части лавового потока конуса Заварицкого и фронта потока Апахончича, наименьшими – лавы кратера Левинсона-Лессинга (таблица).

Таблица. Величина магнитной восприимчивости пород вулкана Ключевской

Возраст пород	Место отбора пород	$\chi \cdot 10^3$ ед. Си
1956, прорыв им. В.И. Крыжановского	середина потока	11.70 – 39.70 20.7 (22)
1956, прорыв им. В.И. Крыжановского	фронт потока	10.9 – 35.1 17.0 (32)
1946, прорыв Апахончич	середина потока	10.4 – 22.2 16.4 (22)
1946, прорыв Апахончич	фронт потока	14.0 – 52.0 23.5 (27)
1945, прорыв Юбилейный, кратер им. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга	лавы кратера	9.2 – 19.4 15.7 (14)
1945, прорыв Юбилейный, конус им. А.Н. Заварицкого	исток потока	12.3 – 29.7 20.9 (9)
1945, прорыв Юбилейный, конус им. А.Н. Заварицкого	середина потока	17.4 – 54.1 28.9 (68)
не определен	древний лавовый поток	13.7 – 19.5 17.2 (13)
	изученные породы	9.2 – 54.1 20.0 (207)

Примечание. В числителе – диапазон изменения величины магнитной восприимчивости базальтов; в знаменателе – среднее значение, в скобках – количество измерений.

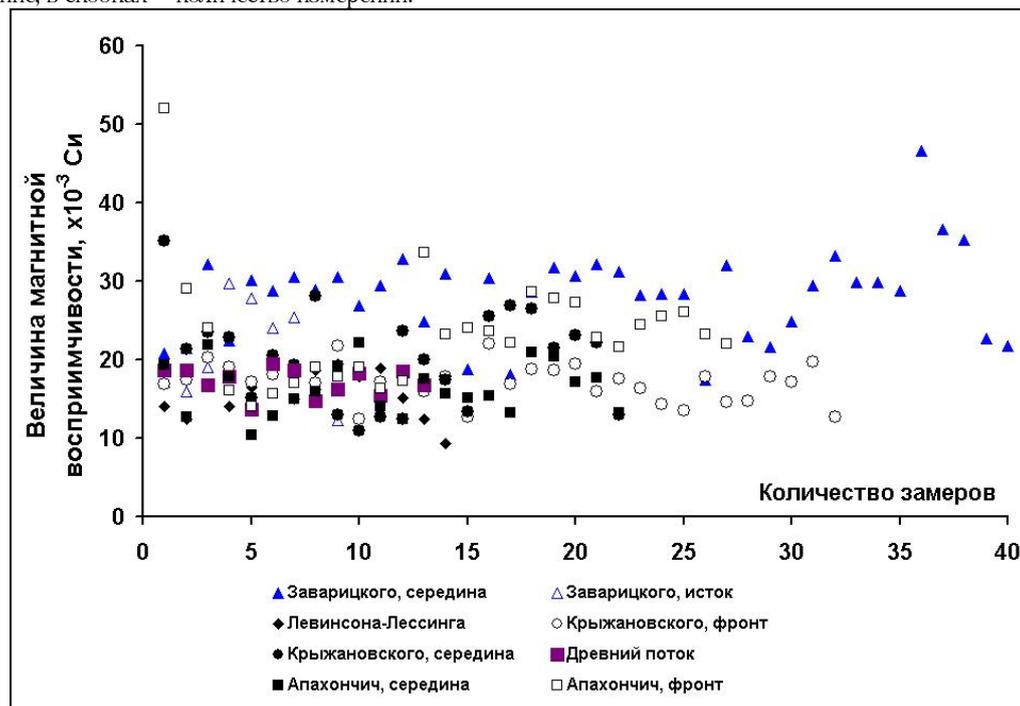


Рис. 1. Величина магнитной восприимчивости изученных лав вулкана Ключевской

Как показал Б.И. Пийп [9], по мере развития извержения 1945 г. (Юбилейный прорыв) и излияния лавового потока происходило увеличение количества вкрапленников в базальтах; в начальную стадию извержения, кроме плагиоклаза, кристаллизовался гиперстен и более железистые разновидности оливина и клинопироксена; ближе к окончанию извержения гиперстен отсутствовал, оливин стал более магнезиальным. Известно, что повышение магнезиальности лав приводит к увеличению величины магнитной восприимчивости [6]. Для продолжительных извержений вулкана Ключевской вышеуказанным можно объяснить более высокие значения магнитной восприимчивости лав в сред-

ней части лавового потока по сравнению с его истоком конуса Заварицкого (19 дней, длина потока 5.5 км) и лав фронтальных частей потока по сравнению с его средней частью конуса Апахончич (29 дней, длина потока 10 км) (таблица). Для лав прорыва Крыжановского (5 дней, длина потока 1 км), в силу краткости события, и незначительного изменения количества вкрапленников в лавах в процессе извержения, диапазон изменения величины магнитной восприимчивости базальтов в середине и на фронте лавового потока примерно одинаков.

Наименьшие значения величины магнитной восприимчивости характерны для лав кратера Левинсона-Лессинга

(прорыв Юбилейный) (кирпично-красный агломинат, состоящий из спеченного взрывчатого материала - бомб, шлака и пепла [9]) и древнего лавового потока (таблица). Возможно, это связано, с одной стороны, с окислением первичных лав 1945 г., с другой стороны, с существенным преобразованием вещественного состава древних лав по мере их формирования в течение извержения.

Заключение

Диапазон изменения величины магнитной восприимчивости изученных базальтов вулкана Ключевской варьи-

руется в основном от 10 до $35 \cdot 10^3$ ед. Си (при разбросе значений от 9 до $54 \cdot 10^3$ ед. Си), в среднем, составляет $20 \cdot 10^3$ ед. Си (207 замеров).

Хотя лавы по петрографическим характеристикам похожи друг на друга, значения магнитной восприимчивости базальтов лавовых потоков конусов Заварицкого и Апахончича несколько повышены относительно других изученных пород в связи с содержанием в них большего количества и размера вкрапленников темноцветных минералов.

Литература:

1. Альпова О.М. Некоторые данные о физических свойствах вулканических пород района Ключевской группы вулканов // Бюлл. вулканол. станции. 1967. № 43. С. 56-62.
2. Вахромеев Г.С., Ерофеев Л.Я., Канайкин В.С., Номоконова Г.Г. Петрофизика. Томск: ТГУ. 1997. 461 с.
3. Горшков Г.С. Извержение новых побочных кратеров Ключевского вулкана летом 1956 г. // Бюлл. вулканол. станции. 1958. № 27. С. 25-39.
4. Кирсанов И.Т., Марков И.А. Эволюция базальтов в процессе формирования Ключевского вулкана // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука. 1979. С.80-96.
5. Ладыгин В.М., Никитин В.Н. О некоторых особенностях свойств молодых эффузивов Камчатки // Вестник МГУ. Серия 4. Геология. 1980. № 5. С. 81-86.
6. Ладыгин В.М., Фролова Ю.В. Особенности петрофизических свойств эффузивов Ключевского вулкана // Вулканология и сейсмология. 2002. № 3. С. 28-34.
7. Мархинин Е.К., Пугач В.Б. О магнитной восприимчивости вулканических пород Камчатки и Курильских островов // Бюлл. вулканол. станции. 1962. № 33. С. 44-46.
8. Набоко С.И. Новый побочный кратер Ключевского вулкана, прорвавшийся 23 октября 1946 г. // Бюлл. вулканол. станции. 1949. № 16. С. 12-16.
9. Пийп Б.И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944-45 гг. и в прошлом // Труды лабор. вулканол. Вып. 11. М. Изд-во АН СССР. 1956. 312 с.
10. Хренов А.П., Двигало В.Н., Кирсанов И.Т., Федотов С.А. Вулкан Ключевской // Действующие вулканы Камчатки М.: Наука, 1991. С. 106-153.