

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА БАЗАЛЬТОВ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ

Гирина О.А.¹, Баженов Е.В.²

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, girina@kscnet.ru
² Камчатский государственный университет им. В. Беринга, г. Петропавловск-Камчатский

Во время полевых работ были исследованы базальты вулкана Ключевской и их магнитные свойства: лавы прорывов Юбилейный (кратера им. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга и конуса им. А.Н. Заварицкого), Апахончич, им. В.И. Крыжановского, а также древнего потока. По химическому и петрографическому составу изученные породы относятся к высокоглиноземистым базальтам, значения магнитной восприимчивости базальтов лавовых потоков конусов Заварицкого и Апахончича несколько повышены относительно других пород.

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].



Рис. 1. Лавы конуса им. В.И. Крыжановского. Фото О.А. Чернягиной.



Рис. 2. Породы прорыва Апахончич. Фото О. А. Чернягиной.

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. % SiO₂; 18.0-20.4 вес. % Al₂O₃; 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 км², при мощности 10-15 м объем лавы - 0.008 км³ [10].

Лавы потока прорыва им. В.И. Крыжановского по составу относятся к высокоглиноземистым базальтам (рис. 1). Порода имеет явно выраженную порфириковую структуру, во вкрапленниках 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 км², при мощности 15 м объем лавы - 0.04 км³ [10].

Лавы потока Апахончича по составу

относятся к высокоглиноземистым базальтам (рис. 2). Отмечается резко неоднородная порфирировая структура лав. Порфирировые включения представлены плагиоклазом и пироксеном размером от 0.1 до 1.0 мм (до 25 - 40 %). Характерной особенностью включений 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].

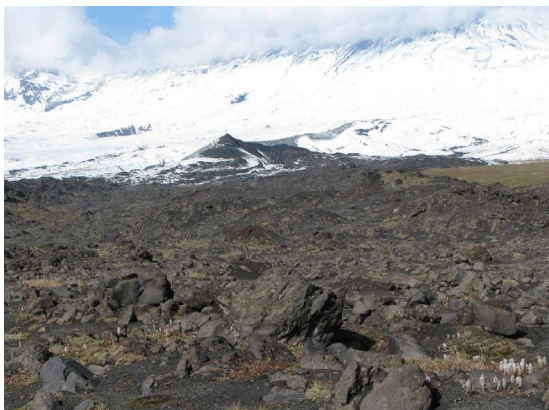


Рис. 3. Породы лавового потока конуса им. А.Н. Заварицкого. Фото О. А. Чернягиной.



Рис. 4. Лавы древнего лавового потока. Фото О.А. Чернягиной.

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 км², при мощности 20 м объем лавы - 0.06 км³ [10].

Лавы потока конуса им. А.Н. Заварицкого по составу относятся к глиноземистым базальтам (рис. 3). Макроскопически это темно-серая порода, богатая мелкими включениями плагиоклаза, содержит очень мало желтых мелких зернышек оливина и темно-зеленого клинопироксена. Пор немного, они мелкие, неправильной формы. Под микроскопом лава имеет серийно-порфирировую 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 включениями пироксена и оливина (рис. 4). Структура порфирировая. Включения пироксена в основном размером 0.5 мм, но встречаются отдельные зерна до 3.0 мм. Включения 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 штуфов 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 55.6·10⁻³ ед. Си (11 образцов) из работы [7], в среднем 8.1·10⁻³ 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. 5). Хотя лавы по петрографическим характеристикам похожи друг на друга, значения магнитной восприимчивости базальтов лавовых потоков конусов Заварицкого и Апахончича несколько повышены относительно других пород. Наибольшими значениями магнитной восприимчивости 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	$\frac{11.70 - 39.70}{20.7}$ (22)
	фронт потока	$\frac{10.9 - 35.1}{17.0}$ (32)
1946, прорыв Апахончич	середина потока	$\frac{10.4 - 22.2}{16.4}$ (22)
	фронт потока	$\frac{14.0 - 52.0}{23.5}$ (27)
1945, прорыв Юбилейный, кратер им. Ф.Ю. Левинсона-Лессинга	лавы кратера	$\frac{9.2 - 19.4}{15.7}$ (14)
1945, прорыв Юбилейный, конус им. А.Н. Заварицкого	исток потока	$\frac{12.3 - 29.7}{20.9}$ (9)
	середина потока	$\frac{17.4 - 54.1}{28.9}$ (68)
не определен	древний лавовый поток	$\frac{13.7 - 19.5}{17.2}$ (13)
	изученные породы	$\frac{9.2 - 54.1}{20.0}$ (207)

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

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 средней 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 несущественного 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 агглютинат, 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.

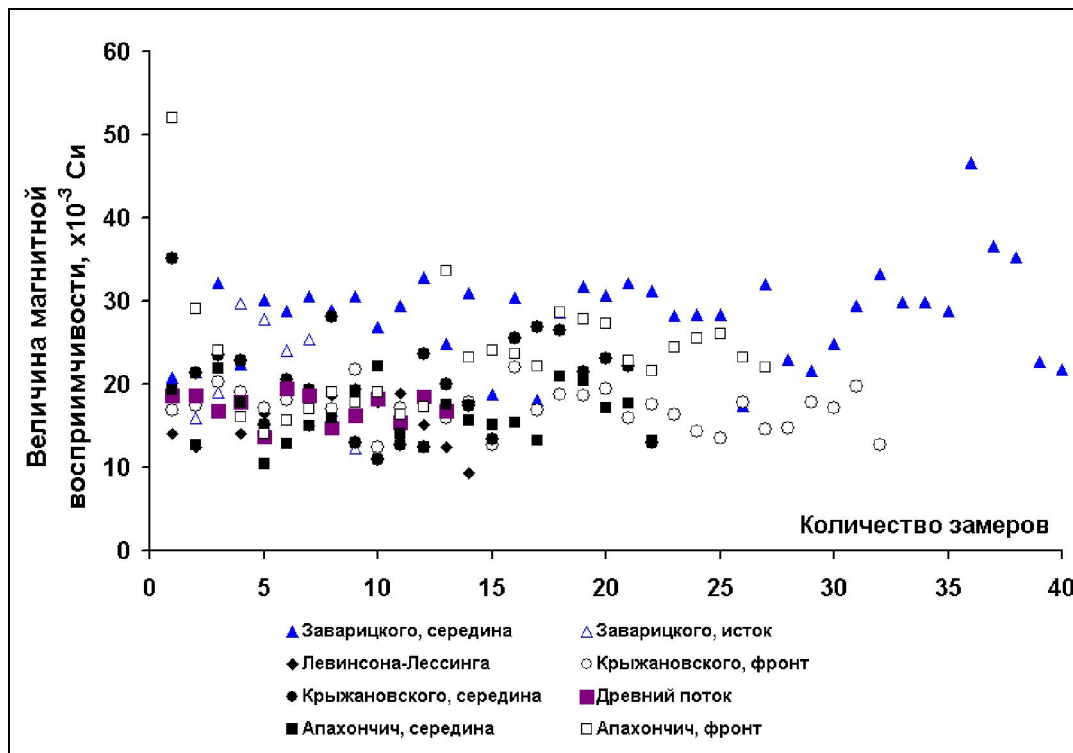


Рис. 5. Величина магнитной восприимчивости изученных лав вулкана Ключевской

Заключение

Диапазон изменения величины магнитной восприимчивости изученных базальтов вулкана Ключевской варьируется 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.

Список литературы

1. Алыпина 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.