

Петромагнетизм базальтов вулкана Алаид

В.А. Рашидов¹, А.Н. Диденко², Ю.А. Мартынов³, Г.Б. Флеров¹, Л.П. Аникин¹, М.Ю. Давыдова³

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский; e-mail: rashidva@kscnet.ru

²Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Хабаровск

³Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток

В течение последних 50 миллионов лет активность вулканических и сейсмических процессов на северо-восточной окраине Евразийского континента определяется субдукцией Тихоокеанской океанической плиты под континентальные – Северо-Американскую, Евразийскую, Амурскую и субконтинентальную Охотоморскую. Спорадически эти процессы приобретали и будут, с большой вероятностью, приобретать катастрофический характер, являясь спусковыми механизмами для других не менее опасных катастрофических явлений – цунами, оползней, лавин и др. С учетом этого, комплексное геолого-геофизическое изучение субдукционного вулканизма, создание «паспорта» каждого вулкана и разработка единой системы наблюдений за катастрофическими природными явлениями в островодужных системах является задачей важной не только в научном, но и в социальном плане.

Особое положение в этом регионе занимает Курильская островная дуга, где насчитывается не менее 36 действующих наземных вулканов [8, 11, 16, <http://www.imgg.ru/ru/teams/svert>]. Один из них и, возможно, наиболее интересный и слабоизученный – долгоживущий вулканический центр Алаид, самый высокий (2339 м) и самый северный вулкан Большой Курильской гряды, расположен в ее тыловой зоне на о. Атласова. Среди пород, слагающих постройку этого вулкана, доминируют пироксен-плагиоклазовые и плагиоклазовые высокоглиноземистые базальты с повышенной щелочностью. В весьма ограниченном количестве встречаются авгит-оливиновые андезитобазальты. Базальты побочных конусов, однотипны по химическому и минералогическому составам [1, 2, 5, 11-13, 15, 17 и др.]

Геофизические исследования на вулкане Алаид проводились в ограниченном объеме при изучении прорыва Олимпийский. Электроразведочными работами установлено, что поверхностный горизонт вулканических шлаков на этом участке о. Атласова подстилается почвенным слоем и терригенным вулканическим материалом, под которым залегает древний лавовый поток, сложенный пироксен-оливиновыми базальтами [10]. Магнитная восприимчивость здесь изменяется в широких пределах [6, 7].

Выполненная модульная магнитная съемка побочных конусов вулкана Алаид показала сложно дифференцированную структуру аномального магнитного поля [3, 4]. Размах аномалий, приуроченных к этим структурам, достигает почти 11 мТл, а горизонтальный градиент поля – 250 нТл/м. Работы по изучению аномального магнитного поля сопровождались измерением у небольшого количества образцов магнитной восприимчивости.

Для количественной интерпретации материалов магнитной съемки побочных конусов вулкана Алаид необходимы кондиционные сведения о петромагнитных свойствах горных пород, слагающих эти постройки и прилегающие участки о. Атласова. Для этого в рамках интеграции трех институтов Дальневосточного отделения Российской академии наук: Института вулканологии, Дальневосточного геологического института и Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина были проведены комплексные петро-геохимические и петромагнитные исследования базальтов, слагающих побочные конуса и лавовые потоки в различных частях вулкана

Алаид.

Были изучены 40 образцов базальтов исторического возраста латеральных извержений 1933-34 гг. (побочный вулкан Такетоми) и 1972 г. (прорыв Олимпийский), терминального извержения 1981 г., бухт Баклан и Алаидская, а также базальты лавовых потоков в районе сейсмостанции «Алаид».

Исследования включали измерение и анализ ряда стандартных магнитных характеристик [9]: начальной магнитной восприимчивости (k), естественной остаточной намагниченности (NRM), фактора Кенигсбергера (Q_n), величин намагниченности насыщения (I_s), остаточной намагниченности насыщения (I_{rs}) и их отношения, коэрцитивной силы (H_c), остаточной коэрцитивной силы (H_{cr}) и их отношения. Среднестатистические петромагнитные характеристики изученных образцов базальтов приведены в таблице.

Таблица. Среднестатистические петромагнитные характеристики базальтов вулкана Алаид

	NRM, A/m	k , ед. СИ	Q_n	J_s , A/m	I_{rs}/I_s	H_c , Тл	H_{cr}/H_c
n	40	40	40	40	40	40	40
минимум	0,726	0,001	0,4	109	0,063	0,005	1,510
максимум	63,067	0,072	59,4	5930	0,575	0,037	5,050
среднее арифметическое	14,237 $\pm 12,545$	0,029 $\pm 0,019$	16,1 $\pm 13,7$	2880 ± 1683	0,206 $\pm 0,099$	0,016 $\pm 0,009$	2,720 $\pm 0,897$
среднее геометрическое	9,803	0,022	11,0	2168	0,184	0,014	2,595
медиана	10,907	0,025	10,7	2565	0,196	0,015	2,440

Графики распределения практически всех измеренных и рассчитанных параметров имеют логнормальный вид с размахом значений более чем на полтора порядка, среднее арифметическое во всех без исключения случаях больше и среднего геометрического, и медианного значений (таблица). Величины всех безнагревных петромагнитных параметров данной коллекции мало отличаются от аналогичных характеристик большинства малоизмененных базальтов земной литосферы, как океанских, так и материковых, что предполагает в общем единые условия генерации ферримагнитной фракции, присутствующей в них.

Фактор Q_n в подавляющем большинстве случаев больше 1 (за исключением одного образца из 40) при среднем 16 (таблица), что свидетельствует о преобладании остаточной намагниченности над индуктивной практически у всех продуктов исторических извержений. Следовательно, аномальное магнитное поле здесь определяется, в первую очередь, остаточной намагниченностью.

Величина I_{rs}/I_s , в среднем более 0,2 (таблица), говорит о том, что мы имеем дело, в основном, с однодоменными и псевдооднодоменными зёрнами титаномагнетита. Об этом свидетельствует и расположение фигуративных точек анализов на диаграмме $H_{cr}/H_c - I_{rs}/I_s$ [14].

Корреляционная зависимость между начальной магнитной восприимчивостью и намагниченностью насыщения, характеризующая в определенной мере единый источник образования титаномагнетитов в магме, очень сильна – коэффициент корреляции Пирсона равен +0,92, что свойственно базальтам современных океанов и островных дуг, а также офиолитов [9].

Корреляционные зависимости между другими петромагнитными характеристиками существенно хуже, но все же некоторые из них демонстрируют

положительную или отрицательную связь на уровне 99% вероятности: 1) коэффициент корреляции Пирсона для Q_n -NRM и Q_n -k равен +0,51 -0,46, соответственно; 2) кроме упомянутой выше корреляционной связи между k и I_s , последняя имеет отрицательную (-0,42) связь с Q_n ; 3) значимые корреляционные связи имеет параметр I_{rs}/I_s - отрицательные с k (-0,64) и I_s (-0,68) и положительную с Q_n (+0,65); 4) коэрцитивная сила имеет значимые корреляционные связи - отрицательные с k (-0,68) и I_s (-0,57) и положительную с Q_n (+0,74) и I_{rs}/I_s (0,60). Наличие таких корреляционных связей между петромагнитными параметрами, зависящими в разной степени от концентрационных и структурных особенностей минералов-носителей магнетизма, свидетельствует об однородности исследованного материала, хотя были опробованы различные структуры. В настоящее время проводятся терромагнитный и микронзондовый анализы для выяснения составов магнитных минералов.

Важным дополнением палеомагнитных данных являются минералогические и изотопно-геохимические исследования, с использованием данных полученных на современной элементной базе в аналитических центрах ДВО и СО РАН. В настоящее время эта информация находится в процессе систематизации и обработки.

В заключении необходимо отметить, что полученные данные, несомненно, будут востребованы как для количественной интерпретации материалов магнитных съемок побочных конусов вулкана Алаид, так и для изучения соотношения наземного и подводного вулканизма в пределах Курильской островной дуги, а также катастрофических явлений, нередко возникающих в этом регионе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 18-05-00041 и 18-05-00410), петромагнитные исследования выполнены в ИТиГ ДВО РАН в рамках проекта РНФ (№ 16-17-00015).

Список литературы

1. *Абдурахманов А.И., Пискунов Б.Н., Смирнов И.Г., Федорченко В.И.* Вулкан Алаид (Курильские острова) // Восточно-Азиатские островные системы (тектоника и вулканизм). Южно-Сахалинск, 1978. С. 85-107.
2. *Авдейко Г.П., Хренов А.П., Флеров Г.Б. и др.* Извержение вулкана Алаид в 1972 г. // Бюллетень вулканологических станций. 1974. № 50. С. 64-80.
3. *Аникин Л.П., Блох Ю.И., Долгаль А.С. и др.* Геомагнитные исследования побочных извержений острова-вулкана Алаид (о. Атласова, Курильская островная дуга) // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: материалы 43-й сессии Международного научного семинара им. Д. Г. Успенского (г. Воронеж, 26 января -30 января 2016 г.). Воронеж: ООО ИПЦ «Научная книга», 2016. С. 14-16.
4. *Аникин Л.П., Блох Ю.И., Долгаль А.С. и др.* Геомагнитные исследования конуса Лава (о. Атласова, Курильские острова) // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: материалы 45-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского, Казань, 22–26 января 2018 года. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. С. 80-81.
5. *Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.
6. *Корнев О.С.* Геомагнитные образования в различных структурно-геологических условиях. Владивосток: ДВО РАН, 1992. 214 с.
7. *Корнев О.С., Шкуть Г.И.* О магнитной восприимчивости горных пород северной части Курильской дуги // Геофизические поля островных дуг Востока Азии. Владивосток, 1979. С. 45-50.
8. Новейший и современный вулканизм на территории России / Отв. ред. Н.П. Лавров. М.: Наука, 2005. 604 с.
9. *Печерский Д.М., Диденко А.Н.* Палеозойский океан: петромагнитная и палеомагнитная информация о его литосфере / М.: ОИФЗ РАН, 1995. 298 с.
10. *Смирнов В.С., Хренов А.П.* Особенности геоэлектрического разреза вулканогенных отложений в районе прорыва Олимпийский (вулкан Алаид) // Бюллетень вулканологических станций. 1977. № 53. С. 61-64.
11. *Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И.* Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 237 с.

12. Флеров Г.Б., Иванов Б.В., Андреев В.Н., и др. Вещественный состав продуктов извержения вулкана Алаид в 1981 г. // Вулканология и сейсмология. 1982. № 6. С. 29-43.
13. Флеров Г.Б., Хренов А.П., Петрова В.В. Пемзовые и пемзовидные включения в базальтах четвертичных вулканов Камчатки и Курил (первичная природа, состав и процессы пироматаморфизма) // Включения в вулканических породах Курило-Камчатской островной дуги / Отв. ред. Б.Г. Лутц, К.Н. Рудич, В.А. Ермаков. М.: Наука, 1978. С. 200-218.
14. Kuno H. Petrology of Alaid Volcano, North Kurile. Japanese Journal of Geology and Geography. 1935. Vol. 12. 153-162.
15. Day R., Fuller M., Schmidt V.A. Hysteresis properties of titanomagnetites: Grain size and composition dependence // Phys. Earth Planet. Inter. 1977. Vol. 13. P. 260-267.
16. Siebert L., Simkin T., Kimberly P., Volcanoes of the World. Berkeley: University of California Press, 2010. 568 p.
17. Tanakadate H., Kuno H. The volcanological and petrographical note of the Taketomi Islet in the Kuriles // Proc. of the Imper. Acad. 1935. Vol. 11. № 4. P. 155-157.