

**ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД ЭЛЬБРУССКОГО
ВУЛКАНИЧЕСКОГО ЦЕНТРА (ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)**
Жариков А.В. (ИГЕМ РАН), Витовтова В.М (ИЭМ РАН), Гурбанов А.Г. (ИГЕМ РАН)
vil@igem.ru; факс: +7(495) 951-15-87; тел.: +7(499) 230-84-40)

Ключевые слова: Эльбрусский вулканический центр, скорости фильтрации индивидуальных газов, пористость, проницаемость

На склоне Эльбруса были обнаружены «столбы» ярко белого свечения, высотой до 100-150 м (рис. 1), которые появились в солнечную погоду и наблюдались в течение 2^х часов над тепловой аномалией №2А (рис. 2) и около 40 минут, под Восточным вершинным кратером.



Рис.1. Столб свечения под ледником Малый Азау, напротив станции канатной дороги «Мир». Фото Цукановой Л.Е.

На земной поверхности проекции магматических камер проявляются в виде тепловых аномалий, устойчивых в течение последних 10 лет [1]. Наличие под ними эндогенных источников тепла, в виде расплава, доказано данными магнитотеллурического [2] зондирования, и гравиметрическими исследованиями (данные А.В. Копаева, ГАИШ МГУ). Глубины залегания кровель этих камер варьируют от 2^х до 4^х км, а подошв – 8-10 км.

Температура находящегося в них расплава оценена в 1100-1170° С [3] на основании изучения расплавных включений в породообразующих кварце и плагиоклазах. Кроме периодически возникающих, над тепловыми аномалиями (в периоды активизации расплава в камерах), «столбов» ярко-белого свечения, над ними образуются аэрозольные «облака» и потоки водорода (данные геолитарной и водородной съемок [4], рис. 2). Отчетливо выраженный на рис. 2. пик концентрации водорода совпадает с местом выхода «столба» ярко-белого свечения.

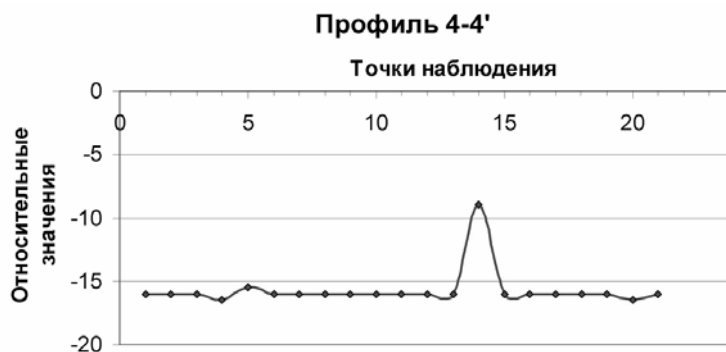


Рис.2. Профиль со значениями концентраций водорода от станции «Мир» в сторону ледника Малый Азау. Пик в месте появления «столба» свечения

Для выяснения принципиальной возможности дегазации расплава через поры и микротрещины в вулканитах, залегающих над камерами, были изучены плотность, пористость и проницаемость образцов основных типов пород, слагающих Эльбрусский вулканический центр. Полученные результаты приведены в табл. 1. Плотность и пористость образцов определены традиционным методом гидростатического взвешивания, а проницаемость - нестационарным методом, модифицированным с учетом изменения термодинамических свойств фильтрующегося газа [5].

Плотность массивных лав больше, чем пирокластических пород, а пористость и проницаемость, напротив, – меньше. В пределах каждой из этих групп пород плотность и пористость изменяются незначительно (плотность до 1.3 раза, пористость до 4.7 раза), а изменения проницаемости более существенны: до 5 десятичных порядков среди массивных лав и до 3х в пирокластических породах.

Среди массивных лав очень низкими значениями пористости и проницаемости характеризуются трахиандезиты, а низкими значениями проницаемости при достаточно высокой пористости - андезитобазальты. Трахиандезиты, как андезитобазальты является докальдерными образованиями, излившимися до образования современной вулканической постройки Эльбруса [6]. На этом основании сделан вывод о том, что проницаемость пород докальдерного этапа формирования Эльбрусского вулканического центра значительно (на несколько десятичных порядков) меньше чем у дацитовых лавовых потоков кальдерного и посткальдерного этапов. Пористость дацитов изменяется в 4.6 раза (2.3 – 10.80 %), а проницаемость в 76 раз ($1.24 \cdot 10^{-17}$ – $2.88 \cdot 10^{-16}$ м²). Значения величин этих параметров разбросаны относительно равномерно в интервале от минимального до максимального. Поэтому, было не корректно вычислять и приводить здесь средние значения этих параметров и дисперсии. Те же закономерности поведения пористости и проницаемости наблюдаются у пирокластических пород. Для них характерны изменения пористости в несколько раз, проницаемости – на несколько порядков, а значения этих параметров разбросаны по всему интервалу. Среди этих пород игнимбриты (обр. 635) выделяются аномально низкой проницаемостью, а обр. 33-2/99 - низкой пористостью. Отметим, что если даже исключить эти образцы из выборки, то общая картина не изменится.

Между плотностью и пористостью, как в пределах всей выборки, так и в пределах каждой из групп пород, имеется устойчивая обратная корреляция (значение коэффициента корреляции - 0.90). Корреляция между пористостью и проницаемостью, отсутствует как в пределах всей выборки, так и в каждой из групп пород. Это свидетельствует о том, что, несмотря на высокие значения пористости, крупные изометричные поры, наблюдающиеся в образцах некоторых дацитовых потоков, не сильно влияют на проницаемость массивных лав. Последняя, в дацитовых лавах, определяется не порами, а микротрещинами, а в пирокластических породах - порами и трещинами. Причины такого поведения пористости и проницаемости, очевидно, зависят от особенностей текстур и микроструктур пород.

Результаты петрофизических исследований были использованы для оценки скоростей фильтрации индивидуальных газов: He, Ar, Cl₂, F₂, H₂S, CO₂, H₂, O₂, H₂O. При расчетах были использованы следующие допущения. Фильтрация в вертикальном направлении, подчиняющаяся закону Дарси [7], происходит через поровое пространство горизонтальных слоев, представляющих основные типы пород Эльбрусского вулканического центра (снизу вверх по разрезу: граниты, гнейсы, игнимбриты, дациты, туфы-туфобрекчии-эруптивные брекчии. Для вычислений использованы осредненные значения проницаемости пород Эльбрусского вулканического центра (табл. 1) а также о результаты определений проницаемости гранитов и гнейсов при высоких *PT*-параметрах [8]. Флюидное давление равно литостатическому и изменяется по гидростатическому закону от 0.1 МПа на поверхности до 99.7 МПа на глубине 4000 м [3]. Таким образом, средний градиент давления составляет 0.02 МПа/м. Вязкости индивидуальных газов при соответствующих *PT*-параметрах взяты из [9]. Результаты вычислений показали, что основным параметром, определяющим величины скоростей фильтрации, является проницаемость пород. Значения проницаемости пород, слагающих Эльбрусский вулканический центр, достаточно высокие, поэтому в рассматриваемом разрезе преобладают скорости фильтрации порядка 10^{-5} см/с. В средней части разреза находится слой гнейсов, скорости в котором на два десятичных порядка меньше ($\sim 10^{-7}$ см/с), однако его, мощность, очевидно, не достаточна, чтобы оказать существенное влияние на средние скорости фильтрации во всем разрезе, которые составляют $\sim 10^{-5}$ см/с. Наибольшие значения отмечаются у H₂, CO₂, H₂O. Значения скоростей

фильтрации Ag , F_2 – в два раза меньше. Следует отметить, что значения $\sim 10^{-5}$ – характеризуют очень высокие фоновые скорости. Например, результаты компьютерного моделирования формирования рудообразующих систем, контролируемых глубоко проникающим высокопроницаемым разломом, в [10] показали, что для образования золоторудных месторождений достаточными могут быть и меньшие фоновые скорости фильтрации рудоносных флюидов: порядка $5 \cdot 10^{-8}$ см/с.

Отметим, что образцы вулканических пород для изучения физических свойств специально отбирались вдали от зон активных и кальдерообразующих разломов. Естественно, в современных активных разломах скорости фильтрации значительно выше фоновых. Именно к таким структурам, соединяющим магматические камеры с земной поверхностью, очевидно, и приурочено появление «столбов» ярко-белого свечения (рис. 1), а также аэрозольных «облаков» и аномалий водорода.

Таблица 1

Плотность, пористость и проницаемость образцов основных типов пород
Эльбрусского вулканического центра

Номер образца	Порода	Место отбора	Плотность (г/см ³)	Пористость (%)	Проницаемость (м ²)
2/99	трахиандезит	р.Худес	2.66	0.82	$3.74 \cdot 10^{-21}$
50/8	андезиба-зальт	Тызыльская вулканическая постройка	2.48	8.39	$1.65 \cdot 10^{-18}$
22/4	дацит	Уллукам	2.51	2.30	$4.92 \cdot 10^{-17}$
31/57	дацит	Голоценовый поток в 200 м выше станции «Мир»	2.40	2.63	$9.50 \cdot 10^{-17}$
66/1-6	дацит	Сылтранская вулканическая постройка	2.38	3.63	$2.88 \cdot 10^{-16}$
197	дацит	-	2.60	5.30	$2.30 \cdot 10^{-17}$
20/99	дацит	Большой Азау	2.40	6.79	$1.77 \cdot 10^{-16}$
54/99	субинтрузивный дацит	Сылтранская вулканическая постройка	2.10	10.40	$2.63 \cdot 10^{-17}$
22/3	дацит	Уллукам	2.24	10.80	$1.24 \cdot 10^{-17}$
33-2/99	туфобрекчия	Маркирующий уровень р. Бийтик – Азау	2.38	6.65	$8.22 \cdot 10^{-17}$
635	игнимбрит	Перевал Ирикчат	2.23	11.00	$6.24 \cdot 10^{-19}$
646	эруптивная брекчия	Перевал Ирикчат	2.36	15.20	$1.48 \cdot 10^{-17}$
20/97	туф риолитового состава	Левый исток р.Бийтик – Тебе	2.06	21.30	$1.18 \cdot 10^{-15}$
80k II *	игнимбрит	Чуч – кур	1.89	22.30	$2.45 \cdot 10^{-15}$
80k+*	игнимбрит	-	2.04	20.20	$4.32 \cdot 10^{-16}$
25/1	туфобрекчия	Уллукам	1.84	23.90	$6.23 \cdot 10^{-17}$

Примечание: II фильтрация параллельно слоистости, + - перпендикулярно слоистости.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 07-05-00485 и 08-05-00855; Ведущей научной школы НШ-450. 2008.5 «Генетическая петрология: главнейшие петрографические провинции и их минералогия» (руководитель академик О.А. Богатилов; Программы 16 Президиума РАН «Окружающая среда в условиях изменяющегося климата: экстремальные природные явления и катастрофы»

Литература

1. Корниенко С.Г., Ляшенко О.В., Гурбанов А.Г., Собисевич А.Л., Лексин А.Б., Лиходеев Д.В. Проблемы мониторинга периферических магматических камер под Эльбрусским вулканическим центром по данным тепловой космической съемки. В сб. Современные методы геолого-геофизического мониторинга природных процессов на территории Кабардино-Балкарии // М.: ИФЗ РАН, КБГУ. 2005. С. 266-276.
2. Собисевич А.Л., Нечаев Ю.Н., Собисевич Л.Е., Гурбанов А.Г., Арбузкин В.Н., Трофименко Е.А., Пруцкий Н.И., Греков И.И. Результаты геолого-геофизического мониторинга магматических структур вулкана Эльбрус. В сб.: Современные методы геолого-геофизического мониторинга природных процессов на территории Кабардино-Балкарии // Нальчик: КБГУ. 2003. С. 158-178.
3. Наумов В.Б., Толстых М.Л., Гурбанов А.Г. и др. Условия образования ксенолитов из плейстоценовых лавовых потоков вулкана Эльбрус (Кавказ) // Геохимия. 2001. № 11. С. 1230-1236.
4. Алексеев В.А., Алексеева Н.Г., Бобков А.В., Дканиялов М.Г. Изучение вулканических аэрозолей на вулканах Авачинский, Корякский, Эльбрус. Связь потока аэрозолей с деформациями поверхности. Магматизм и рудообразование. - Материалы конференции, посвященной 125-летию со дня рождения акад. А.Н. Заварицкого. 18-19 марта 2009 г. // М.: ИГЕМ РАН. 2009. С. 10-12.
5. Мальковский В.И., Жариков А.В., Шмонов В.М. Новые методы измерения проницаемости образцов горных пород для однофазного флюида // Физика Земли. 2009, № 2. С. 3-14.
6. Гурбанов А.Г., Богатилов О.А., Мелекесцев И.В. и др. Глава 4. «Вулканическая опасность на севере Кавказского региона» в монографии «Новейший и современный вулканизм на территории России» (Под ред. акад. Н.П. Лаверова) // М.: Наука. 2004. С. 336-432.
7. Пэк А.А. О динамике ювенильных растворов // М.: Наука. 1968. 147с.
8. Шмонов В.М., Витовтова В.М., Жариков А.В. Флюидная проницаемость пород земной коры // М.: Научный мир. 2002. 216с.
9. Теплофизические свойства технически важных газов при высоких температурах и давлениях. - Справочник (Зубарев В.Н., Козлов А.Д., Кузнецов В.М. и др.) // М.: Энергоатомиздат. 1989. 232с.
10. Пэк А.А., Мальковский В.И. Динамика рудоотложения на подвижном температурном барьере при формировании золоторудных месторождений в архейских зеленокаменных поясах. - В кн. «Новые направления в изучении колчеданных месторождений» // Новочеркасск: Новочеркасский Гос. Техн. Ун-т. 1997. С. 150-162.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/geomaterial-2.pdf

Опубликовано 1 сентября 2009 г.

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна