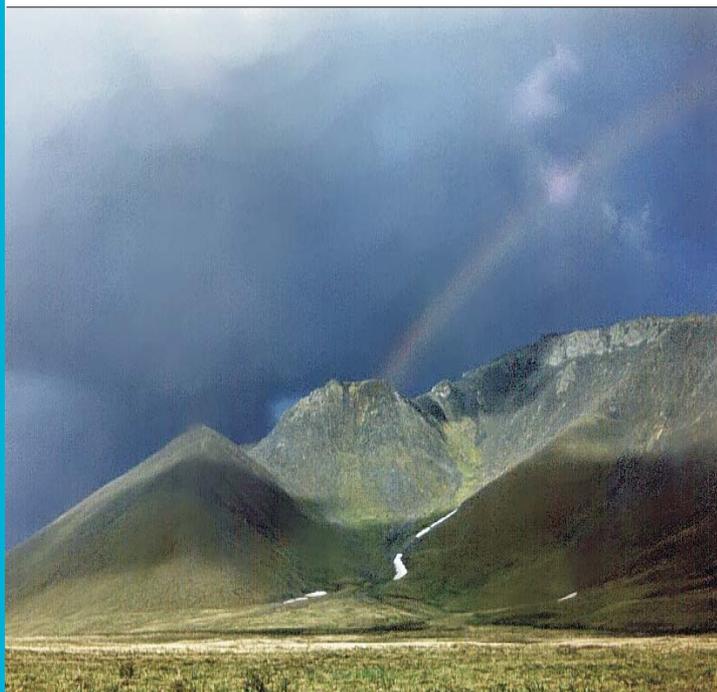




II Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии

**МАТЕРИАЛЫ
ДОКЛАДОВ**

ВУЛКАНИЗМ И ГЕОДИНАМИКА



ЕКАТЕРИНБУРГ 2003

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ
КОМИССИЯ ПО ВУЛКАНОЛОГИИ И ПАЛЕОВУЛКАНОЛОГИИ**

**УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ
имени академика А.Н. ЗАВАРИЦКОГО
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ
ИЛЬМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАПОВЕДНИК**

**ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ УНЦ РАН
УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
«ВЕДУЩИЕ НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ»**

ВУЛКАНИЗМ И ГЕОДИНАМИКА

**МАТЕРИАЛЫ
II ВСЕРОССИЙСКОГО СИМПОЗИУМА
ПО ВУЛКАНОЛОГИИ И ПАЛЕОВУЛКАНОЛОГИИ**

Екатеринбург
2003

при колебаниях стенок заполненных магмой трещин в результате импульсов давления в магме. Причиной импульсов давления в магме могут быть быстротекающие фазовые переходы 1-го рода (такие, как: отделение газа, кавитация, кристаллизация, структурная перестройка молекул силикатов) в ограниченных объемах метастабильной магмы. Наиболее подходящим процессом, по нашему мнению, способным объяснить все характерные особенности ГДП землетрясений (в том числе и широкий диапазон глубин генерации землетрясений), может быть процесс образования газовой фазы. Рассчитана модель генерации ГДП землетрясений, в которой в качестве возбуждающей силы источника землетрясений рассмотрен процесс спонтанной полимеризации магматического расплава и сопутствующего ей газоотделения. Проведенные расчеты показывают удовлетворительное согласие предложенной модели с экспериментальными сейсмическими данными.

Так как ГДП землетрясения связаны с движением магмы, есть основания предполагать, что исследование длиннопериодной сейсмичности на глубинах более 20 км под вулканом может выявить дополнительные прогностические признаки извержений.

Список литературы

Горельчик В. И. Сейсмичность района Ключевской группы вулканов и связь сейсмических и вулканических явлений на Ключевском вулкане, 1971 - 1983 гг. // Сейсмичность и сейсмический прогноз на Дальнем Востоке // Тез. докл. Выездной сессии МСССС и VI научной сессии Дальневосточной секции МСССС. Петропавловск- Камчатский, 1986. С. 25 - 26.

Горельчик В. И., Чубарова О.С., Гарбузова В.Т. Сейсмичность района Северной группы вулканов // Вулканология и сейсмология. 1988. № 1. С. 90 - 100.

Федотов С. А., Жаринов Н. А., Горельчик В. И. Деформации и землетрясения Ключевского вулкана, модель его деятельности // Вулканология и сейсмология. 1988. № 2. С. 3 - 42.

Фирстов П.П., Широков В.А., Локализация корней вулканов Ключевской группы по сейсмологическим данным // Вулканизм и глубины Земли. М.: Наука, 1971 С.113-117.

Chouet, В.А. Long-period volcano seismicity: its source and use in eruption forecasting. // Nature. 1996. V.380. P.309-316

АВТОМОДЕЛЬНОЕ (ФРАКТАЛЬНОЕ) ГРУППИРОВАНИЕ ВО ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЕ ЛЕТОПИСИ ГОЛОЦЕНОВЫХ ЭКСПЛОЗИВНЫХ ИЗВЕРЖЕНИЙ КАМЧАТКИ

¹А.А. Гусев, ¹В.В. Пономарева, ¹О.А. Брайцева, ¹И.В. Мелекесцев,

²Л.Д. Сулержицкий

*¹Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
gusev@emsd.iks.ru*

²Геологический институт РАН, Москва

Изучение эволюции вулканической активности во времени важно как с точки зрения познания механизмов вулканического процесса, так и в прикладном аспекте, для прогноза вулканической опасности и влияния вулканов на климат и окружающую среду. В работе изучены свойства последовательности крупнейших (объем $V \geq 0,5$ км³) эксплозивных извержений на Камчатке в голоцене (за последние 10000 лет). Используемый каталог включает 29 событий; он предположительно полон для извержений с объемами продуктов превышающих 0,6-0,8 км³. Извержения были выявлены и изучены в течение многолетних тефрохронологических исследований. Для датировки извержений использован радиоуглеродный метод.

На рис. 1 приведено распределение извержений по величине объема продуктов, выброшенных при индивидуальном извержении. Изучен вероятностный закон распределения для объемов.

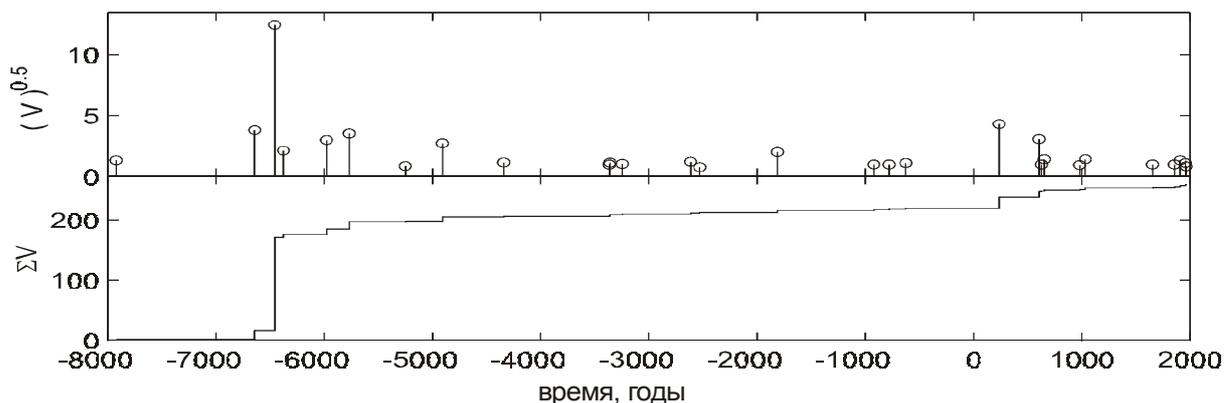


Рис. 1. Ненормированная эмпирическая кумулятивная функция распределения объемов извержений (абсцисса – объем V , ордината – число событий с объемом $V' > V$). Неплохая аппроксимация прямой говорит о приемлемости гиперболического закона (распределения Парето).

Распределение неплохо описывается гиперболическим законом (Парето), со значением показателя $b = 0,65$.

Временная структура каталога отражена на рис. 2а. При взгляде на временную развертку создается впечатление, что моменты извержений образуют тесные группы. Чтобы выявить эту вероятную тенденцию формально, мы сначала исходили из модели процесса восстановления. Для этого распределение интервалов Δt между соседними во времени событиями аппроксимировали законом Вейбулла. На рис 3а приведена эмпирическая функция распределения $P(\Delta t' > \Delta t)$, нанесенная на вероятностную бумагу закона Вейбулла. Близкий к прямолинейному график говорит о применимости закона Вейбулла, а наклон прямой дает оценку параметра закона Вейбулла $\gamma = 0,73 < 1$, указывая на тенденцию дат к группированию. При этом нулевая гипотеза $\gamma = 1$ (Пуассоновский, «чисто случайный» процесс) отвергается при уровне статистической значимости $Q = 7\%$. Далее было проверено наличие автомодельного (фрактального) группирования несколькими путями.

Первый путь – оценка корреляционной размерности набора точек (дат событий на временной оси) с помощью корреляционного интеграла

$$C(d) = (1/N_p) N(d_{ij} < d)$$

где N_p – число пар точек на оси времен, $d_{ij} = t_j - t_i$ – интервал времени между компонентами пары с номерами

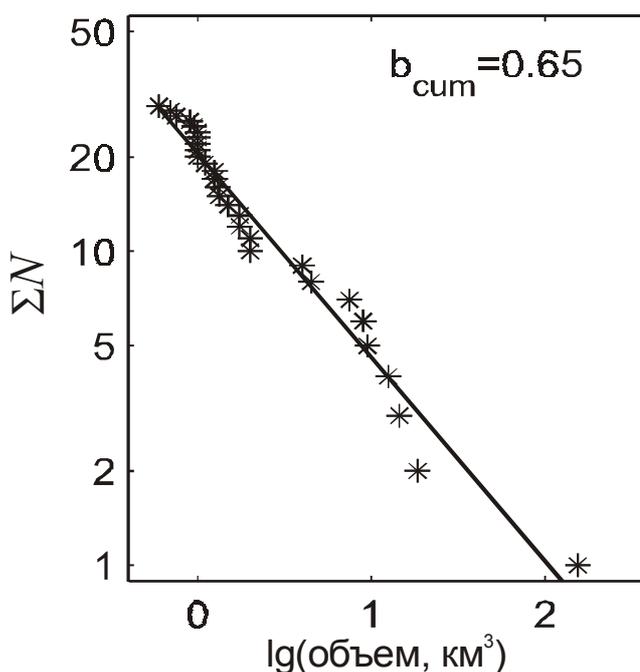


Рис. 2. Временная последовательность голоценовых взрывных извержений Камчатки. Вверху – объемы V извержений, км^3 , для графической ясности приведены значения $V^{0.5}$. Внизу – те же данные в виде значений суммарного объема продуктов, накопленного к определенной дате.

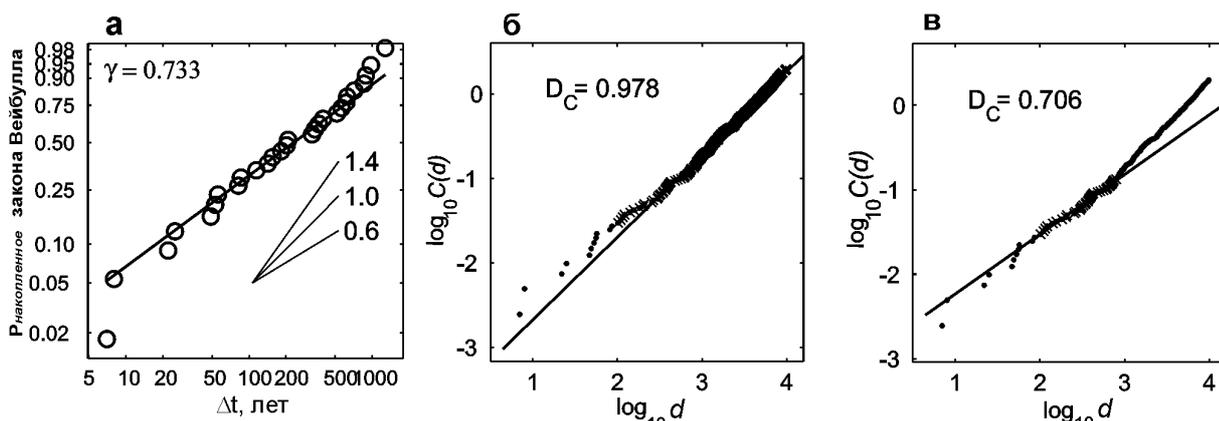


Рис. 3 Графики, иллюстрирующие группирование дат извержений. Детали в тексте.

i и j ($j > i$), и $N(d_{ij} < d)$ – число пар со значением $d_{ij} < d$. На рис 3б и 3в. приведена зависимость $C(d)$ в лог-лог масштабе. Аппроксимация прямой для полного интервала запаздываний $d=10-10000$ лет дает оценку корреляционной размерности $D_c=0,98 \approx 1$, не указывая на фрактальное поведение (рис. 3б). Но в ограниченном диапазоне запаздываний 10-800 лет (рис. 3в) наклон аппроксимирующей прямой равен 0,71. При этом нулевая гипотеза $D_c = 1$ (Пуассоновский процесс) отвергается при уровне статистической значимости $Q = 2.5 \%$. Можно заключить, что в названном ограниченном диапазоне запаздываний выявляется автомодельное группирование при значении фрактальной размерности около 0,7.

В дополнение к группированию дат, рассмотрение рис.2 наводит на мысль, что самые большие события дополнительно «притягивают» друг друга. Чтобы проверить эту идею, тот же самый метод корреляционного интеграла (в соответствующей модификации) применялся к временной структуре продуктивности вулканических извержений, то есть к последовательности точек с переменным весом, равным объему продуктов данного извержения (рис. 4а). В этом случае автомо-

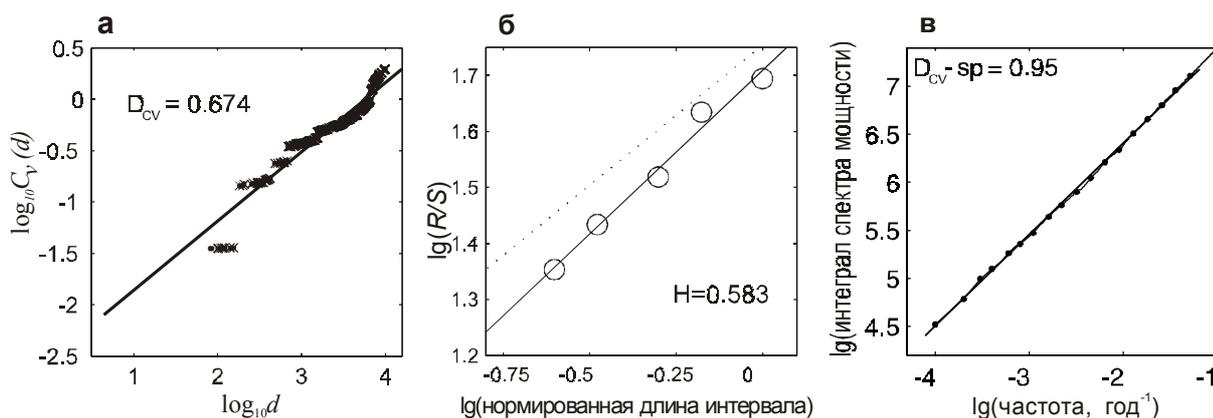


Рис. 4. Графики, иллюстрирующие автомодельные свойства вулканической продуктивности. (а) – корреляционный интеграл для точек с «весами» (то есть с учетом объемов извержений). (б) – зависимость параметра R/S метода Херста от размера интервала времени (в диапазоне 2500-10000 лет). Пунктир – ожидаемый тренд с $H=0,50$ для нефрактального случая. (в) – зависимость интеграла спектра мощности от частоты. Неплохая аппроксимация данных прямой говорит о приемлемости гипотезы степенного поведения спектра, а отличие наклона от 1,0 – о фрактальном поведении процесса.

дельное группирование удается выявить по широкому диапазону задержек, причем оценка корреляционной размерности равна $D_{cv} = 0,67$, а нулевая гипотеза ($D_{cv} = 1$, группирование объемов отсутствует) отвергается при уровне статистической значимости $Q = 3,4 \%$. Этот результат указывает на присутствие автомодельной (фрактальной) временной структуры. При этом такая структура порождается комбинированным действием двух различных явлений. Во-первых, проявляется обсуждавшееся выше обычное группирование дат событий. Во-вторых, имеет место специфическое свойство последовательности точек разного «веса», которое мы назвали «порядковым группированием». Этот вид группирования – свойство упорядоченного списка извержений (безотносительно к конкретным датам), он проявляется как тенденция самых больших извержений (в противоположность более слабым) быть близкими соседями в этом списке. Уровень значимости для гипотезы присутствия именно порядкового группирования равен $Q = 4,8 \%$.

К данным о вулканической продуктивности (последовательности объемов) была также применена и другая техника выявления фрактального поведения, а именно метод масштабированного размаха (R/S) по Херсту (рис 4b). Данный метод применим в нашем случае лишь для больших интервалов времени. Найденное значение показателя Херста равняется $H = 0,58$. Оно превышает значение $H = 0,5$ для нефрактального случая, причем гипотеза о наличии такого превышения имеет уровень статистической значимости $Q = 3,2 \%$. Гипотеза о наличии вклада порядкового группирования в формирование значения $H = 0,58 > 0,5$ имеет уровень статистической значимости $Q = 3,1 \%$.

Мы оценивали корреляционную размерность также и спектральным методом. На рис 4в приведен интеграл по частоте от оценки спектра мощности для временной функции вулканической продуктивности (то есть для суммы 29 дельта-функций с весами, равными объемам извержений). Для белого шума или Пуассоновского процесса интеграл должен вести себя как f^1 . Как видно из графика, фактически спектр растет как $f^{0,95}$. При этом значение показателя (0,95) является оценкой корреляционной размерности спектральным способом. Для гипотезы отличия этой оценки от единицы уровень значимости равен $Q = 6\%$. Для гипотезы о наличии порядкового группирования уровень значимости равен $Q = 4\%$. Успешная проверка наличия порядкового группирования тремя методами делает вывод о реальности этого явления относительно надежным.

И обычное группирование (для дат событий во времени), и порядковое группирование (тенденция к относительной близости в упорядоченном по времени списке для самых больших событий) могут рассматриваться как два разных проявления эпизодического поведения вулканического процесса. Причем наши результаты указывают не просто на тенденцию к эпизодичности на чисто качественном уровне. Имеет место автомодельная, многомасштабная, фрактальная нерегулярность вулканической продуктивности для территории размером в несколько сотен км, и для временных масштабов 30-10000 лет. Этот вывод находится в согласии с ранее обнаруженными для вулканизма проявлениями эпизодичности, включая как неформально отмеченные тенденции, так и проявления определенно автомодельного поведения. Последнее отмечалось для очень широкого диапазона временных шкал: часы, годы и миллионы лет. Мы полагаем, что автомодельное эпизодическое поведение (в отличие от чисто случайного) представляет собой типичное свойство последовательности извержений в пределах вулканической области.

С точки зрения природы явления, многомасштабная эпизодичность может указывать на наличие внешних воздействий (возмущающих факторов) с широким набором характерных времен. К таким факторам могут относиться: вариации нагрузки от оледенения; вариации поля упругих напряжений (за счет землетрясений и асейсмических необратимых деформаций в Земле); вариации скорости субдукции, объема осадков и количества связанной воды в конкретном субдуцируемом участке океанической литосферы; а также эффекты нестационарного потока флюида и/или силикатной жидкости из глубин мантии. Альтернативный вариант объяснения – через специфическую внутреннюю пространственно-временную структуру глубинных процессов.

Эта структура может иметь многомасштабный, фрактальный характер и порождать широкий спектр характерных времен «самостоятельно», независимо от внешних воздействий.

Более детальное описание части описанных результатов и обсуждение см. Gusev et al., J. Geophys. Res (2003), 108: 2126.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 03-05-64459 и 03-05-64027).

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ПАЛЕОЭКОСИСТЕМ ЮЖНОЙ КАМЧАТКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО КАЛЬДЕРООБРАЗУЮЩЕГО ИЗВЕРЖЕНИЯ КУРИЛЬСКОЕ ОЗЕРО-ИЛЬИНСКАЯ (7600 ¹⁴C ЛЕТ НАЗАД)

В.Г. Дирксен, О.В. Дирксен

*Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
dirksen@kcs.iks.ru*

Экологическая оценка вулканического воздействия на окружающую среду и прогноз возможных последствий вулканических извержений в будущем, является одной из актуальнейших задач изучения районов современного вулканизма. Тенденциями развития экосистем непосредственно после современных извержений показывают, что подобные события не только кардинально перестраивают структуру экосистем в непосредственной близости от эруптивных центров, но и во многом определяют устойчивость и направленность развития геоконплексов на удалении от вулканов.

На территории Камчатки за последние 10000 лет произошло несколько катастрофических извержений, самым сильным из которых было кальдерообразующее извержение Курильское озеро-Ильинская (в дальнейшем – КО) 7666 ± 19 ¹⁴C лет назад [Брайцева и др., 2001]. В результате извержения раскаленные пирокластические потоки покрыли значительную площадь Южной Камчатки (рис. 1). Тефра выпадала на еще более обширных территориях, так, например, в окрестностях г. Магадан, ее мощность составляет около 5 см [Мелекесцев и др., 1991]. При этом объем ювенильного материала составил около 140-170 км³, что во много раз превосходит масштабы извержений вулканов Санторин около 3000 л.н., Кракатау в 1883 г. и Новарупта-Катмаи в 1912 г. По своему экологическому воздействию оно было, по-видимому, сравнимо с самым мощным извержением XIX-XX вв. в мире – влк. Тамбора в 1815 г.

В настоящей работе, на примере извержения КО, мы попытались охарактеризовать воздействие на экосистемы мощных катастрофических извержений, используя данные вулканологии и палеоэкологии.

Результаты палинологического изучения палеопочвы непосредственно под отложениями КО позволили установить, что в целом, к моменту извержения КО в растительном покрове данного района преобладали сомкнутые ольховостланиковые сообщества (рис. 2). Близкий состав спорово-пыльцевых спектров (СПС) из различных высотных растительных поясов свидетельствует об однородности растительного покрова всей территории. Вся эта растительность была практически полностью уничтожена извержением КО.

Анализ закономерностей территориального распределения гетерогенных отложений КО позволил выделить в пределах исследуемого района 2 зоны с различной степенью поражения палеоэкосистем в зависимости от комбинации воздействий основных вулканических агентов (тефра, пирокластические потоки и волны) и комплекса сопутствующих постэруптивных процессов.

Зона 1 (зона тотального поражения) ограничивается ареалом распространения отложений долинных туфов и охватывает днища всех речных долин района (рис. 2). В пределах этой зоны произошло погребение и полное уничтожение почвенно-растительного покрова многометровыми толщами туфов, мощность которых местами достигала 150 м, а их температура превышала