

# І. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СВЯЗИ ЭВОЛЮЦИИ ВУЛКАНИЗМА И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕМЛИ

## ВУЛКАНИЗМ КАК ИНДИКАТОР ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

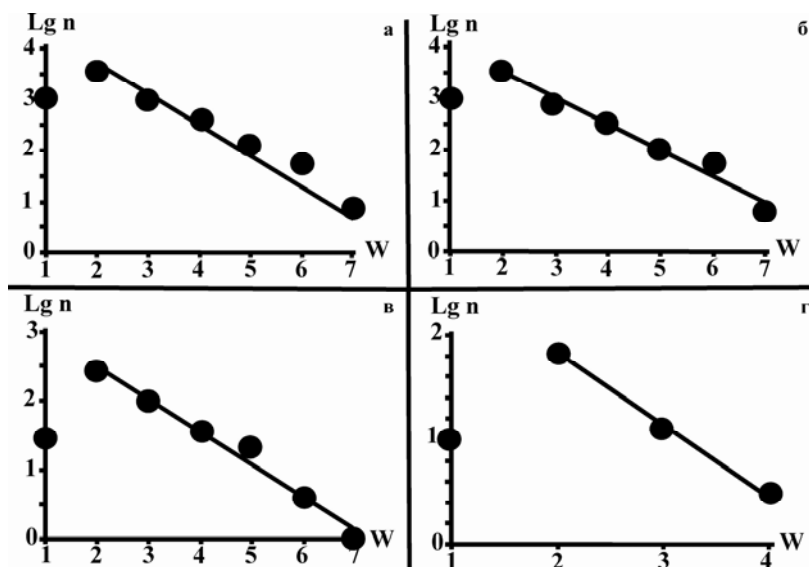
Д.Р. Акманова, А.В. Викулин, Н.А. Осипова

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск–Камчатский,  
e-mail: akmanova.dinara@mail.ru

**Введение.** К числу важнейших геодинамических процессов Земли относятся: землетрясения, активный вулканизм, тектонические деформации, являющиеся основными источниками современных движений земной коры. Наиболее интенсивно геодинамические процессы происходят в местах взаимодействия тектонических плит. Именно в этих местах планеты происходят сильные землетрясения и катастрофические извержения вулканов. Одним из таких мест является окраина Тихого океана, в пределах которой происходят практически все такие события планеты. Исследователями не раз отмечалось, что вулканизм и сейсмичность, как процессы планетарного масштаба, взаимосвязаны и причины, приводящие к движению изливающейся при извержениях вулканов магмы и к накоплению сбрасываемых при землетрясениях напряжений имеют общий генетический корень.

С целью изучения закономерностей вулканического и сейсмического процессов в едином формате была создана электронная база данных, включающая все, опубликованные данные о вулканах ( $N = 607$ ) и их извержениях ( $n = 6415$ ) за последние 12 тыс. лет ( $\Delta T = 9850$  г. до н.э. – 2006 г.) и сильных ( $M \geq 6$ ) землетрясениях ( $\Delta T = 2150$  г. до н.э. – 2007 г.,  $n = 12145$ ) планеты. Все вулканические извержения в базе классифицировались нами по величине  $W = 1, 2, \dots, 7$ , соответствующей объемам изверженного ювенильного материала:  $10^5, 10^6, \dots, 10^{11} \text{ м}^3$ , и предлагаемой нами в качестве энергетической характеристики извержения [Викулин, Водичар, Мелекесцев и др., 2007].

**Повторяемость и энергия вулканических извержений.** Изучалось распределение чисел извержений по величинам  $W$  для разных по масштабу регионов (рис. 1). Видно, что вулканические извержения, по своей величине, независимо от масштаба рассмотрения, распределены одинаковым образом.



**Рис. 1.** Графики повторяемости извержений вулканов в 9850 г. до н.э. – 2006 г.: а) извержения вулканов мира; б) извержения вулканов окраины Тихого океана; в) извержения вулканов п-ва Камчатки; г) извержения вулкана Ключевского (1697 – 2005 г.).  $n$  – число извержений; значения углов наклона графиков повторяемости приведены в табл. 1.

Графики повторяемости извержений, не зависимо от масштаба рассматриваемого региона, имеют примерно одинаковый наклон, и, как для землетрясений, могут рассматриваться в качестве «энергетической» характеристики. Полученные нами данные

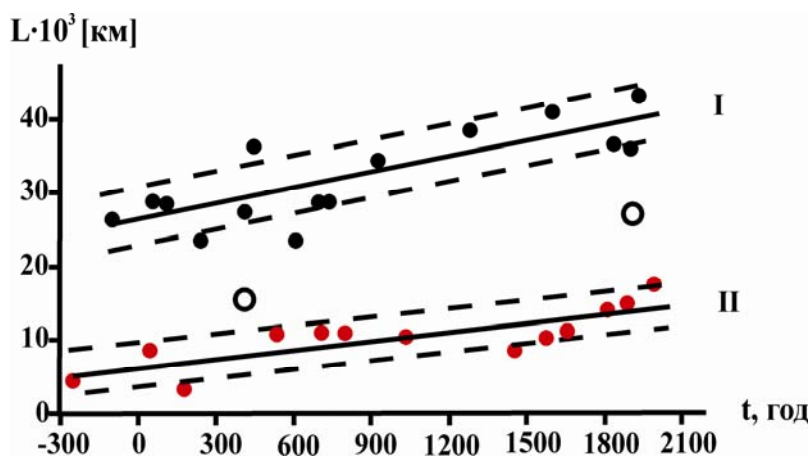
подтверждают результаты П.И. Токарева [1987, 1991] и Г.С. Голицына [2003]. Таким образом, параметр  $W$  (как и магнитуду  $M$  землетрясения) можно предложить в качестве энергетической характеристики вулканического процесса. Как следует из рис. 1, составленная нами база с достаточной полнотой содержит данные об извержениях с  $W \geq 2-3$ .

**Таблица 1.** Значения углов наклонов графиков повторяемости извержений вулканов

№	Регион	Число вулканов, $N$	Число извержений, $n$	Диапазон, $W$	Временной интервал извержений, $\Delta T$	Углы наклона графиков повторяемости
1	Планета в целом	607	6415	1÷7	9850 г. до н.э. – 2006 г.	$-0.51 \pm 0.04$
2	Окраина Тихого океана	503	5498	1÷7	9850 г. до н.э. – 2006 г.	$-0.51 \pm 0.04$
3	п-ов Камчатка	38	443	1÷7	8050 г. до н.э. – 2006 г.	$-0.47 \pm 0.04$
4	Ключевой вулкан, п-ов Камчатка	1	94	1÷4	1697 – 2005 гг.	$-0.67 \pm 0.02$
Среднее значение						$-0.5 \pm 0.1$

**Периодичность вулканического процесса.** Методом Фурье исследовалось распределение чисел ( $n$ ) вулканических извержений по временным интервалам между ними. Для мирового каталога ( $n = 6415$ ) были определены периоды 1600 и 2400 лет [Викулин, Водинчар, Мелекесцев, 2007; Акманова, 2008]. Детальный анализ данных на разных масштабных уровнях показал, что значения вулканических периодов заключены в большем диапазоне: 170 – 2700 лет. При этом наиболее часто выделяются периоды, продолжительности которых составляют:  $T_1 = 198 \pm 17$  лет;  $T_2 = 376 \pm 12$  лет,  $T_2 \approx 2T_1$ ;  $T_3 = 762 \pm 17$  лет,  $T_3 \approx 4T_1$ . Известны примеры вулканических извержений отдельно взятых вулканов, времена которых близки выявленным периодам. Так, например, с интервалом около  $2T_3 = 1402$  лет, извергался вулкан Кракатау в 416 и 1883 г. Через такие же интервалы времени извергались рядом расположенные вулканы Амбрим в 50 г. и Кувае в 1452 г. ( $\Delta T = 1402$  лет, Новые Гибриды), Кагуяк в 415 г. и Новарупта в 1912 г. ( $\Delta T = 1497$  лет, п-ов Аляска). Интервал между извержениями камчатских вулканов Ксудач в 240 г. и Опала в 610 г. составил 370 лет ( $\approx \Delta T_2$ ).

**Миграция вулканических извержений вдоль окраины Тихого океана.** Для исследования закономерностей миграции вулканической активности нами были выбраны вулканы с наиболее сильными извержениями с  $W \geq 6$  (с объемом выброшенного материала  $\geq 1$  км<sup>3</sup>). Исследование свойств распределения вулканических извержений в пространстве и во времени проводилось на плоскости с осями: по вертикали – расстояние вдоль окраины Тихого океана  $L$ , по горизонтали – время извержения  $t$  (рис. 2).



**Рис. 2.** Пространственно–временное расположение вулканических извержений с  $W \geq 6$  ( $N = 26$ ,  $n = 30$ ,  $\Delta T = 250$  до н.э. – 1991 г.) вдоль окраины Тихого океана протяженностью  $L \approx 45 \cdot 10^3$  км от вулкана Бакл Айленд (Антарктика) до вулкана Десепшен (Южные Шетландские острова).

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что все вулканические извержения группируются вдоль двух, примерно параллельных друг другу достаточно узких областей (I, II), которые определяют скорость миграции  $5 \pm 2$  км/год. Была предпринята попытка выявления миграции сильных вулканических извержений в пределах окраины Тихого океана с большими скоростями. При этом все извержения ( $W \geq 6$ ,  $n = 30$ ), оказалось возможным разместить вдоль узких, имеющих примерно одинаковый наклон линий, скорости миграции вдоль которых составляют около 60 км/год (табл. 2) [Викулин, Водинчар, Мелекесцев и др., 2007; Акманова, 2008]. Полученные данные подтверждают сделанный ранее вывод о волновом характере вулканического процесса в пределах окраины Тихого океана [Викулин, 2003, 2008].

**Таблица 2.** Характеристика миграции вулканических извержений в пределах окраины Тихого океана.

$p$	$k$	$a$ , км/год	$T_a$ , год
1	4	$63 \pm 24$	302
2	4	$61 \pm 12$	375
3	7	$44 \pm 7$	351
4	3	$51 \pm 8$	273
5	4	$50 \pm 5$	418
6	8	$80 \pm 10$	278
7	6	$50 \pm 40$	
Среднее	$5 \pm 2$	$57 \pm 9$	$T_a \approx 333 \pm 49$

Примечание:  $p$  – число выявленных миграционных цепочек;  $k$  – число извержений в отдельно взятой миграционной цепочке;  $a$  – скорость м.

**Связь вулканизма и сейсмичности.** Результаты исследования закономерностей распределения сильнейших землетрясений и катастрофических извержений вулканов, полученные авторами в 2004–2008 годы, показали, что в области предельно сильных энергий, сейсмический и вулканический процессы, рассматриваемые в масштабе окраины Пацифики, имеют близкие характеристики. Аналогичный вывод был получен в работах [Хаин, Халилов, 2007, 2008]. Значения скоростей миграции вулканических извержений (табл. 2) по порядку величины совпадают со скоростями миграции сильнейших тихоокеанских землетрясений ( $M \geq 7$ , 10 – 100 км/год). При этом, «смешанные вулкано – сейсмические» совокупности цепочек, составленные из наиболее сильных извержений вулканов ( $W \geq 6$ ) и землетрясений ( $M \geq 8.8$ ) обнаруживают такие же скорости миграции:  $V \approx 60$  км/год [Викулин, Водинчар, Мелекесцев и др., 2007; Акманова, 2008]. Эти данные подтверждаются результатами работы [Sauers, 1986], в которой сильнейшее землетрясение 7.05.1986,  $M = 7.7$  с очагом в районе Крысыих островов, предварялось четырьмя извержениями трех алеутских вулканов. При этом извержения вулканов со скоростью около 100 км/год мигрировали к очагу землетрясения и являлись, по сути, «форшоковыми».

В работах [Викулин, 2003, 2008] приведен обзор мировых данных по повторяемости сильных землетрясений в одном месте через определенные интервалы времени. Для нескольких регионов оказалось возможным определить периоды повторяемости. Например, сильнейшие землетрясения в одном месте происходили, в Японии (1498 – 1944 гг.), в Перу (1513 – 1942 гг.), в Авачинском заливе (1737 – 1952 гг.), в среднем, 1 раз в  $130 \pm 50$  лет,  $110 \pm 50$  лет,  $107 \pm 4$  лет, соответственно. В среднем, в пределах окраины Тихого океана повторяемость сильных землетрясений в одном месте можно принять равной  $100 \pm 50$  лет. Фурье – анализ мировой базы данных землетрясений подтвердил такой вывод и показал наличие других периодов:  $\frac{1}{2} T_0 = 116 \pm 1$  лет,  $T_0 = 195 \pm 6$  лет,  $2T_0 = 388 \pm 4$  лет,  $4T_0 = 786 \pm 9$  лет, продолжительности которых, как видим, оказались близкими характерным периодам вулканического процесса:  $T_0 \approx T_1$ ,  $2T_0 \approx T_2$ ,  $4T_0 \approx T_3$ .

**Выводы.** Построены графики повторяемости вулканических извержений планеты, которые, по своему «энергетическому» содержанию оказались близкими графикам повторяемости землетрясений. Характерные продолжительности периодов сейсмического и вулканического процессов планеты и их структура оказались близкими друг другу. Близкими оказались и характерные особенности миграции сильных землетрясений и катастрофических извержений. Все приведенные данные однозначно свидетельствуют о наличии общих физически прозрачных (волновых) свойств у сеймотектонического и вулканического

процессов. Другими словами, волны миграции сейсмической и вулканической активности, по сути, являются разными проявлениями единого геодинамического процесса Земли.

### Список литературы

**Акманова Д.Р.** Особенности вулканической активности окраин Тихого океана за последние 12 тыс. лет // Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России. Труды региональной научно-технической конференции. 11–17 ноября 2007. Т. 2. Петропавловск–Камчатский: КФ ГС РАН. 2008. С. 151 – 155.

**Викулин А.В.** Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск–Камчатский: КГПУ. 2003. 150 с.

**Викулин А.В.** Физика Земли и геодинамика. Петропавловск–Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга. 2008. 463 с.

**Викулин А.В., Водичар Г.М., Мелекесцев И.В.** и др. Моделирование геодинамических процессов окраины Тихого океана // Солнечно–земные связи и предвестники землетрясений. Сборник докладов IV международной конференции 14–17 августа 2007 г. ИКИР ДВО РАН. 2007. С. 275 – 280.

**Голицын Г.С.** Объяснение зависимости частота – объем извержений вулканов // ДАН. Геофизика, 2003. Т. 390. № 3. С. 394–396.

**Токарев П.И.** Характеристика и повторяемость вулканических извержений // Вулканология и сейсмология, 1987. № 6. С. 110 – 118.

**Токарев П.И.** Активность вулканов Камчатки и Курильских островов в XX в. и ее долгосрочный прогноз // Вулканология и сейсмология, 1991. № 6. С. 52 – 58.

**Хаин В.Е., Халилов Э.Н.** О возможном влиянии солнечной активности на сейсмическую и вулканическую активность: долгосрочный прогноз // Transactions of the International Academy of Science H & E. Vol. 3. 2007/2008. Innsbruck.: SWB. 2008. 18 с.

**Хаин В.Е., Халилов Э.Н.** Пространственно-временные закономерности сейсмической и вулканической активности Бургас.: SWB. 2007. 304 с.

**Sauers J.** The westward migration of geophysical events in the Aleutians, Springs // Cycles. 1986. 37. № 9. P. 203–204.