

Сейсмическая и вулканическая активность как проявления единого волнового геодинамического процесса

Долгая А. А.^{1,2}, Викулин А. В.¹, Герус А. И.

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

³ Камчатский государственный университет им. В. Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия
e-mail: adolgaya@kscnet.ru vik@kscnet.ru gerus@kscnet.ru

Авторы на протяжении нескольких лет проводят исследование временных, пространственно-временных и энергетических закономерностей сейсмического и вулканического процессов в рамках представлений о ротационном характере движений блоковой геосреды [1]. Используемый авторским коллективом подход основан на анализе максимально полных списков землетрясений и извержений вулканов мира широкого энергетического диапазона, произошедших в течение длительного периода времени.

Анализ пространственного распределения содержащихся в списках событий показал, что наибольшая часть сильных землетрясений и извержений вулканов происходит в пределах окраины Тихого океана, Альпийско-Гималайского и Срединно-Атлантического хребта. Эти регионы имеют линейную протяженность, во много раз превосходящую ширину активной зоны (рис. 1). Такое пространственное расположение сейсмических и вулканических событий вдоль активных поясов планеты позволило авторам разработать метод исследования пространственно-временных закономерностей сейсмичности и вулканизма. Метод опирается на описание активной зоны в виде линии, проходящей через наибольшие скопления событий и повторяющей в общем случае контуры литосферных плит.

Каждое событие, произошедшее в пределах изучаемого региона, проецируется на осевую линию, благодаря чему можно найти расстояние от этого события (вулкана или очага землетрясения) до начала линии. В результате можно рассматривать совокупность сейсмических и вулканических событий не в трехмерной (широта, долгота, время), а в двухмерной системе координат – на плоскости с осями: время события t – расстояние от события до начала осевой линии l .

Для дальнейшего анализа пространственно-временного распределения событий авторами на основании модели случайных блужданий был разработан метод выявления миграционных цепочек сейсмических и вулканических событий, подробно описанный в работе [2].

В результате исследований авторами было показано, что миграция является неотъемлемым свойством планетарного сейсмического и вулканического процесса, а скорости миграции сейсмичности и вулканизма совпадают по порядку величин. Также было показано существование зависимостей между скоростями миграции V и энергетическими характеристиками исследуемых процессов (магнитудой M для землетрясений и индексом вулканической активности W для извержений вулканов) [3]. Аналитически зависимости можно представить в виде:

$$M \approx (7.6 \pm 1.0)LgV; M \approx (6.7 \pm 0.5)LgV; M \approx (-4.6 \pm 0.2)LgV \text{ (1 а, б, в)}$$

$$W \approx (-3.1 \pm 0.6)LgV; W \approx (-3.9 \pm 1.0)LgV; W \approx (-0.8 \pm 0.2)LgV \text{ (1 г, д, е)}$$

Параметр p , описывающий характер зависимостей скорости миграции от энергии, имеет разный знак, причем он положителен для сейсмичности Тихого океана (1а) и Альпийско-Гималайского пояса (1б) – областей сжатия, и отрицателен для сейсмичности Срединно-

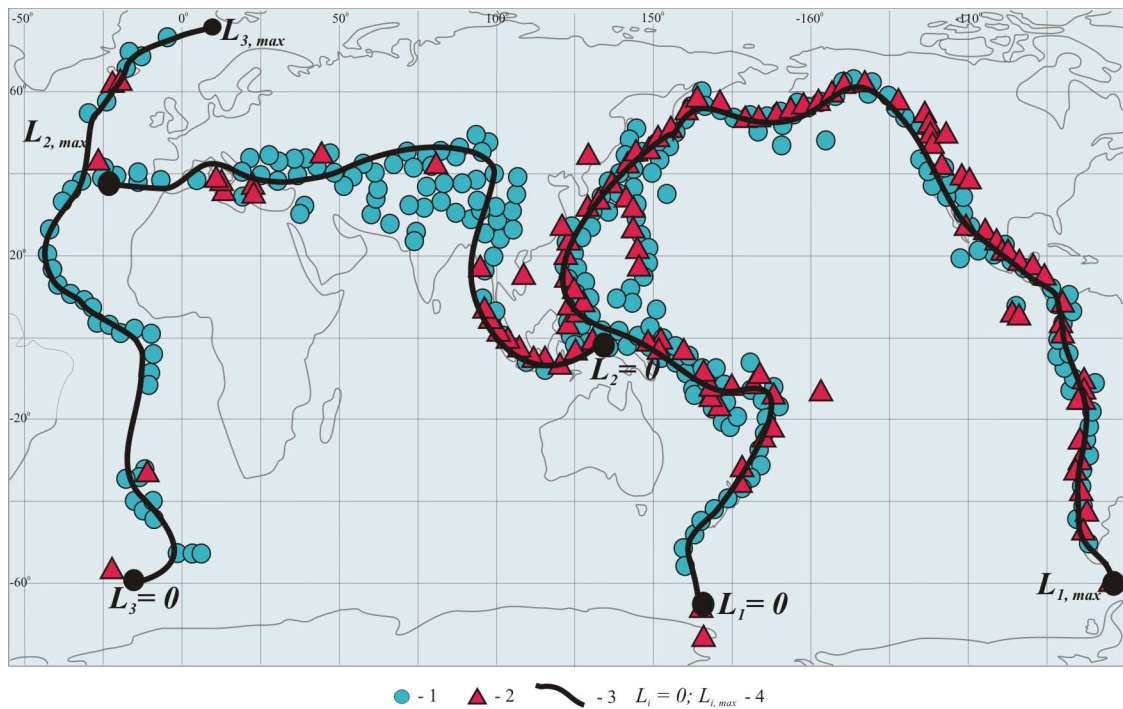


Рис. 1. Геодинамически активные пояса планеты: 1– очаги землетрясений; 2 – вулканы, 3 – осевые линии вдоль поясов, 4– начала и окончания поясов: $i = 1$ – окраина Тихого океана, $i = 2$ – Альпийско-Гималайский пояс, $i = 3$ – Срединно-Атлантический хребет.

Атлантического хребта (1в) – области растяжения, и всех “вулканических” зависимостей (1г-е). По мнению авторов, эти результаты позволяют рассматривать параметр p , как величину, чувствительную к тектонической обстановке в регионе, так как все вулканические пояса можно интерпретировать как области с преобладающими растягивающими напряжениями, вызванными поднимающимися с глубин и извергаемыми на поверхность материалами (магмой, пеплом и т.д.).

При изучении закономерностей временного распределения очагов землетрясений и извержений вулканов применялись методы спектрального, спектрально-корреляционного анализа и разработанный авторами метод “квазифазовой плоскости”. Полученные с помощью двух первых методов данные позволили выявить общие для сейсмического и вулканического процесса периоды (рис. 2): $T_0 \approx 250 \pm 30$, $2T_0 \approx 450 \pm 50$, $4T_0 \approx 1000 \pm 100$ и $8T_0 \approx 2000 \pm 200$.

Все тектонические пояса Земли, имеющей примерно шарообразную форму, замкнуты друг на друга. Для протекающего в пределах таких поясов геодинамического процесса должны быть характерными только четные периоды.

Выполненные с помощью разработанного авторами метода “квазифазовой плоскости” расчеты показали [4], в пределах окраины Тихого океана сейсмический процесс можно считать циклическим (квазипериодическим) с периодом $T_1 \approx 230 \div 270$ лет, близким по значению периоду T_0 .

Таким образом, проведенный с помощью независимых методов анализ временных “сейсмических” и “вулканических” рядов позволяет сделать вывод о том, что сейсмический и вулканический процессы, имеющие близкие значения основного периода и кратных ему четных периодов и протекающие в пределах трех мощнейших тектонических поясов планеты, могут являться составными частями единого геодинамического процесса, что подтверждает вывод, полученный авторами ранее в работе [5].

Полученные данные позволили авторам рассматривать сейсмичность и вулканизм как составляющие планетарного геодинамического процесса, обладающие общими характери-

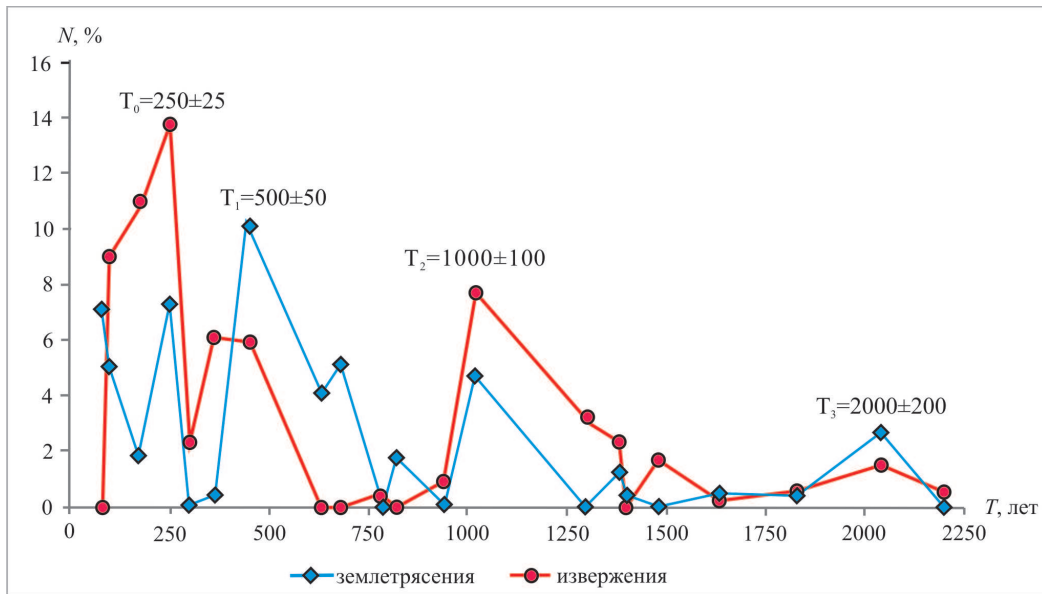


Рис. 2. Периоды геодинамического процесса, выявленные с помощью методов спектрального и спектрально-корреляционного анализа временных рядов.

стиками, но проявляющиеся на поверхности в виде разных процессов. Наличие свойства периодичности (цикличности) и выявленные зависимости между энергетическими и скоростными характеристиками позволяют с уверенностью рассматривать геодинамический процесс как волновой процесс, протекающий в пределах тектонически активных зон Земли.

С учетом сделанного вывода был проведен анализ зависимостей скоростей миграции от энергетической характеристики, который показал, что параметр p является векторной сохраняющейся величиной, которую можно рассматривать как аналог момента импульса геодинамического процесса.

Для вращающейся геосреды была предложена ротационная модель сейсмотектонического процесса на примере окраины Тихого океана [6], движение блоков в которой определяется уравнением \sin -Гордона (СГ):

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} = \sin \theta \quad (1)$$

Уравнение СГ имеет несколько решений, в том числе, в виде бегущей волны ($\theta(\xi - v\eta)$):

$$\theta = 4 \arctan [\exp (\pm k_0 \gamma (z - z_0 - vt))],$$

$$\gamma = (1 - v^2/c_0^2)^{-\frac{1}{2}}, \quad c_0^2 = \frac{3\sqrt{15}}{8\pi^2} \sqrt{\frac{G}{\rho}} \Omega R_0, \quad (2)$$

где v – скорость распространения уединенной волны деформации (поворота), Ω – угловая скорость вращения Земли, ρ , G – плотность и модуль сдвига геосреды, R_0 – размер блока, c_0 – предельная скорость геодинамического процесса. Решение (2) уравнения СГ (1) называется односолитонным.

Известно, что солитоны подобны частицам: при взаимодействии с другими такими возмущениями они не разрушаются, а продолжают движение, сохраняя свою структуру неизменной. В рамках ротационной модели геосреды такое “солитонное” свойство геодинамических возмущений позволяет миграцию сейсмической и вулканической активности описывать в виде волнового процесса со свойствами дальнего действия [1].

Как было сказано выше, геодинамический параметр p может быть интерпретирован как *геодинамический* аналог момента импульса, связанного с поворотными движениями блоков земной коры в пределах и вблизи геодинамически активных зон планеты. В солитонном решении (2) уравнения (1) можно очевидным образом выделить импульс \vec{p} :

$$|\vec{p}| = \frac{|\vec{v}|}{\sqrt{1 - v^2/c_0^2}} = v\gamma, \quad (3)$$

причем вектор \vec{p} будет иметь направление, соответствующее направлению геодинамического процесса (сжатию или растяжению). В результате закономерности миграции сейсмической активности вдоль областей сжатия и растяжения можно определить как солитонные решения, чьи скорости соответствуют скоростям миграции, увеличивающимся или уменьшающимся с ростом энергии (магнитуды).

Таким образом, в рамках ротационной концепции блоковой геосреды предложена новая модель волнового геодинамического процесса, протекающего в пределах тектонически активных поясов планеты, и в рамках такой модели сейсмичность и вулканизм можно рассматривать как проявления единого волнового геодинамического процесса.

Литература

1. Викулин А.В., Махмудов Х.Ф., Иванчин А.Г. и др. О волновых и реидных свойствах земной коры // Физика твердого тела. – 2016. – Т. 58. – №3. – С. 547-557.
2. Викулин А.В., Мелекесцев И.В., Акманова Д.Р. и др. Информационно-вычислительная система моделирования сейсмического и вулканического процессов как основа изучения волновых геодинамических явлений // Вычислительные технологии. – 2012. – Т. 17. – №3. – С 34-54.
3. Vikulin A.V., Akmanova D.R., Vikulina S.A. et al. Migration of seismic and volcanic activity as display of wave geodynamic process // Geodynamics & Tectonophysics. – 2012. – V. 3. – No 1. – P. 1-18.
4. Долгая А.А., Акманова Д.Р., Викулин А.В. О периодичности геодинамического процесса // Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различия, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. Материалы XLVI Тектонического совещания. Том I. – М.: ГЕОС, 2014. – С. 124-128.
5. Акманова Д.Р., Викулин А.В., Долгая А.А. Взаимодействие вулканизма, сейсмичности и тектоники как геодинамический процесс // Материалы конференции Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений: VI Международная конференция, с. Паратунка, Камчатский край, 9-13 сентября 2013 г. – Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 2012. – С. 229-232.
6. Викулин А.В. Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2003. – 151 с.