

УДК 550.318

Регионы Земли с наиболее выраженным годовым периодом сейсмической активности

А.Е. Вольвач, Н.Н. Горькавый, А.И. Дмитроца, Л.С. Левицкий

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 3 февраля 2008 г.

Аннотация. Выявлено несколько относительно небольших регионов Земли, в которых годовая периодичность сейсмической активности наиболее выражена: Балканы и Турция, перешеек между Северной и Южной Америкой, Аляска и Алеутские острова и другие. Все эти регионы (как в северном, так и в южном полушариях) относятся к зонам субдукции или к участкам континентальной коры, подвергающимся активному разломообразованию.

REGIONS OF THE EARTH WITH THE MOST EXPRESSED ANNUAL PERIOD OF SEISMIC ACTIVITY, *by Volvach A.E., Gor'kaviy N.N., Dmytrotsa A.I., Levitsky L.S.* A few relatively small regions on the Earth are found which are characterized by the annual periodicity of the most pronounced seismic activity: Balkans and Turkey, the isthmus between North and South America, Alaska and the Aleutian Islands, and others. All these regions (in the northern and southern hemispheres) are related to zones of subduction or to sections of the continental crust which are subjected to the active formation of breakings.

Ключевые слова: годовой период, землетрясения, литосферные плиты

1 Введение

Найденный и детально исследованный годовой период в сейсмической активности за 1964–1990 гг. позволил получить ряд важных результатов (Горькавый и др., 2000, 2002, 2003). Оказалось, что годовая периодичность имеет место лишь для относительно слабых землетрясений (с магнитудой $M < 5.0$), а сами колебания с этим периодом в северном и южном полушариях Земли происходят почти в противофазе с максимальным числом толчков в местный зимне-весенний сезон. Эта северо-южная асимметрия наблюдается для всех широт и глубин гипоцентров. В то же время не найдено зависимости фазы годовой волны от географической долготы. Обнаружено также, что период $P = 1$ год лучше всего выражен на средних широтах ($\phi \approx 38^\circ - 61^\circ$) в обоих полушариях.

Годовая периодичность в числе следования слабых землетрясений прослеживается не только для разных полусфер Земли и ее квадрантов, но и для отдельных литосферных плит и разных типов их границ. При этом все характерные свойства этого периода также сохраняются. Лучше всего он проявляется для внутриплитовых землетрясений (Горькавый и др., 2006).

Показано, что наиболее вероятной причиной периода $P = 1$ год в сейсмичности являются сезонные изменения углового момента импульса атмосферы (импульса ветров) (Горькавый и др., 2003).

Изменения его при механическом взаимодействии с земной корой и влиянием на океанические течения могут вызывать изменения скорости движения литосферных плит, что в свою очередь приведет к годовой вариации числа землетрясений.

Теперь мы попытаемся выявить небольшие (по сравнению с литосферными плитами) регионы Земли, где годовой период в сейсмичности наиболее выражен. Если этот период (год) вызван внутригодовыми колебаниями скорости движения плит, то такие участки литосферы можно было бы рассматривать как индикаторы, где эти колебания происходят с наибольшей амплитудой. Эту гипотезу можно проверить путем прямых измерений при помощи радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ), GPS-приемников и лазерной локацией спутников.

2 Данные и их анализ

В качестве базы данных возьмем, как и прежде (Горькавый и др., 2000, 2002, 2003, 2006), каталог землетрясений Геологической службы США за 1964–1990 гг. (Нац. Инф. Центр, 1928–1990). Рассматривать будем лишь слабые землетрясения с магнитудами $M = 3.0 - 4.7$, для которых годовой период наблюдается наиболее отчетливо. Суммарное число таких толчков (с глубиной гипоцентров $H \geq 1$ км), произошедших во всем мире и вошедших в каталог, равно $N = 71560$ ($N = 48402$ в северном полушарии и $N = 23158$ – в южном).

В качестве характеристики годового периода будем брать его уровень статистической значимости в спектре мощности, определяемый как (Теребиж, 1992):

$$q = \exp\left(-\frac{A^2}{A_{cp}^2}\right). \quad (1)$$

Число q есть вероятность случайного появления линии с гармонической амплитудой A на фоне среднего значения квадратов амплитуд (A_{cp}^2) периодограммы, вычисленного в некоторой симметричной (относительно этой линии) окрестности. Поэтому чем меньше q , тем выше значимость (достоверность) пика в спектре. Более подробно об этом изложено в (Горькавый и др, 2000).

В таблице 1 приведена статистическая значимость q годового периода в числе следования рассматриваемых землетрясений, вычисленная по формуле (1), для всей Земли в целом и отдельно по полушариям и их квадрантам. Там же даны фаза максимума α годовой волны (фаза отсчитывается от начала года) и количество толчков.

Таблица 1.

Географическая долгота, λ	Уровень значимости, q	Фаза максимума, α	Число землетрясений, N
Вся Земля			
$-180^\circ - +180^\circ$	$2.3 \cdot 10^{-5}$	133°	71560
Северное полушарие			
$-180^\circ - +180^\circ$	$1.0 \cdot 10^{-8}$	114°	48402
$-180^\circ - 0^\circ$	$1.8 \cdot 10^{-3}$	114°	17819
$0^\circ - +180^\circ$	$1.6 \cdot 10^{-3}$	114°	30583
Южное полушарие			
$-180^\circ - +180^\circ$	$1.3 \cdot 10^{-3}$	221°	23158
$-180^\circ - 0^\circ$	$9.0 \cdot 10^{-3}$	199°	11337
$0^\circ - +180^\circ$	$1.9 \cdot 10^{-2}$	247°	11821

Невысокая значимость периода $P = 1$ год в южном полушарии обусловлена главным образом

малым числом землетрясений (в каталоге) на средних широтах из-за их плохой регистрации. Но именно на средних широтах этот период наиболее значим (Горькавый и др., 2003).

Для выявления относительно небольших регионов (областей), где годового периода в сейсмичности наиболее выражен (где q мало), разобьем всю поверхность Земли на участки с градацией по долготе $\Delta\lambda = 10^\circ$, а по широте на три части (в обоих полушариях): низкоширотная ($\Delta\phi = 0^\circ - 38^\circ$), среднеширотная ($\Delta\phi = 38^\circ - 61^\circ$) и высокоширотная ($\phi > 61^\circ$). В каждом из этих участков определим статистическую значимость годового периода. Там, где эта значимость будет достаточно заметной, станем расширять (или сужать) эти участки через 1° по широте и долготе, добываясь наименьшего значения q . Таким способом можно выделить области, где период $P = 1$ год в сейсмичности наблюдается наиболее отчетливо.

3 Регионы Земли, в которых годового периода сейсмичности наиболее выражен

В табл. 2 указаны выявленные нами области (регионы) Земли, где период $P = 1$ год в сейсмической активности наиболее выражен, т. е. значения q малы. Эти области ограничены указанными интервалами широт и долгот. Там же приведены число N землетрясений для каждой области и фаза максимума годовой волны.

Таблица 2.

Географическая широта, ϕ	Географическая долгота, λ	Уровень значимости, q	Фаза максимума, α	Число землетрясений, N
Северное полушарие				
Балканы и Турция				
37° – 46° с.ш.	20° – 30° в.д.	$6.2 \cdot 10^{-4}$	118°	3385
Перешеек между Северной и Южной Америкой				
0.1° – 15° с.ш.	80° – 90° з.д.	$6.9 \cdot 10^{-4}$	137°	1260
Пакистан, Афганистан, Средняя Азия				
25° – 43° с.ш.	61° – 71° в.д.	$2.8 \cdot 10^{-3}$	115°	1294
Аляска и Алеутские острова				
49° – 65° с.ш.	177° – 180° в.д. 180° – 149° з.д.	$4.8 \cdot 10^{-3}$	102°	5183
Курильские острова				
43° – 58° с.ш.	150° – 160° в.д.	$1.7 \cdot 10^{-2}$	122°	1188
Большие Антильские острова				
10° – 23° с.ш.	60° – 79° з.д.	$1.7 \cdot 10^{-2}$	129°	715
Все вместе вышеперечисленные области северного полушария				
		$6.3 \cdot 10^{-10}$	113°	13025
Южное полушарие				
Перу и северная часть Чили				
1° – 33° ю.ш.	71° – 80° з.д.	$1.6 \cdot 10^{-3}$	194°	1866
Острова Соломоновы и Новые Гебриды				
0° – 23° ю.ш.	148° – 172° в.д.	$1.4 \cdot 10^{-2}$	243°	5176
Южно-Сандвичевы острова				
54° – 61° ю.ш.	20° – 30° з.д.	$1.6 \cdot 10^{-2}$	288°	180
Все вместе вышеперечисленные области южного полушария				
		$1.8 \cdot 10^{-3}$	231°	7222

Таблица 3.

Уровень значимости, q	Фаза максимума, α	Число землетрясений, N
Северное полушарие		
$2.6 \cdot 10^{-4}$	114°	35377
Южное полушарие		
$5.6 \cdot 10^{-2}$	211°	15936

Область “Балканы и Турция” включает в себя западную часть Турции, Грецию, Албанию, Болгарию, Румынию, часть Югославии и Карпаты. В область “Перешеек между Северной и Южной Америкой” входят Гандурас, Сан-Сальвадор, Никарагуа, Коста-Рика и Панама.

На рис. 1, взятом из (Сейферт, 1991), представлена карта Земли с изображенными на ней литосферными плитами и их границами.

Из рассмотрения рис. 1 и табл. 2 следует, что все выделенные области расположены вблизи зон субдукции, т. е. там, где одна литосферная плита поддвигается (погружается) под другую (с последующим ее расплавлением в астеносфере), или в участках континентальной коры, подвергающимся активному разломообразованию. Однако обратное неверно – не все такие регионы показывают четко выраженную годовую периодичность в сейсмической активности.

Наибольшая значимость периода $P = 1$ год наблюдается в выявленных регионах континентальной коры с активным разломообразованием (табл. 2).

Если объединить все выявленные регионы (отдельно для северного и южного полушарий), то статистическая значимость годового периода становится заметно выше, особенно в северном полушарии (табл. 2). В связи с этим очень важно выяснить, сохранится ли годовая периодичность при исключении этих регионов из рассмотрения глобальной сейсмичности слабых землетрясений?

В табл. 3 приведены результаты такого рассмотрения.

Из табл. 3 следует, что для северного полушария период $P = 1$ год отчетливо наблюдается и при исключении выбранных регионов. Однако в южном полушарии он становится малозаметным.

4 Заключение

Выявлено 9 относительно небольших регионов Земли, в которых годовая периодичность сейсмической активности наиболее выражена, т. е. имеет наибольшую значимость. Все эти регионы (области) относятся к зонам субдукции или к участкам континентальной коры, подвергающимся активному разломообразованию. Они вносят наибольший вклад в годовой период, хотя число толчков с в них приблизительно в два-три раза меньше, чем в остальной части земного шара.

В северном полушарии период $P = 1$ год уверенно наблюдается и при исключении выбранных регионов. Это может означать, что сезонная периодичность имеет место (статистически) почти для всех сейсмоактивных областей северного полушария. Годовой период сейсмической активности южного полушария выражен значительно хуже. Причиной этому могут быть: малое число (в каталоге) землетрясений с $M = 3.0 - 4.7$ на средних широтах, где период $P = 1$ год проявляется лучше всего (Горькавый и др., 2003), и преобладание дивергентных границ литосферных плит, где этот период наименее значим (Горькавый и др., 2006). Дивергентные границы (зоны спрединга) характеризуются расширением (растяжением) океанического дна в срединно-океанических хребтах.

Мы придерживаемся точки зрения, что годовая периодичность сейсмической активности обусловлена внутригодовыми колебаниями скорости движения литосферных плит. Поэтому выявленные регионы можно рассматривать как индикаторы, где такие колебания наиболее отчетливы или происходят с наибольшей амплитудой. Ранее нами была получена оценка внутригодовой неравномерности этого движения, равная приблизительно ± 0.5 см в год (Горькавый и др., 2004, 2005).

В дальнейшем предполагается проверить эту гипотезу путем анализа прямых измерений координат станций наблюдений при помощи радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ), GPS-приемников и лазерной локацией спутников.

Литература

- Горькавый Н.Н., Дмитроца А.И., Левицкий Л.С., Ставицкий З.Л., Тайдакова Т.А., Татевян С.К., Трапезников Ю.А., Фридман А.М. // Физика Земли. 2000. №. 5. С. 28.
- Горькавый Н.Н., Дмитроца А.И., Левицкий Л.С., Сидоренков Н.С., Ставицкий З.Л., Тайдакова Т.А., Татевян С.К., Фридман А.М. // Материалы V Севастопольского Международного семинара “Фундаментальные и прикладные проблемы мониторинга и прогноза природных, техногенных и социальных катастроф”. “Стихия-2002”. Севастополь. 2002. С. 92.
- Горькавый Н.Н., Дмитроца А.И., Левицкий Л.С., Сидоренков Н.С., Ставицкий З.Л., Тайдакова Т.А., Татевян С.К. // Сборник научных трудов Севастопольского Национального института ядерной энергии и промышленности (СНИЯЭиП). 2003. Вып. 9. С. 210.
- Горькавый Н.Н., Дмитроца А.И., Левицкий Л.С., Тайдакова Т.А. // Сборник научных трудов Севастопольского Национального института ядерной энергии и промышленности (СНИЯЭиП). 2004. Вып. 11. С. 60.
- Горькавый Н.Н., Дмитроца А.И., Левицкий Л.С., Сидоренков Н.С., Тайдакова Т.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2005. Т. 101. С. 169.
- Горькавый Н.Н., Дмитроца А.И., Левицкий Л.С., Тайдакова Т.А. // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. Севастополь: СНУЯЕтаП. 2006. Вип. 4(20). С. 85.
- Национальный информационный центр по землетрясениям Геологической службы США. 1928–1990 (VX DAT (1928–1990), US Geological Survey, National Earthquake Information Center).
- Сейферт К. // Структурная геология и тектоника плит. Т. 3. Мир.: 1991.
- Теребиж В.Ю. // Анализ временных рядов в астрофизике. М.: Наука. 1992.