

УДК 550.318

Оценка внутригодовой неравномерности движения литосферных плит на основе годовой вариации сейсмичности

Н.Н. Горькавый¹, А.И. Дмитроца¹, Л.С. Левицкий¹, Н.С. Сидоренков², Т.А. Тайдакова¹

¹ Крымская Астрофизическая Обсерватория, 984096 Украина, Крым, Научный

² Гидрометцентр России, Москва

Поступила в редакцию 28 декабря 2004 г.

Аннотация. На основе предположения, что вариации сейсмической активности вызываются преимущественно колебаниями скорости движения литосферных плит, и анализа обнаруженной ранее годовой периодичности слабых (с магнитудой $M < 5.0$) землетрясений получена оценка внутригодовой неравномерности этого движения: $\Delta v \approx \pm 0.15 V_{CP}$, где V_{CP} – средняя скорость плит в течение года.

THE ESTIMATE OF ANNUAL IRREGULARITY OF MOTION OF THE LITOSPHERIC PLATES ON THE BASIS OF THE ANNUAL VARIATIONS OF SEISMICITY, by *N.N. Gorkavyj, A.I. Dmitrotsa, L.S. Levitsky, N.S. Sidorenkov, and T.A. Taidakova*. On the basis of the supposition, that variations of seismic activity are mainly caused by oscillations of the velocity of motion of the lithosphere plates, and from analysis of the annual periodicity of the weak (magnitude $M < 5.0$) earthquakes, discovered earlier, we obtained the estimate of the annual irregularity of the plate motion: $\Delta V \pm 0.15 V_m$, where V_m is the mean relative velocity of the adjoined plates during a year.

Ключевые слова: землетрясение, литосферные плиты, годовая вариация

1 Введение

Ранее нами (Горькавый и др., 2000, 2002, 2003) при помощи преобразования Фурье проанализированы колебания глобальной сейсмической активности за 1964 – 90 гг. В качестве базы данных был взят каталог Национального информационного центра по землетрясениям Геологической службы США (Нац. Инф. Центр, 1928 – 1990), содержащий сведения о более чем 130 тысячах землетрясений с магнитудой $M \geq 3.0$, произошедших во всем мире за это время. С высокой степенью достоверности обнаружена годовая периодичность числа событий.

Было показано, что период $P=1$ год имеет место лишь для относительно слабых ($M < 5.0$) землетрясений, а для более сильных не наблюдается. Возможно это означает, что время подготовки (накопления энергии) для землетрясений с $M < 5.0$ порядка года.

Наиболее четко годовой период выражен на средних широтах ($\varphi \approx 38^\circ - 61^\circ$) в обоих полушариях. Это справедливо только для “мелкофокусных” землетрясений с глубинами гипоцентров $H < 60$ км, которых большинство ($\approx 70\%$).

Обнаружено, что колебания с $P=1$ год происходят почти в противофазе в северном и южном полушариях Земли: максимальное число толчков приходится на местный весенний сезон. Амплитуда модуляции составляет 16% для северного полушария и 11% – для южного.

Не найдено зависимости фазы годовой волны от географической долготы.

Горькавый и др. (2000, 2002) высказали предположение о возможной связи годовых колебаний сейсмической активности с сезонными вариациями некоторых параметров глобальной атмосферы (например, давления, углового момента импульса атмосферы), а позже (Горькавый и др., 2003) непосредственно провели такое сопоставление. Сведения об атмосфере взяты из (Сидоренков, 2002).

Найдена тесная связь годового периода сейсмичности и сезонных вариаций углового момента импульса атмосферы: одинаковая зависимость от географической широты, северо-южная асимметрия, близкие фазы колебаний. Изменения углового момента импульса атмосферы (импульса ветров) 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. В этой работе приведена оценка предполагаемого изменения скорости плит.

2 Постановка задачи

В настоящее время считается общепризнанным, что тектонические коровые землетрясения – это быстрое (сейсмическое) разрушение (сдвиг по разрыву) горных пород под действием сдвиговых упругих деформаций, накопленных этими породами. Причиной накопления упругих деформаций в некотором объеме горных пород является различие в скоростях движения смежных блоков земной коры. Когда накопленные упругие деформации достигнут предела прочности пород, происходит быстрая подвижка упругодеформированных частей литосферных блоков. Таким образом освободится накопленная энергия. Волны, порожденные этим внезапным движением отдачи, и есть землетрясения (Эйби, 1982).

Подавляющее большинство землетрясений происходит на границах литосферных плит. Плиты постоянно движутся относительно друг друга. Большая часть тектонических процессов с интенсивным обменом энергией действует на границах плит. Но и внутри плит главный источник напряжений предполагается связанным с силами, вызывающими движение плит, хотя многие другие механизмы могут также вносить вклад в региональные поля напряжений (Сейферт, 1991).

Обычно принимается, что литосферные плиты движутся равномерно. Измеренные относительные скорости плит в среднем равны $\approx 3 - 4$ см/год, хотя в некоторых районах вблизи экватора (в зонах спрединга и субдукции) могут достигать 10 см/год (Сейферт, 1991). Однако вариации сейсмической активности (год от года и внутри года) наводят на мысль, что они могут вызываться неравномерностью относительного движения плит: при увеличении скорости число землетрясений должно возрастать, т.к. быстрее будет накапливаться упругая деформация.

Оценим возможную неравномерность движения литосферных плит по вариациям сейсмической активности.

3 Решение задачи

Накапливаемая упругая деформация (смещение d) в сейсмогенных зонах:

$$d \sim Vt,$$

где V – относительная скорость соприкасающихся литосферных плит, t – время. Естественно предположить, что число (N) возникающих землетрясений (в нашем случае с $M < 5.0$)

$$N \sim d \sim Vt$$

и

$$\Delta N \sim \Delta d \sim \Delta V t,$$

тогда

$$\frac{\Delta N}{N} \sim \frac{\Delta V}{V}.$$

Во введении было отмечено, что найденная нами амплитуда ($\frac{\Delta N}{N}$) годовой вариации числа слабых землетрясений составляет приблизительно 16% в северном полушарии и 11% – в южном. Примем $\frac{\Delta N}{N_{cp}} \approx \pm 0.15$, ибо это величина, полученная для северного полушария, основана на существенно большем числе событий (особенно для средних широт); тогда приближенно

$$\frac{\Delta V}{V_{cp}} \approx \pm 0.15$$

Это означает, что в местный весенний сезон скорость литосферных плит будет на 15% больше, чем среднее значение (V_{cp}) за год, а в местный осенний сезон – на столько же меньше. Конечно, это только оценка, и величина $\frac{\Delta V}{V_{cp}}$ может заметно отличаться для разных плит.

Для $V_{cp} = 3 - 4$ см/год получаем:

$$\Delta V \approx (0.5 - 0.6) \text{ см/год.}$$

В недавно опубликованной статье (Титов и др., 2004) по измерениям относительных местоположений станций наблюдений на протяжении последних 20 лет при помощи радиointерферометров со сверх длинной базой (РСДБ), GPS-приемников и лазерной локации спутников содержатся прямые указания на годовую вариацию расстояний между ними. Фазы колебаний противоположны в северном и южном полушариях Земли, а амплитуда смещений составляет несколько миллиметров. Никакой интерпретации этим фактам в статье не дается. Эти измерения находятся в хорошем согласии с нашими результатами.

Сравним полученную внутригодовую вариацию скорости (ΔV) движения плит с подвижками (d) при землетрясениях различной магнитуды. В таблице 1, составленной А.К. Певневым (Певнев, 1988): M – магнитуда землетрясения; L – длина очага землетрясения; d – величина подвижки, которую можно рассматривать в качестве суммы накапливаемых упругих деформаций.

M	$L, \text{ км}$	$d, \text{ см}$
5	8.3	3.5
6	23	20
7	62	120
8	170	660
9	470	3800

Путем экстраполяции находим, что для $M=4$ подвижка $d \approx 0.6$ см.

Годовой период обнаружен для землетрясений с $M=3.0 - 4.9$ (Горькавый и др., 2000, 2002, 2004), но число толчков с $M < 4.0$ в (Нац.инф.центр, 1928 – 1990) очень мало. Наибольшее число землетрясений в рассматриваемом диапазоне магнитуд в (Нац.инф.центр, 1928 – 1990) приходится на $M=4.3 - 4.7$. Для них соответствующие подвижки получаются $d \approx 1.5 - 2.5$ см. Из сравнения величин d и полученных оценок значений ΔV можно заключить, что найденная внутригодовая неравномерность движения литосферных плит вполне может быть причиной наблюдаемой годовой вариации числа слабых ($M < 5.0$) землетрясений.

4 Выводы

На основе предположения, что вариации сейсмической активности вызываются преимущественно колебаниями скорости движения литосферных плит, и анализа обнаруженной ранее годовой периодичности слабых (с магнитудой $M < 5.0$) землетрясений получена оценка внутригодовой неравномерности этого движения: $\Delta V \approx \pm 0.15 V_{cp}$, где V_{cp} – средняя скорость плит в течение года. Эта оценка находится в близком соответствии (по фазе и величине) с обнаруженной недавно (Титов и др., 2004) годовой вариацией относительных смещений станций наблюдений по прямым измерениям при помощи радиointерферометров со сверхдлинной базой (РСДБ), GPS-приемников и лазерной локации спутников.

Величина ΔV сопоставлена с подвижками в очаге землетрясений различной магнитуды. Из этого сравнения можно заключить, что полученная величина внутригодовых колебаний скорости литосферных плит вполне может быть причиной годовой вариации в сейсмичности.

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. N. 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.
- Национальный информационный центр по землетрясениям Геологической службы США, 1928 – 1990 (VX DAT (1928 – 1990), US Geological Survey, National Earthquake Information Center).
- Певнев А.К. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1988. N. 12. С. 88.
- Сейферт (Под редакцией Сейферта К.) // Структурная геология и тектоника плит. Мир. 1991. Т. 3. С. 350.
- Сидоренков Н.С. // Физика неустойчивости вращения Земли. М.: Физматлит. 2002.
- Титов и др. (Titov O., Govind R., Ogaја C.) // in International VLBI Service for Geodesy and Astrometry 2003 Annual Report, NASA / TP-2004-212254, eds. N.R. Vanberg and K.D. Baver. P. 163.
- Эйби Дж.А. // Землетрясения. М. Недра. 1982.