

О МИГРАЦИИ ТИХООКЕАНСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ОБЛАСТИ МАГНИТУД $M > 8$

Осипова Н.А.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Devil@kscnet.ru

Введение

В результате исследований, проведенных в последние пять десятилетий, было показано существование миграции очагов землетрясений в пределах всех сейсмических поясов Земли [1]. Миграция очагов землетрясений является наиболее характерным свойством сейсмического процесса, отражающим его волновую природу. Значения скоростей миграции землетрясений V находятся в пределах $10^{-2} \text{ см/с} \leq V \leq 1 \text{ км/с}$ [3, 4].

Анализ данных о миграции землетрясений показывает, что между энергией волны (магнитудой мигрирующих землетрясений) и значением её скорости существует прямопропорциональная зависимость. Это указывает на нелинейную, солитонную природу таких волн. Такие зависимости, как известно, характерны для блоковых сред, к которым относится геофизическая среда [10].

Ранее опубликованные данные о значениях скоростей миграции тихоокеанских землетрясений получены для сейсмических событий с магнитудами $M \leq 8.0$, для которых они составляют $250 \pm 30 \text{ км/год} \approx 1 \text{ см/сек}$ [2, 3]. Поэтому определенный интерес представляет задача определения соответствующих скоростей миграции в области больших значений магнитуд $M > 8.0$. Прогнозируемые значения скоростей миграций землетрясений с $M > 8.0$ на основании данных [3, 22] для магнитуд $M = 8.5, 8.7$ и 9.0 должны соответствовать значениям: $V \approx 550 \pm 300, 800 \pm 300$ и $2000 \pm 500 \text{ км/год}$ соответственно.

Исходные данные

На основании анализа мировых баз данных [7-9, 11-21] был составлен наиболее полный список землетрясений с $M \geq 8.4-8.5$ с глубинами очагов $H < 60 \text{ км}$, произошедших в пределах окраины Тихого океана в 1361 – 1965 гг. Наименьший предел временного интервала определяется первыми по времени данными о сильных землетрясениях, содержащихся в каталогах японских [13-15, 20] и южноамериканских [12] землетрясений. Расположение эпицентров используемых землетрясений в пределах тихоокеанской сейсмофокальной зоны представлено на рис. 1.

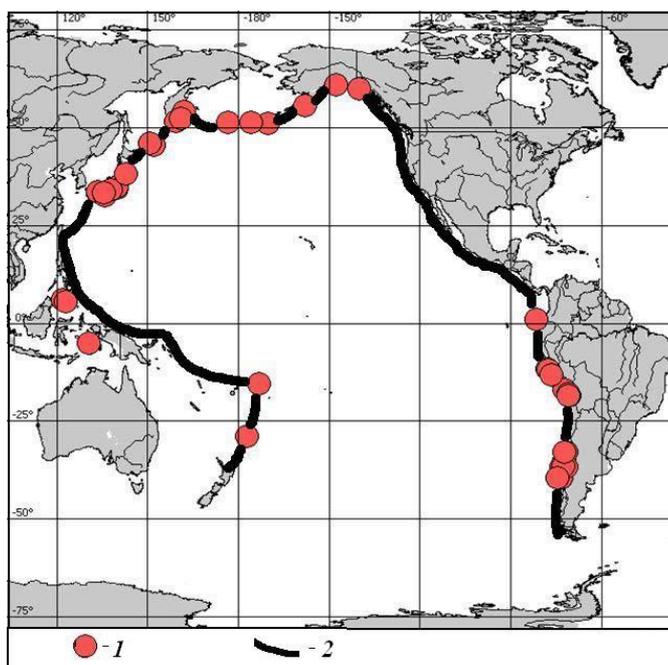


Рис. 1. Расположение эпицентров 46-ти тихоокеанских землетрясений с $M \geq 8.4-8.5$, 1361-1965 гг. 1 - эпицентры тихоокеанских землетрясений с $M \geq 8.4-8.5$; 2 - линия, совпадающая с глубоководными желобами, вдоль которой определяется расстояние L .

Исследование пространственно-временного распределения тихоокеанских землетрясений проводилось в плоскости с осями «расстояние вдоль дуги L – время t ». В качестве расстояния вдоль дуги выбрана линия, совпадающая с осями глубоководных желобов. Методика построения линии описана в [5, 6]. Общая протяженность такой линии составляет около 40 000 км (рис. 1).

Определение скоростей миграции очагов землетрясений

Расположение эпицентров тихоокеанских землетрясений с $M \geq 9.0$ и с $M \geq 8.7$ на пространственно-временной карте $L-t$ в течение «инструментального» периода 1897-2005 гг. представлено на рис. 2а и 2б, соответственно.

Из данных, представленных на рис. 2а видно, что эпицентры всех 5 землетрясений с $M \geq 9.0$ группируются в пределах двух прямолинейных цепочек, скорости миграций вдоль которых составляют $V_1 \approx 700$ и $V_2 \approx 2700$ км/год. В среднем, $V_{M \geq 9.0} \approx 1700 \pm 1000$ км/год. Землетрясения с $M \geq 8.7$ также группируются в пределах тех же двух цепочек (рис. 2б). При этом среднее значение скорости миграции землетрясений с $M \geq 8.7$, определенное по данным, сгруппированным в цепочке 1, равно $V_{M \geq 8.7} \approx 500 \pm 200$ км/год.

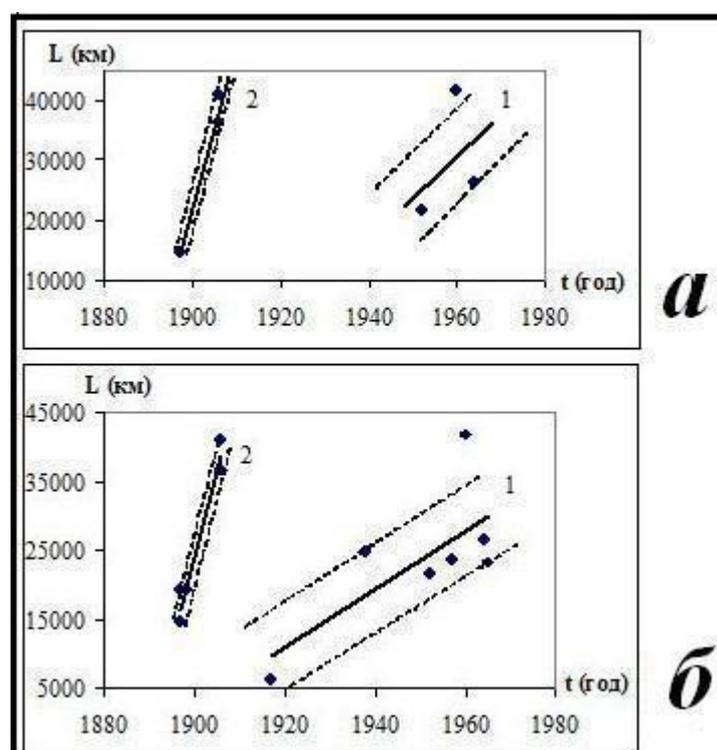


Рис. 2. Пространственно-временные карты эпицентров тихоокеанских землетрясений 1897-1960 гг. с $M \geq 9.0$ (а) и с $M \geq 8.7$ (б) и определенные по ним методом наименьших квадратов две прямые линейные цепочки миграции (обозначены цифрами 1 и 2)*.

Аналогичная ситуация наблюдается при нанесении на пространственно-временную карту эпицентров тихоокеанских землетрясений 1897-1965 гг. с $M \geq 8.5$, которые тоже группируются в пределах тех же самых двух прямолинейных цепочек. При этом средние значения скоростей миграции таких землетрясений составляют для землетрясений с $M \geq 8.7$ $V_{M \geq 8.7} \approx 500 \pm 200$ км/год, для землетрясений с $M = 8.5-8.6$ - $V_{M=8.5-8.6} \approx 350 \pm 90$ км/год.

Рассмотрим пространственно-временное расположение очагов тихоокеанских землетрясений с $M \geq 8.5$ «доинструментального» периода 1361-1896 гг. Расположение эпицентров землетрясений с $M \geq 8.9$, произошедших 1361-1730 гг., представлено на рис. 3.

* Линии доверительного интервала не должны быть параллельными прямыми – Прим. ред.

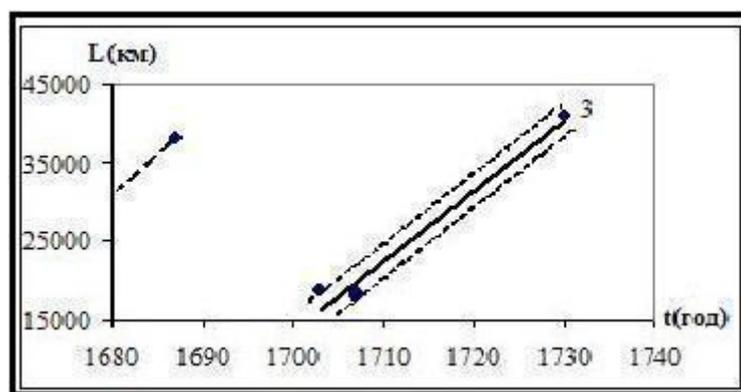


Рис. 3. Пространственно-временная карта эпицентров тихоокеанских землетрясений 1361-1896 гг. с $M \geq 8.9-9.0$ и определенная по ним прямолинейная цепочка миграции землетрясений с $M=8.9$ (обозначена цифрой 3).

Видно, что в пределах прогнозируемого диапазона скоростей японские землетрясения 1703-1707 гг. и южноамериканский двойной толчок 1730 г. с суммарной магнитудой $M \approx 8.9$ могут быть объединены в одну линейную цепочку, скорость миграции вдоль которой составляет $V_{M \geq 8.9} \approx 900 \pm 80$ км/год.

Расположение эпицентров землетрясений 1361-1896 гг., с $M \geq 8.4-8.5$ на пространственно-временной карте представлено на рис. 4.

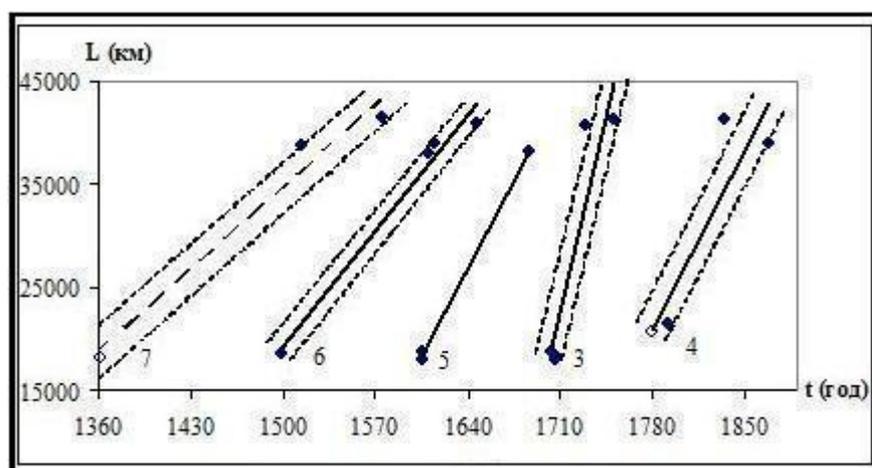


Рис. 4. Пространственно-временная карта эпицентров тихоокеанских землетрясений 1361-1896 гг. с $M \geq 8.4-8.5$ и определенные по ним методом наименьших квадратов пять прямолинейных цепочек миграции (обозначены цифрами 3-7).

Видно, что эпицентры всех землетрясений группируются в пределах пяти узких зон - миграционных цепочек 3-7. При этом цепочка 3 «объединяет» два землетрясения с $M=8.9$ и одно землетрясение 1751 г., представляющее двойной толчок с суммарной магнитудой $M=8.8$. Скорость миграции вдоль такой цепочки составляет $V_{M \geq 8.8-8.9} = 540 \pm 110$ км/год. Цепочки 4-7, объединяющие эпицентры землетрясений с $M \geq 8.5-8.6$, имеют близкие наклоны, значения которых соответствуют значениям скоростей миграций: $V_7 \approx 115 \pm 20$, $V_6 \approx 158 \pm 15$, $V_5 \approx 240 \pm 10$ и $V_4 \approx 247 \pm 80$ км/год. Среднее значение скорости миграции землетрясений с $M \geq 8.5-8.6$, определенное по этим данным, составляет $V_{M \geq 8.5-8.6} \approx 200 \pm 60$ км/год.

Обсуждение результатов

Полученные в работе данные о скоростях миграции землетрясений с $M \geq 8.5$ ($V_{расч}$) представлены в табл. 1. В табл. 1 также приведены прогнозные значения скоростей миграции $V_{прогн}$, определенные на основании ранее полученных данных [2, 3]. Как видим, рассчитанные и прогнозные значения скоростей миграции землетрясений в магнитудном диапазоне $8.5 \leq M \leq 9.0$

совпадают. Это позволяет определенные значения скоростей миграций считать относящимися к солитонному решению, полученному ранее в [3].

Таблица 1. Прогнозные $V_{прогн}$ и рассчитанные $V_{расч}$ значения скоростей миграции тихоокеанских землетрясений с $M > 8.0$

Магнитудные диапазоны	$V_{прогн}$, км/ГОД	$V_{расч}$, км/ГОД
$M \geq 9.0$	$\approx 2000 \pm 500$	$\approx 1700 \pm 1000$
$M \geq 8.9$	-	$\approx 900 \pm 80$
$M \geq 8.8$	-	$\approx 540 \pm 110$
$M \geq 8.7$	$\approx 800 \pm 300$	$\approx 500 \pm 200$
$M \geq 8.5$	$\approx 550 \pm 300$	$\approx 200 \pm 60$

Список литературы

1. Быков В.Г. Деформационные волны Земли: концепция, наблюдения и модели // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 11. С. 1176-1190.
2. Викулин А.В. Миграция и осцилляции сейсмической активности и волновые движения земной коры // Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений. I Российско-Японский семинар. Хабаровск. 26-29 сентября, 2000. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2001. С. 205-224.
3. Викулин А.В. Физика волнового сейсмического процесса. Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2003. 150 с.
4. Викулин А.В., Иванчин А.Г. Ротационная модель сейсмического процесса // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. № 6. С.95-103.
5. Викулин А.В., Водинчар Г.М. Спектр энергии потока сейсмичности // Матер. ежегодной конференции, посвященной дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2005. С. 167-174.
6. Викулин А.В., Водинчар Г.М. Волны миграции сейсмической энергии // Тектоника, глубинное строение и минерагения востока Азии. V Косыгинские чтения. Хабаровск. 24-27 января, 2006. Хабаровск, 2006. С. 206-209.
7. Викулин А.В., Ким Ч.У. Курило-Камчатские землетрясения. Данные наблюдений. 1911- 1952 гг. М.: МЦДБ, 1983. 82с.
8. Викулин А.В., Ким Ч.У. Курило-Камчатские землетрясения. Данные наблюдений. 1953 - 1961 гг. М.:МЦДБ, 1983. 84с.
9. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времён до 1975 г. М.: Наука, 1977. 536 с.
10. Садовский М.А. Новая модель геофизической среды // Българско геофизично списание. 1985. Т. XII. № 2. С. 3-10.
11. Соловьёв С.Л., Го Ч.Н. Каталог цунами на западном побережье Тихого океана. М.: Наука, 1974. 309 с.
12. Соловьёв С.Л., Го Ч.Н. Каталог цунами на восточном побережье Тихого океана. М.: Наука, 1975. 203с.
13. Catalogue of Major Earthquakes which occurred in and near Japan (1926 - 1956) // Seismol. Bull. Japan Meteorolog. Agency. Suppl. 1. Tokyo. 1958. 91 p.
14. Catalogue of Major Earthquakes which occurred in and near Japan (1957 - 1962). //Seismol. Bull. Japan Meteorolog. Agency. Suppl. 2. Tokyo.1966. 47 p.
15. Catalogue of Major Earthquakes which occurred in and near Japan (1963 - 1967) // Seismol. Bull. Japan Meteorolog. Agency. Suppl. 3. Tokyo. 1968. 61 p.
16. Centennial Earthquake Catalog: (<http://earthquake.usgs.gov/research/data/centennial.php>)
17. Duda S. J., Secular seismic energy release circum-pacific belt // Tectonophysics. 1965. 2 (5). P. 409-452.
18. Duda S. J. Global earthquakes 1903-1985. Hamburg F.R. Germany: NEIC, 1992. 183 p.
19. ISC: (<http://www.isc.ac.uk/Bulletin/rectang.htm>).
20. JMA: (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>).
21. NEIC: (<http://neic.usgs.gov/neis/epic/epicglobal.html>).
22. Vikulin A. V. Earth Rotation, Elasticity and Geodynamics: Earthquake wave Rotary Model // Earthquake Source Asymmetry, Structural Media and Rotation Effects. Berlin, New York: Springer. 2006. P. 273-289.