

Омуралиева А., Омуралиев М.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗЕМЛИ В ЦЕЛОМ И ПЕРИОДЫ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ И ЗАТИШЬЯ

A. Omuralieva, M. Omuraliev

HISTORICAL EARTHQUAKE SEQUENCES IN THE WORLD AND SEISMICALLY ACTIVE AND CALM PERIODS

УДК:550.34

В статье приведены результаты исследования последовательности землетрясений в глобальном, планетарном масштабе. Отмечены характерные периоды сейсмической активизации и затишья разного иерархического уровня. Определено среднее время повторения землетрясений различного класса магнитуд. Установлено, что время повторения землетрясений разного класса магнитуд предопределено площадью поверхности Земли.

The results of a study on earthquake sequences on a global scale are presented in this paper. Active and calm periods of different hierarchical levels were distinguished. Average recurrence time of earthquakes of different magnitude was determined. It is found that earthquake recurrence time is predetermined by the area of the Earth surface.

Изучение последовательности проявления землетрясений Земли в целом является актуальным для решения фундаментальных проблем сейсмологии. Каталог землетрясений Земли и ее частей систематически составляется Геологической службой Соединенных Штатов Америки (USGS) [2]. Рассмотрим последовательность проявления значительных землетрясений за 2002-2012 гг. (Рис.1).

С 05.03.2002 г. по 09.09.2005 г. проявился период сейсмической активизации (Рис.2), на фоне которого отмечались локальные сейсмические затишья и пиковые значения магнитуд:  $M=7,5$  05.03.2002 г.,  $M=7,9$  03.11.2002 г.,  $M=8,3$  25.09.2003 г.,  $M=9,1$  25.12.2004 г (землетрясение Суматра-Андаман),  $M=7,7$  09.09.2005 г. При этом до 25.12.2004 г. наблюдался постепенный подъем активизации, а после - резкий спад сейсмической активизации. С сентября 2005 г. по январь 2006 г. отмечался период сейсмического затишья.

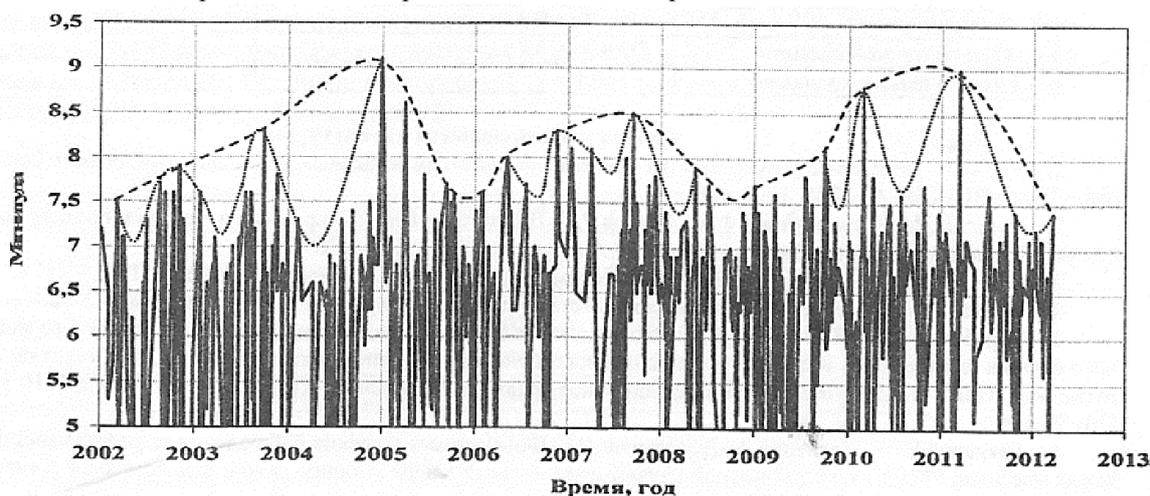


Рис. 1. Последовательность проявления значительных землетрясений Земли в целом за 2002-2012 гг.

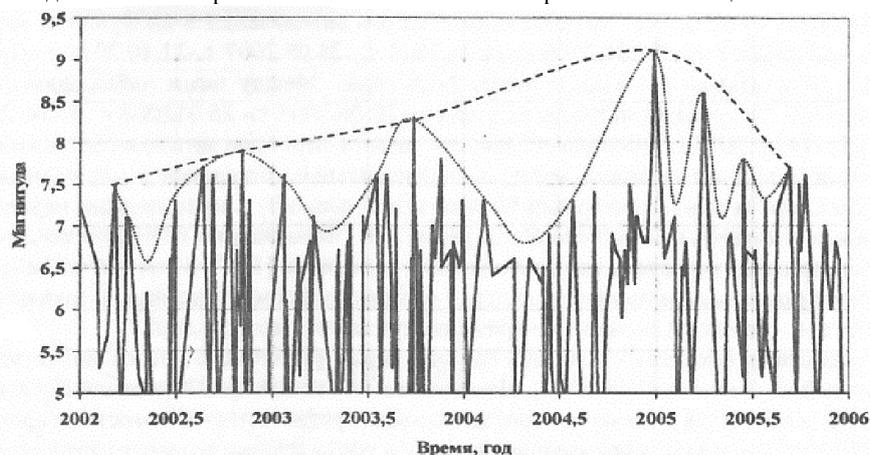


Рис. 2. Последовательность проявления значительных землетрясений Земли в целом за 2002-2005 гг.

С 27.01.2006 г по 16.11.2008 снова проявился период сейсмической активизации (Рис.3), на фоне которого наблюдались локальные сейсмические затишья и пиковые значения магнитуд:  $M=7,6$  27.01.2006 г.,  $M=8,0$  03.05.2006 г.,  $M=8,3$  15.11.2006 г.,  $M=7,9$  12.09.2007 г.,  $M=7,9$  12.05.2008 г.,  $M=7,4$  16.11.2008 г. При этом до 15.11.2000 г. наблюдался подъем сейсмической активизации, а после - спад. С 12.06.2008 г. до 21.09.2009 г. отмечалось сейсмическое затишье.

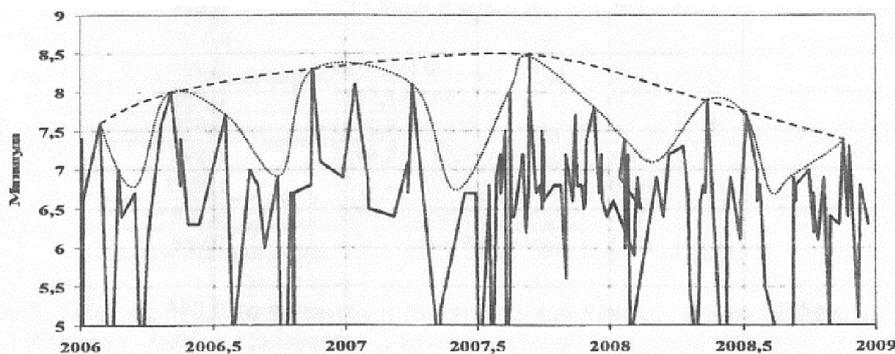


Рис. 3. Последовательность проявления значительных землетрясений Земли в целом за 2006-2008 гг.

С 28.09.2009 г. по 21.10.2011 г. проявился период сейсмической активизации (Рис.4), на фоне которого наблюдались локальные сейсмические затишья и пиковые значения магнитуд:  $M=8,1$  21.09.2009 г.,

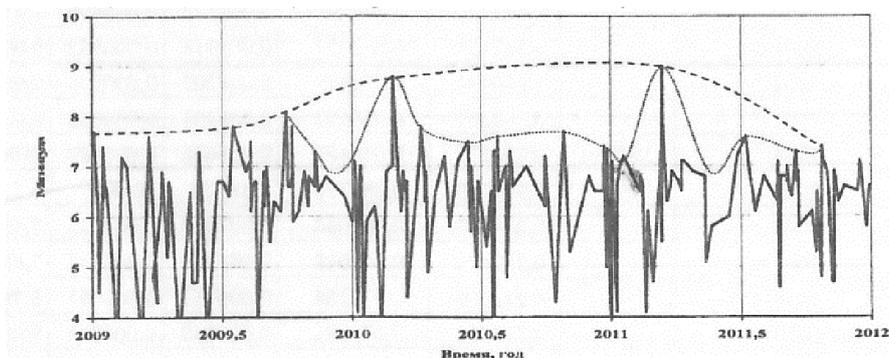


Рис. 4. Последовательность проявления значительных землетрясений Земли в целом за 2009-2011 гг.

При этом до 11.03.2011 г. отмечался постепенный подъем сейсмической активизации, а после - резкий спад. С 28.10.2011 г. по 14.03.2012 г. отмечалось сейсмическое затишье, после с 20.03.2012 г., вероятно, наступил период сейсмической активизации. Следует отметить, что за 2000-2011 гг. наблюдались три периода сейсмической активизации, разделенные периодами затишья с продолжительностью около одного года. Максимумы периодов сейсмической активизации повторялись через 2,5-3,05 года. Подъем сейсмической активизации постепенный, а спуск активизации - резкий.

Следовательно, отмечались периоды сейсмической активизации в следующих интервалах времени 05.03.2002 г. - 09.09.2005 г., 27.01.2006 г.-16.11.2008 г., 28.09.2009 г.-21.10.2011 г. Продолжительность этих периодов активизации составляла около 2-3,6 года. Между ними наблюдались периоды относительного затишья в следующих интервалах времени 10.09.2005 г.- 26.01.2006 г., 12.06.2008 г.-21.10.2009 г., 28.10.2011 г.-14.03.2012 г. Продолжительность данных периодов затишья составляла около 0,25-1,5 г. Периоды сейсмической активизации могут быть относительно мощными и маломощными. Мощные периоды сопровождаются землетрясениями больше и/или равно 9, а маломощные периоды активизации - землетрясениями с магнитудой больше и/или равно 8,5. Чередование периодов сейсмической активизации и затишья отражает характер геодинамических процессов [1]. Подъем сейсмической активизации позволяют оценить возможную магнитуду ожидаемого землетрясения, а локальные периоды активизации и затишья - наметить возможное время наступления этих событий.

Годовая статистика землетрясений Земли в целом различного класса магнитуд определена Геологической службой Америки (11803) [2]. Нами уточнена частота землетрясений с магнитудой  $M=8,0-8,9$  и  $M=9,0-9,9$ . На основе этих данных построены годовые графики повторяемости землетрясений по годам с 2000 г. по 2011 г. Результаты определения параметра соотношения среднегодовой частоты и магнитуды приведены в табл. 1.

Таблица 1

№	Год	Соотношение	Достоверность проксимации, K <sup>2</sup>
1	2000	lgN = -0,9789M+8,4315	0,995
2	2001	lgN = -0,9717M+8,3658	0,996
3	2002	lgN = -0,9428M+8,2143	0,998
4	2003	lgN = -0,9789M+8,422	0,996
5	2004	lgN = -0,878M+7,8979	0,9687
6	2005	lgN = -1,0516M+8,9389	0,998
7	2006	lgN = -0,9894M+8,5811	0,993
8	2007	lgN = -0,9131M+8,2143	0,989
9	2008	lgN = -1,0053M+8,6924	0,995
10	2009	lgN = -0,9739M+8,4252	0,9875
11	2010	lgN = -0,998M+8,6609	0,988
12	2011	lgN = -0,8468M+7,879	0,988

Значение коэффициента графика повторяемости изменяется от 0,846 до 1,052 (Рис.5). Среднее значение составляет 0,96. Относительно большие значения отмечались в 2005 г. и 2008 г., а сравнительно малые значения - в 2004 г. и 2011 г. Время повторения T (в годах) землетрясений различного класса магнитуд Земли в целом по годам приведены в табл. 2.

Таблица 2

Год\Магнитуда	9,0-9,9	8,0-8,9	7,0-7,9	6,0-6,9	5,0-5,9	4,0-4,9
2000		0,774729	0,08133	0,008538	0,000896	9,41E-05
2001		0,782799	0,083551	0,008918	0,000952	0,000102
2002		0,630231	0,071895	0,008202	0,000936	0,000107
2003		0,367367	0,048652	0,006443	0,000853	0,000113
2004	2,080894	0,290235	0,040481	0,005646	0,000787	0,00011
2005		0,999309	0,088736	0,00788	0,0007	6,21E-05
2006		0,674217	0,069088	0,007079	0,000725	7,43E-05
2007		0,352411	0,043048	0,005258	0,000642	7,85E-05
2008		0,712279	0,070364	0,006951	0,000687	6,78E-05
2009		0,712771	0,075692	0,008038	0,000854	9,06E-05
2010		0,663896	0,066696	0,0067	0,000673	6,76E-05
2011	1,464199	0,208353	0,029648	0,004219	0,0006	8,54E-05
Среднее значение T	1,773	0,5974	0,0649	0,0069	0,00077	8,76E-05

Время повторения землетрясений с M=9,0-9,9 за 2000-2012 гг. изменяется от 1,464 года до 2,080 года. Среднее значение составляет 1,772 (т.е. 647,4 суток). Время повторения землетрясений с M=8,0-8,9 изменяется от 0,2083 года до 0,9993 года (Рис.5).

Среднее значение времени повторения составляет 0,5973 год (т.е. 218,18 суток). Относительно ольпие значения времени повторения землетрясений наблюдались в 2001 г., 2005 г., 2009 г., а сравнительно короткие периоды времени повторения - в 2004 г., 2007 г., 2011 г. Отмечается тренд уменьшения фемени повторения:

$$T = -0,018t + 36,616,$$

где T - время повторения, t – время, год.

Время повторения землетрясений с M=7,0-7,9 за 2000-2012 гг. изменяется от 0,0296 года до (,0887 года (Рис.6).

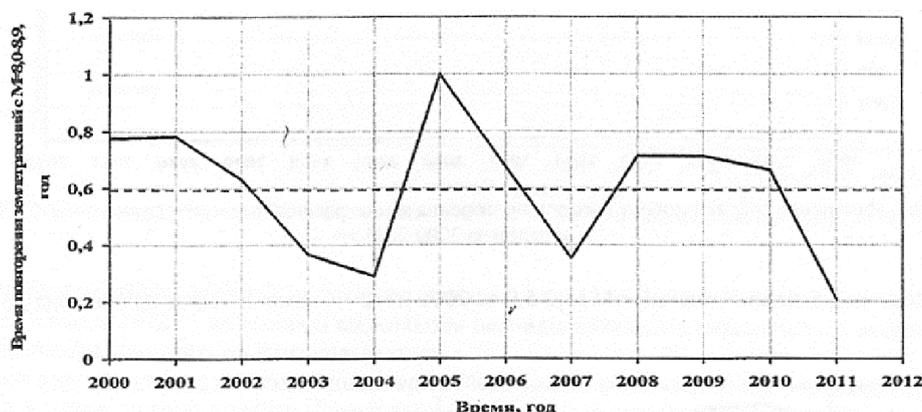


Рис. 5. Изменение среднегодового времени повторения землетрясений с магнитудами M=8,0-8,9 Земли в целом за 2000-2011 гг. Пунктирной линией обозначено среднее значение времени повторения землетрясений

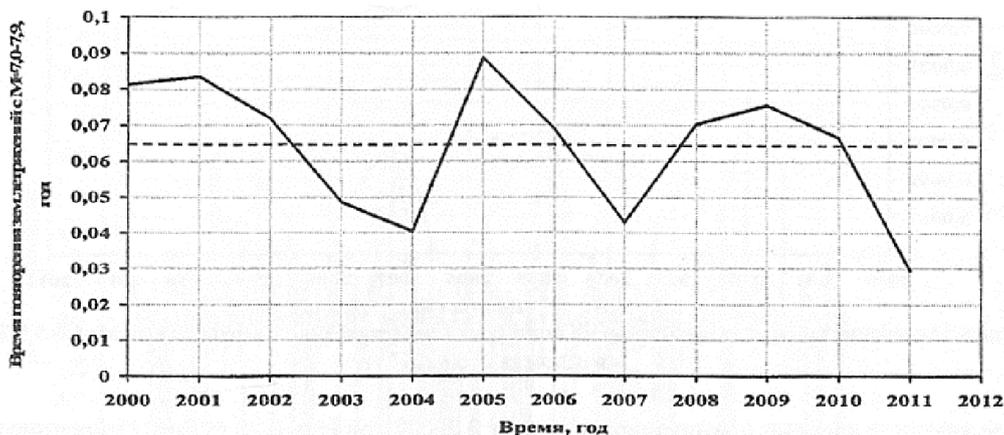


Рис.6. Изменение среднегодового времени повторения землетрясений с магнитудами М=7,0-7,9 Земли в целом за 2000-2011 гг.

Среднее значение времени повторения составляет 0,0641 год (т.е. 23,41 суток). Относительно рыхлые значения времени повторения землетрясений наблюдались в 2001 г., 2005 г., 2009 г., а сравнительно короткие периоды времени повторения - в 2004 г., 2007 г., 2011 г. Отмечается тренд уменьшения времени повторения:

$$T = -0,0021t + 4,2504,$$

где T - время повторения, t - время, год.

Время повторения землетрясений с М=6,0-6,9 за 2000-2012 гг. изменяется от 0,0042 года до 0,0089 (Рис.7). Среднее значение времени повторения составляет 0,0069 год (т.е. 2,55 суток). Относительно атьшие значения времени повторения землетрясений наблюдались в 2001 г., 2005 г., 2009 г., а сравнительно короткие периоды времени повторения - в 2004 г., 2007 г., 2011 г. Отмечается тренд уменьшения времени повторения:

$$T = -0,0002t + 0,4841,$$

где T - время повторения, t - время, год.

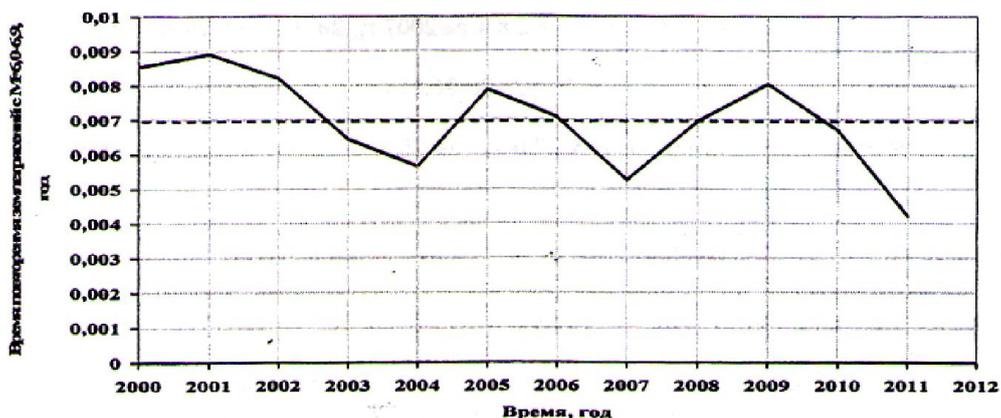


Рис.7. Изменение среднегодового времени повторения землетрясений с магнитудами M=6,0-6,9 Земли в целом за 2000-2011 гг.

Время повторения землетрясений с M=5,0-5,9 за 2000-2012 гг. изменяется от 0,0006 года до 0,00096 года (Рис.8).

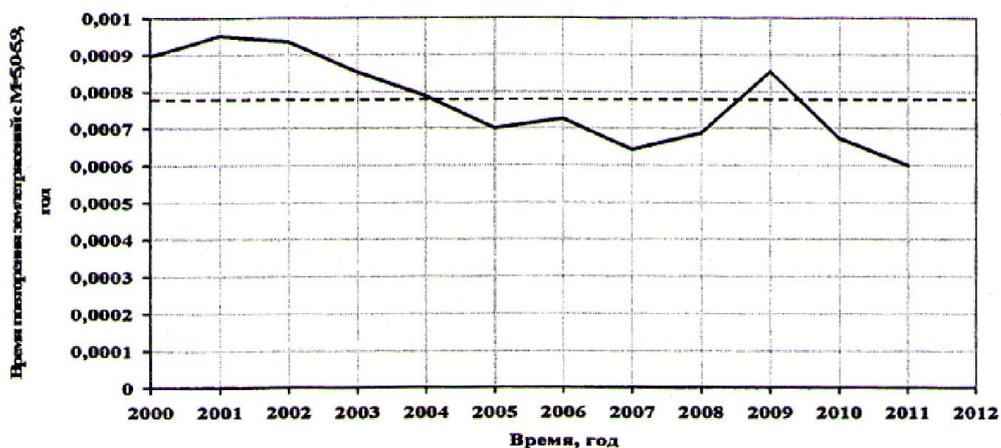


Рис.8. Изменение среднегодового времени повторения землетрясений с магнитудами M=5,0-5,9 Земли в целом за 2000-2011 гг.

Среднее значение времени повторения составляет 0,00077 год (т.е. 0,28 суток). Относительно большие значения времени повторения землетрясений наблюдались в 2001 г., 2005 г., 2009 г., а сравнительно короткие периоды времени повторения - в 2007 г., 2011 г. Отмечается тренд уменьшения интервала времени повторения:

$$T = -3 \cdot 10^{-5}t + 0,0529,$$

где T - время повторения, t - время, год.

Время повторения землетрясений с M=4,0-4,9 за 2000-2012 гг. изменяется от 6,21E-05 года до 0,00011 года (Рис.9). Среднее значение времени повторения составляет 8,764E-05 год (т.е. 0,032 суток или 0,76 часа). Относительно большие значения времени повторения землетрясений наблюдались в 2003 г., 2009 г., 2011 г., а сравнительно короткие периоды времени повторения - в 2005 г., 2008 г., 2010 г. Отмечается тренд уменьшения интервала времени повторения:

$$T = -3 \cdot 10^{-6}t + 0,0058,$$

где T - время повторения, t - время, год.

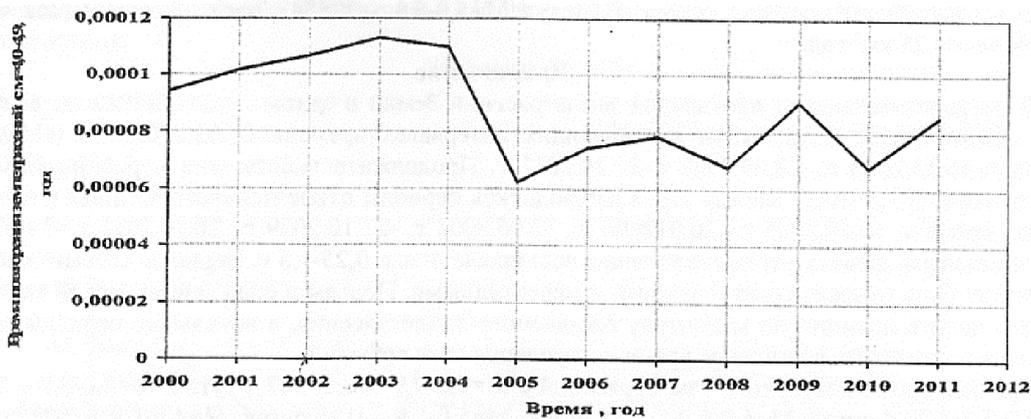


Рис. 9. Изменение среднегодового времени повторения землетрясений с магнитудами  $M=4,0-4,9$  Земли в целом за 2000-2011 гг.

На рисунке 10 приведена, в качестве примера, последовательность землетрясений Земли, происшедших в марте 2012 г., на которой выделяются периоды локальных сейсмических активизаций с пиковыми значениями магнитуды и периоды затишья.

При этом до и после периодов локальной сейсмической активизации наблюдаются периоды сейсмического затишья другого порядка. Локальная сейсмическая активизация имела пиковые значения магнитуд  $M=6,6$  3 марта,  $M=6,7$  9 марта,  $M=6,9$  14 марта,  $M=7,4$  20 марта. Промежуток времени между ними составлял 5,78 суток, 5,09 суток, 6,37 суток. Следует отметить, что пиковые значения магнитуд до 2 марта постепенно возрастали, а после - уменьшались.

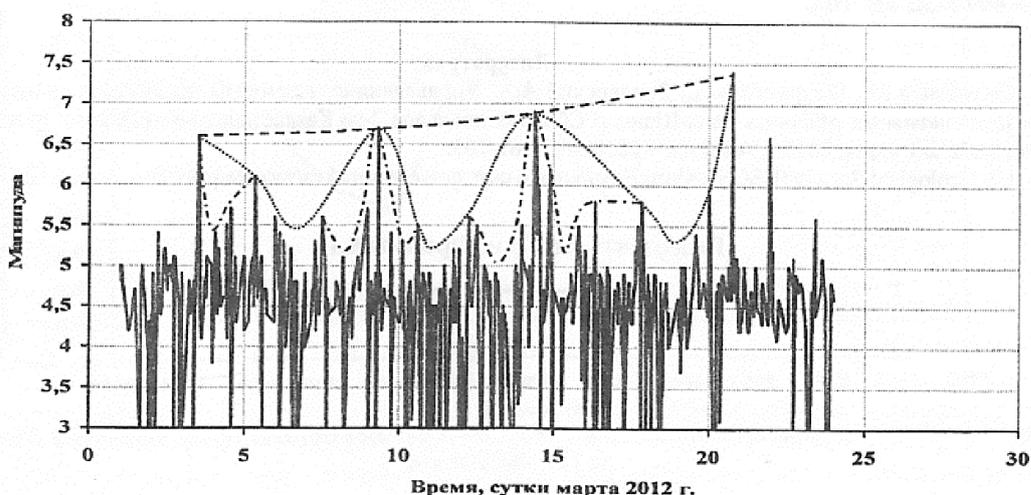


Рис. 10. Последовательность проявления землетрясений Земли в целом за март 2012 г. Линиями пунктирно; точечной и пунктирной с точками обозначены периоды активизации и затишья разного порядка.

В заключение можно отметить, что Земля в целом имеет свойственные периоды сейсмической активизации и затишья, повторяющиеся квазипериодично во времени. Максимумы периодов сейсмической активизации повторяются через 2,5-3,5 года. Продолжительность периодов затишья составляют около одного года. Периоды сейсмической активизации могут быть относительно мощными и маломощными. Мощные периоды сопровождаются землетрясениями больше и/или равно 9, а маломощные периоды активизации - землетрясениями с магнитудой больше и/или равно 8,5. Среднее время повторения землетрясений с  $M=9,0-9,9$  около 647,4 суток,  $M=8,0-8,9$  - 218,2 суток,  $M=7,0-7,9$  - 23,4 суток,  $M=6,0-6,9$  - 2, суток,  $M=5,0-5,9$  - 0,28 суток,  $M=4,0-4,9$  - 0,03 суток. Отношение значений среднего времени повторения последовательных классов магнитуд (т.е. относительно больших к последующему) составляет около  $T_i/T_{j+1} = 9,08$ . Землетрясения происходили на Земле с площадью  $S=510072000 \text{ км}^2$ . Очевидно, что время повторения землетрясений при прочих равных условиях зависит от площади региона. Произведение площади рассматриваемого региона  $S$  и величины среднего времени повторения  $T$  землетрясений определенного класса магнитуд, вероятно, отражает эту зависимость:

$$ST = O, \text{ км}^2\text{год.}$$

Величина  $O$  для класса магнитуд  $M=9,0-9,9$  составляет  $9,04E+08$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=8,0-8,9$  -  $3,05E+08$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=7,0-7,9$  -  $32694771$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=6,0-6,9$  -  $3565070$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=5,0-5,9$  -  $395547,9$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=4,0-4,9$  -  $44704,25$  км<sup>2</sup>год.

#### **Заключение**

В последовательности проявления землетрясений Земли в целом за 2000-2012 гг. выделяются периоды сейсмической активизации в следующих интервалах времени 05.03.2002 г. - 09.09.2005 г., 27.01.2006 г.- 16.11.2008 г., 28.09.2009 г.-21.10.2011 г. Продолжительность этих периодов активизации составляла около 2-3,6 года. Между ними наблюдались периоды относительного затишья в следующих интервалах времени 10.09.2005 г.- 26.01.2006 г., 12.06.2008 г. -21.10.2009 г., 28.10.2011 г. -14.03.2012 г. Продолжительность данных периодов затишья составляла около 0,25-1,5 г. Периоды сейсмической активизации могут быть относительно мощными и маломощными. Подъем и спад сейсмической активизации позволяют оценить возможную магнитуду ожидаемого землетрясения, а локальные периоды активизации и затишья - наметить возможное время наступления этих событий.

Среднее время повторения землетрясений с  $M=9,0-9,9$  около 647,4 суток,  $M=8,0-8,9$  - 218,2 суток,  $M=7,0-7,9$  - 23,4 суток,  $M=6,0-6,9$  - 2,55 суток,  $M=5,0-5,9$  - 0,28 суток,  $M=4,0-4,9$  - 0,03 суток. Отношение значений среднего времени повторения последовательных классов магнитуд составляет около  $(\bar{T}) = 9,08$ .

Время повторения землетрясений при прочих равных условиях зависит от размера (в частности, от площади поверхности) Земли. Произведение площади рассматриваемого региона  $S$  и величины среднего времени повторения  $T$  землетрясений определенного класса магнитуд, вероятно, отражает эту зависимость:

$$ST = O, \text{ км}^2 \cdot \text{год.}$$

Величина  $O$  для класса магнитуд  $M=9,0-9,9$  составляет  $9,04E+08$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=8,0-8,9$  -  $3,05E+08$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=7,0-7,9$  -  $32694771$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=6,0-6,9$  -  $3565070$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=5,0-5,9$  -  $395547,9$  км<sup>2</sup>год, для класса магнитуд  $M=4,0-4,9$  -  $44704,25$  км<sup>2</sup>год.

#### **Литература:**

1. Омуралиев М., Омуралиева А., Землянский А.А. Управляющие параметры проявления сильных землетрясений в зонах активных разломов Тянь-Шаня. //Сборник докладов 7-го Казахстанско-Китайского Международного Симпозиума. 2-4 июня, 2010г., Алматы. - 2010. - С. 161-165.
2. US Geological Survey (USGS) <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/>.

**Рецензент: к.ф.-м.н. Фролова А.Г.**