

УДК 550.34

Омуралиева А., Омуралиев М.  
Институт сейсмологии НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызстан.

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ВЫСВОБОЖДЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЗЕМЛИ В ЦЕЛОМ И ЕЁ РЕГИОНАХ (АЗИИ, США) И ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

**Аннотация:** В статье приведены результаты ежедневного слежения последовательности проявления землетрясений и изменения кумулятивной сейсмической энергии Земли в целом и в ее регионах, например, на территории Азии, США, на основе каталога Геологической службы США. Выделена цикличность - периоды активизации и затишья разного порядка. Установлены статистические закономерности высвобождения сейсмической энергии в разных пространственных масштабах. Оценена сейсмическая опасность в среднесрочном плане. На основании имеющихся данных отмечено, что после апреля 2013 г. Земля в целом, территории Азии и США находятся в периоде повышенной сейсмической опасности.

**Ключевые слова:** Каталог землетрясений, последовательность проявления землетрясений, период активизации, период затишья, цикличность, экстраполяция, сейсмическая энергия, магнитуда, время, сейсмическая мощность, флуктуация энергии, тренд, ожидаемое землетрясение, оценка сейсмической опасности.

## БҮТҮН ЖЕРДЕГИ ЖАНА АНЫН АЙМАКТАРЫНДАГЫ (АЗИЯ, АКШ) ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН КАТАРЫ, СЕЙСМИКАЛЫК ЭНЕРГИЯНЫН ЧЫГЫШЫ ЖАНА СЕЙСМИКАЛЫК КОРКУНУЧТУ БААЛОО

**Кыскача мазмуну:** Бул макалада АКШнын Геологиялык кызматы түзгөн жер титирөөлөрдүн каталогунун негизинде бүтүн Жердин жана анын аймактарынын, мисалы Азиянын, АКШнын территориясындагы, жер титирөөлөрдүн катарын жана сейсмикалык энергиянын суммасынын өзгөрүлүшүнүн күн сайынкы жиктөө жыйынтыктары берилген. Сейсмикалык активдештирүү жана тынчтануулардын мезгилдери – циклдери бөлүнгөн. Мейкиндиктин ар түрдүү масштабтарында сейсмикалык энергиянын чыгышынын статистикалык закон ченемдүүлүктөрү аныкталган. Орто мөөнөттөгү сейсмикалык коркунучтар бааланган. Болгон маалыматтардын негизинде 2013 жылдын апрель айынан кийин бүтүн Жер, Азия жана АКШнын территориялары азыркы кезде жогорку сейсмикалык коркунучтун мезгилинде турганы белгиленген.

**Негизги сөздөр:** Жер титирөөлөрдүн каталогу (тизмеси), жер титирөөлөрдүн болушунун ырааттуулугу, сейсмикалык активдештирүүнүн мезгили, сейсмикалык басаңдоо мезгили, циклдүүлүк, экстраполяция, сейсмикалык энергия, магнитуда, убакыт, сейсмикалык кубаттуулук, энергиянын флуктуациясы, тренд, күтүлгөн жер титирөө, сейсмикалык коркунучту баалоо

## EARTHQUAKE MANIFESTATION SEQUENCE, SEISMIC ENERGY RELEASE IN THE WHOLE EARTH AND ITS REGIONS (ASIA, USA) AND SEISMIC HAZARD ASSESSMENT

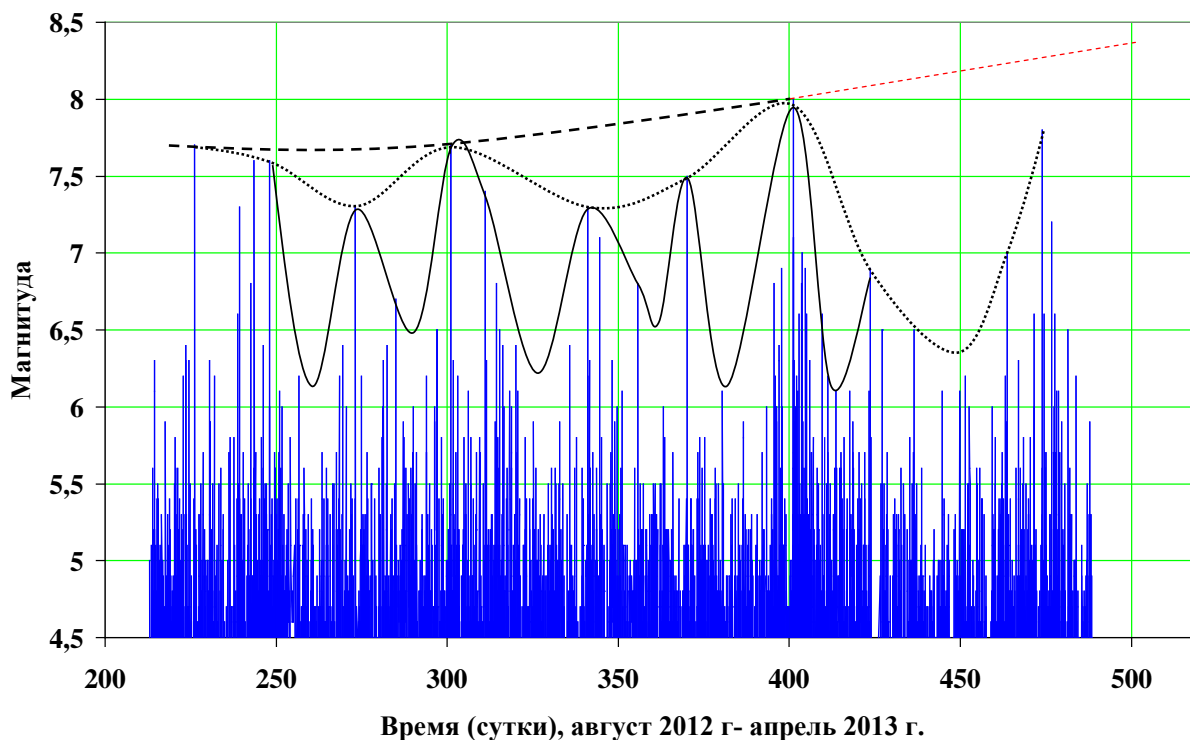
**Abstract:** The results of daily observation of the earthquake manifestation sequence and changes in the cumulative seismic energy of the whole Earth and in its regions, for example, in Asia, the U.S., are given in the paper based on the catalog of the U.S. Geological Survey. Seismic

cycles - calm and active periods of various orders were distinguished. Statistical regularities of seismic energy release at different spatial scales were determined. Seismic hazard in the medium term was evaluated. Based on the available data it is indicated that after April 2013 the Earth, territories of Asia and of the United States are in a period of high seismic risk.

**Keywords:** Earthquake catalog, sequence of earthquakes' manifestation, seismically active period, seismically calm period, cyclicity, extrapolation, seismic energy, magnitude, time, seismic power, fluctuation of energy, trend, expected earthquake, seismic hazard assessment

Слежение последовательности ежедневных проявлений землетрясений, высвобождения сейсмической энергии Земли в целом и разных ее регионов является необходимой частью оценки сейсмической опасности с определением энергии и времени ожидаемого значительного землетрясения в среднесрочном плане и последующим переходом на краткосрочный этап исследований [1-3]. Экспериментальной основой для этих работ служат Каталоги землетрясений. Они составляются и постоянно обновляются Геологической службой Соединенных Штатов Америки (USGS) [4], а также сейсмологическими организациями других стран.

Рассмотрим **последовательность проявления землетрясений Земли в целом с магнитудами  $M \geq 4,5$  с августа 2012 г. по апрель 2013 г.** (рисунок 1).



**Рис.1.** Последовательность проявления землетрясений Земли в целом с магнитудами  $M \geq 4.5$ . Огибающими линиями на графике выделены периоды активизации и затишья разного порядка. Красной пунктирной линией показана линия экстраполяции возможной последовательности ожидаемых землетрясений.

В 2 часа 14 августа 2012 г. наступила относительно длиннопериодная сейсмическая активизация и проявилось землетрясение с  $M=7,7$ . Такое же землетрясение произошло в 3 часа 28 октября 2012 г. (301,05 суток). После активизация начала расти и в первом часу 6 февраля 2013г. (401,18 суток) проявилось землетрясение с  $M=8,0$ . Промежуток времени между последними сильными землетрясениями составляет  $401,18 - 301,05 = 100,13$  суток. Линейная экстраполяция этих землетрясений выражается формулой:

$$M = 0,003t + 6,798 \quad (1)$$

где  $M$  – магнитуда,  $t$  – время (сутки). При  $t = 401,18 + 100,13 = 501,31 \approx 501$  суток, т. е. через 100 суток после землетрясения с  $M=8,0$ , магнитуда ожидаемого землетрясения по (1) составляет около  $M=8,3$ . Следовательно, активизация в ближайшие месяцы (примерно в конце мая 2013 г.) приблизится к максимуму.

На фоне данного периода активизации отмечались относительно короткопериодные активизации и затишья. Экстремумы активизации с магнитудами  $M = 7,7, 7,7, 8,0$  отмечались в 2 часа 14 августа 2012 г., 3 часа 28 октября 2012 г., в первом часу 6 февраля 2013 г.. Минимумы затишья наблюдались в 16 часов 30 сентября 2012 г., 5 часов 7 декабря 2012 г. и 22 часа 25 марта 2013 г.. После последнего периода затишья наступил период активизации и в 3 часа 19 апреля проявилось землетрясение с  $M=7,2$ . Максимум последней, относительно короткопериодной активизации, должен совпадать с максимумом относительно длиннопериодной активизации, предполагаемый на основании формулы (1). В свою очередь на фоне этой, относительно короткопериодной цикличности, наблюдались периоды активизации и затишья следующего порядка. Например, за октябрь 2012 г. – февраль 2013 г. максимумы активизации с  $M=7,7, 7,3, 7,5, 8,0$  проявились в 3 часа 28 октября, 8 часов 7 декабря 2012 г., первом часу 5 января 2013 г. и первом часу 6 февраля 2013 г..

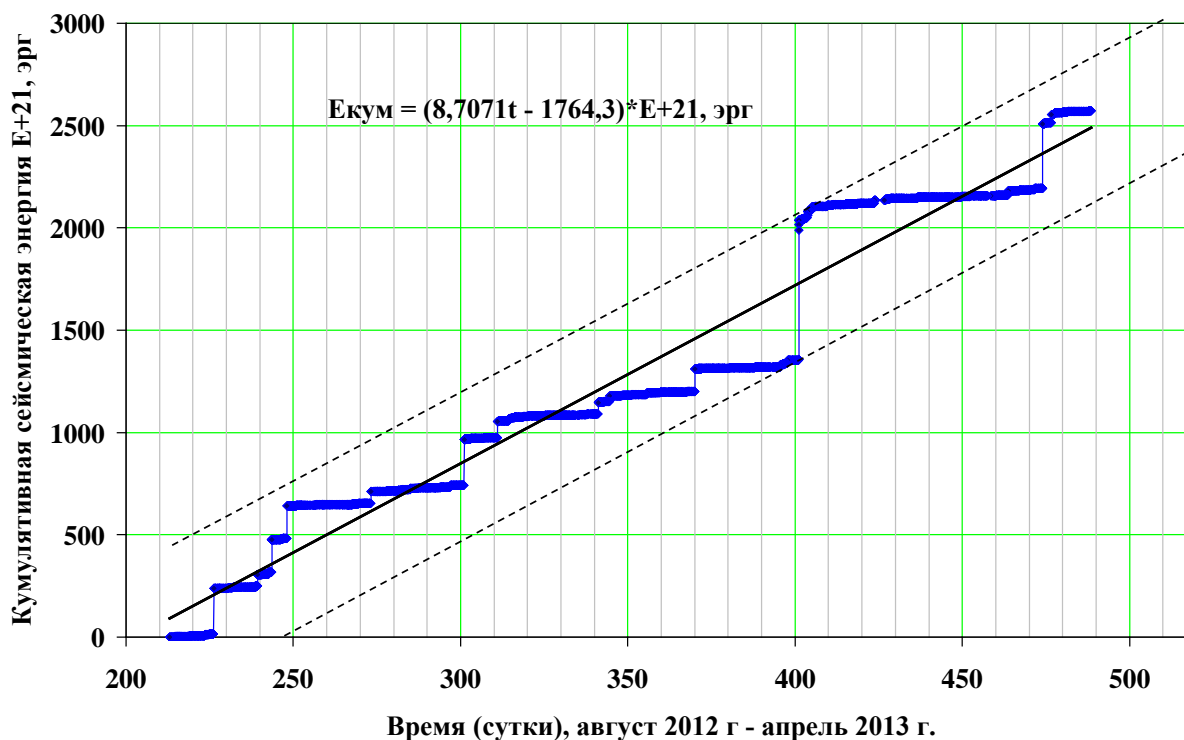
На основании формулы, связывающей магнитуду ( $M$ ) и энергию ( $E$ , эрг) [5, 6], определены величины энергии землетрясений по значениям магнитуды:

$$\lg E = 11,8 + 1,5M. \quad (2)$$

График изменения кумулятивной сейсмической энергии Земли в целом за август 2012 г. – апрель 2013 г. неровно-ступенчатый (рис.2), характеризуется осредненной линией (трендом):

$$E_{\text{кум}} = (8,7071t - 1764,3) * 10^{21}, \text{ эрг}, \quad (3)$$

где  $t$  – время, сутки; коэффициент 8,7071 имеет единицу измерения мощности эрг/сутки.



**Рис.2.** Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с магнитудами  $M \geq 4,5$  на Земле в целом с августа 2012 г. по апрель 2013 г.

Величина месячной сейсмической мощности за 9 месяцев составляла  $285,7 * 10^{21}$  эрг/месяц. Максимальная возможная энергия ожидаемого сильного землетрясения составля-

ет около  $747 \cdot 10^{21}$  эрг, которой соответствует магнитуда  $M=8,0$ . Эта величина меньше, чем значение магнитуды, предполагаемое по формуле (1). Это означает, что следовало бы рассматривать кумулятивную сейсмическую энергию последовательности землетрясений с 2011 г. подключая ранние сильные землетрясения с магнитудами  $M=8-9$  [2].

Флуктуация рассматриваемой кумулятивной энергии (см. рисунок 2) ограничивается сверху и снизу параллельными прямыми линиями. Верхняя линия выражается формулой:

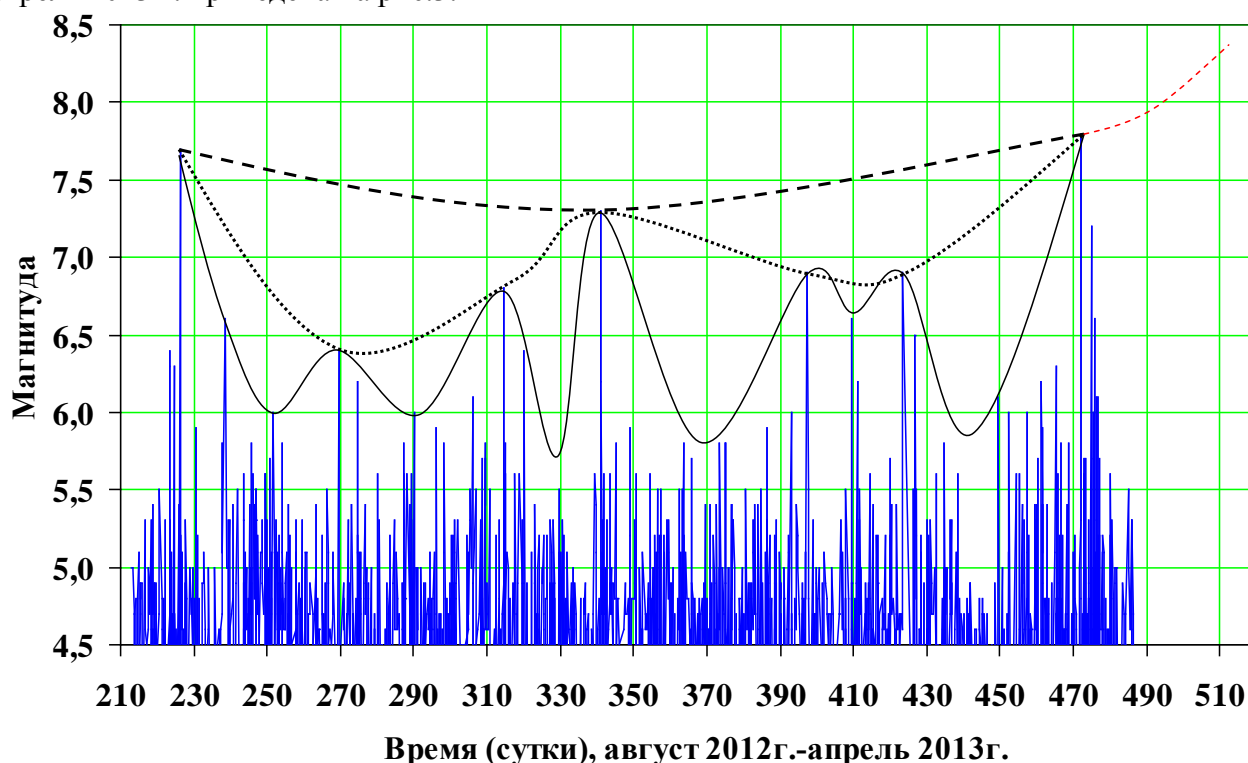
$$E_B = (8,7071t - 1424,84) \cdot 10^{21}, \text{ эрг}, \quad (4)$$

а нижняя линия – формулой:

$$E_H = (8,7071t - 2137,29) \cdot 10^{21}, \text{ эрг}, \quad (5)$$

Верхняя линия указывает на интервал сейсмической энергии ожидаемого землетрясения по вертикали от последнего момента, а нижняя линия - на возможную продолжительность периода затишья от последнего момента по горизонтали. Вероятная сейсмическая энергия ожидаемого землетрясения в ближайшие месяцы 2013 г. может достигать значения  $261,58 \cdot 10^{21}$  эрг, которая соответствует магнитуде до  $M=7,74$ . Следует отметить, что вероятная сейсмическая энергия ожидаемого сильного землетрясения отдельно взятого региона (например, Азии, США и т.д.) не может быть больше чем величина энергии ожидаемого сильного землетрясения Земли в целом.

**Последовательность проявления землетрясений Азии с  $M \geq 4,5$  за август 2012 г. – апрель 2013 г.** приведена на рис.3.



**Рис.3.** Последовательность проявления землетрясений Азии с магнитудами  $M \geq 4,5$  с августа 2012 г. по апрель 2013 г. Огибающими линиями на графике выделены периоды активизации и затишья разного порядка. Красной пунктирной линией показана линия экстраполяции возможной последовательности ожидаемых землетрясений.

На рисунке выделяются периоды активизации и затишья разного порядка. На относительно длиннопериодной активизации проявились сильные землетрясения с магнитудами  $M=7,7, 7,8$  в 2 часа 14 августа 2012 г. и 8 часов 16 апреля 2013 г. В промежутке между ними наблюдался минимум затишья, где в 8 часов 7 декабря 2012 г. произошло землетрясение с

$M=7,3$ . Промежуток времени между последними сильными землетрясениями составляет  $472,18 - 341,14 = 131,04$  суток. Линейная экстраполяция этих землетрясений выражается формулой:

$$M = 0,003t + 6,798, \quad (6)$$

где  $M$ - магнитуа,  $t$  – время (сутки), а нелинейная экстраполяция -

$$M = 1,9412 * 10^{-5} t^2 + 0,0025t + 7,3. \quad (7)$$

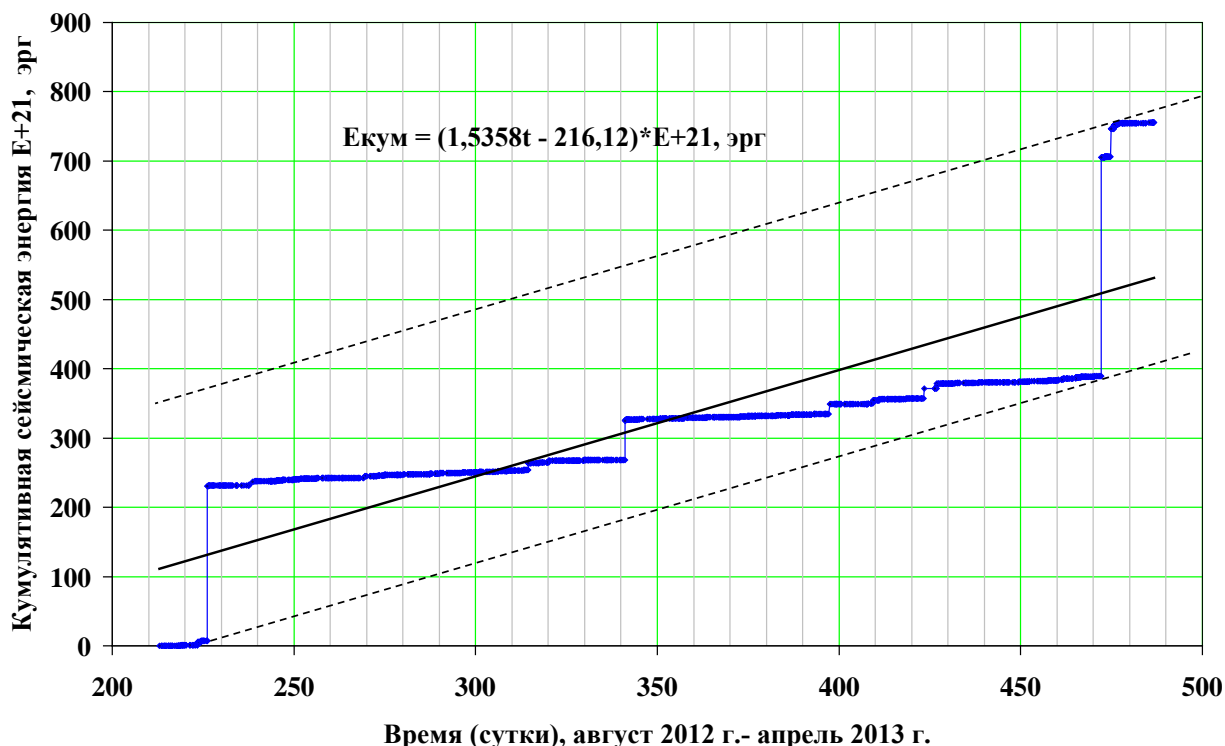
Анализ (6) и (7) с учетом вышеуказанных данных линейной экстраполяции (1) ожидаемого землетрясения с магнитудой около  $M=8,3$  Земли в целом показал, что для Азии больше подходит нелинейная экстраполяция (7). Вероятное время ожидаемого сильного землетрясения Азии с магнитудой около  $M=8,3$  составит около 40 суток после землетрясения с  $M=7,8$ , произошедшее в 8 часов 16 апреля 2013 г., т.е. на 472,18 сутки.

На фоне этой относительно длиннопериодной цикличности наблюдались активизации и затишья следующего порядка с максимумами активизации  $M=7,7, 7,3, 7,8$ , которые отмечались в 2 часа 14 августа 2012 г., 8 часов 7 декабря 2012 г. и 8 часов 16 апреля 2013 г. Минимумы затишья  $M=6,6$  и  $6,8$  наблюдались в 23 часа 26 сентября 2012 г. и 13 часов 14 февраля 2013 г.

График изменения кумулятивной сейсмической энергии Азии за август 2012 г. – апрель 2013 г. неровно-ступенчатый (рис.4) характеризуется осредненной линией (трендом):

$$E_{\text{кум}} = (1,5358t - 216,12) * 10^{21}, \text{ эрг}, \quad (8)$$

где  $t$  – время, сутки; коэффициент 1,5358 имеет единицу измерения мощности эрг/сутки.



**Рис.4.** Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с магнитудами  $M \geq 4,5$  в Азии с августа 2012 г. по апрель 2013 г.

Величина месячной сейсмической мощности за 9 месяцев составляла  $84,0 * 10^{21}$  эрг/месяц. Максимальная возможная энергия ожидаемого сильного землетрясения может достигать  $356,53 * 10^{21}$  эрг, которой соответствует магнитуа  $M=7,8$ . Эта величина намного меньше, чем значение магнитуды около  $M=8,3$ , предполагаемое по формуле (7). Это означает, что следовало бы рассматривать кумулятивную сейсмическую энергию последователь-

ности землетрясений с 2011 г., подключая ранние сильные землетрясения как Мияги-Тохоку  $M=9$ , произошедшее 11 марта 2011 г. [2].

Флуктуация рассматриваемой кумулятивной сейсмической энергии (см. рис.4) ограничивается сверху и снизу параллельными прямыми линиями. Верхняя линия выражается формулой:

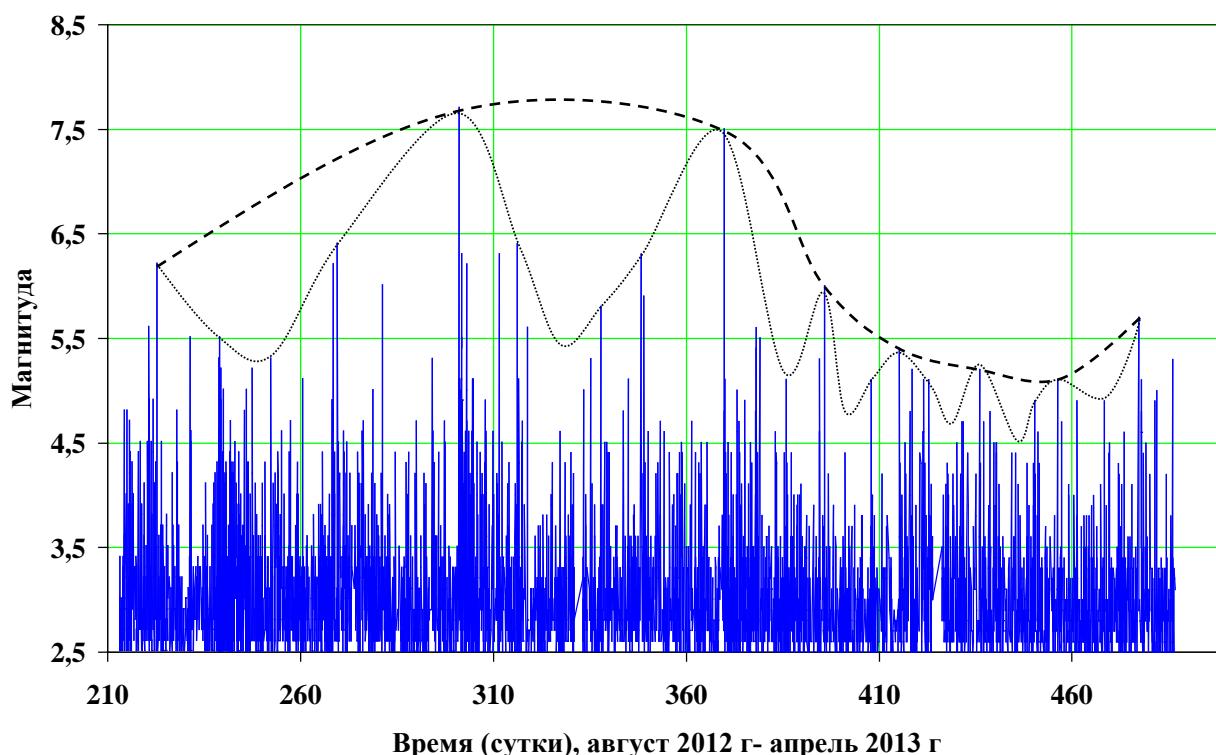
$$E_B = (1,5358t - 21,43) * 10^{21}, \text{ эрг}, \quad (9)$$

а нижняя линия – формулой:

$$E_H = (1,5358t - 335,10) * 10^{21}, \text{ эрг}, \quad (10)$$

Вероятная сейсмическая энергия ожидаемого землетрясения в ближайшие месяцы 2013 г. может достигать значения  $17 * 10^{21}$  эрг, которая соответствует магнитуде до  $M=6,9$ .

**Последовательность проявления землетрясений на территории Соединенных Штатов Америки (США) за август 2012 г. – апрель 2013 г. приведена на рисунке 5.**



**Рис.5.** Последовательность проявления землетрясений США с магнитудами  $M \geq 2,5$  с августа 2012 г. по апрель 2013 г. Огибающими линиями на графике выделены периоды активизации и затишья разного порядка.

В 18 часов 10 августа 2012 г. наступила сейсмическая активизация и проявилось землетрясение с  $M=6,6$ . В 3 часа 28 октября 2012 г. активизация достигла своего максимума, и произошло землетрясение с магнитудой  $M=7,5$ . Длительность подъема активизации составила около  $301,05 - 222,82 = 78,23$  суток. После проявления землетрясения в 9 часов 31 января 2013 г. наступило затишье. Минимум затишья  $M=3,1$  наблюдался в 20 часов 30 марта 2013 г. На фоне активизации наблюдались локальные активизации с периодами 79 суток и 68 суток, а в период затишья – локальные активизации с периодами около 20 суток. В 13 часов 21 апреля 2013 г. (477,31 суток) с проявлением землетрясения  $M=5,7$  снова наступила сейсмическая активизация, что может сопровождаться возможным сильным землетрясением.

График изменения кумулятивной сейсмической энергии США за август 2012 г. – апрель 2013 г. неровно-ступенчатый (рис.6) характеризуется осредненной линией (трендом):



$$E_{\text{кум}} = (1,8401t - 429,72) * 10^{21}, \text{ эрг}, \quad (11)$$

где  $t$  – время, сутки; коэффициент 1,8401 имеет единицу измерения мощности эрг/ сутки.

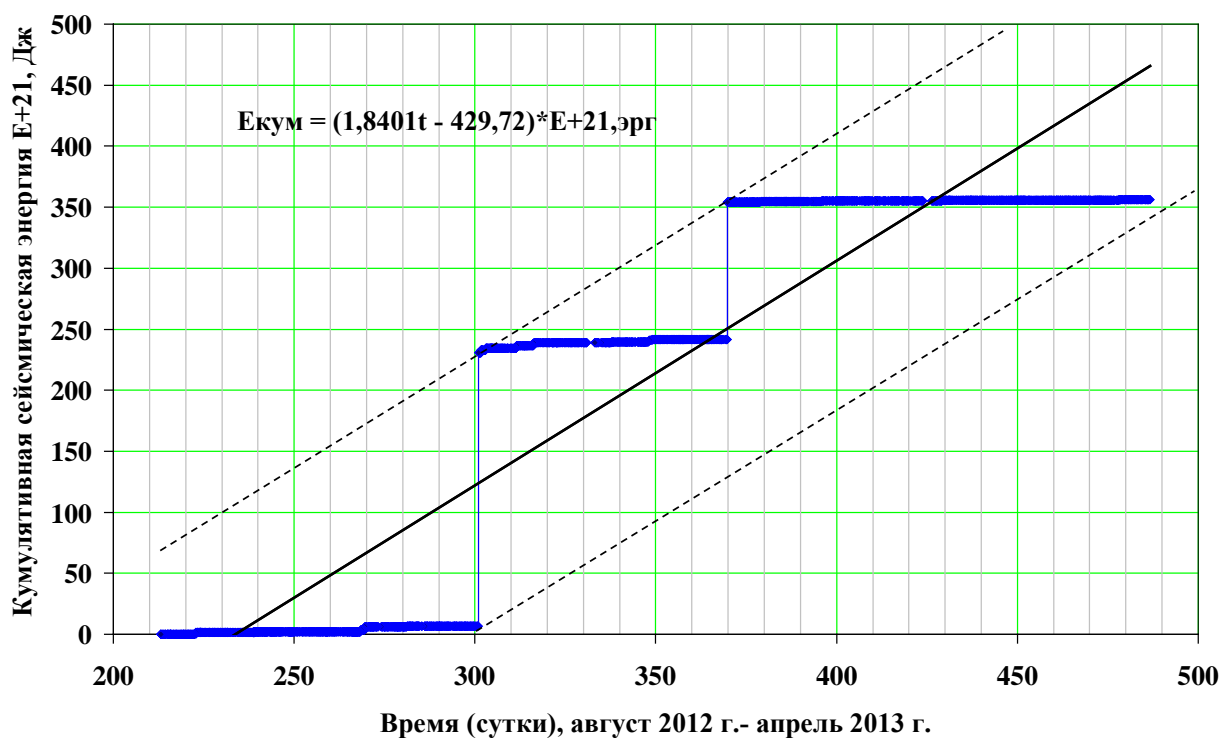
Величина месячной сейсмической мощности за 9 месяцев составляла  $39,56 * 10^{21}$  эрг/месяц.

Максимальная возможная энергия ожидаемого сильного землетрясения может достигать  $225,89 * 10^{21}$  эрг. Флуктуация этой энергии ограничивается сверху и снизу параллельными прямыми линиями. Верхняя линия выражается формулой:

$$E_B = (1,8401t - 323,36) * 10^{21}, \text{ эрг}, \quad (12)$$

а нижняя линия – формулой:

$$E_H = (1,8401t - 546,94) * 10^{21}, \text{ эрг}. \quad (13)$$



**Рис.6.** Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с магнитудами  $M \geq 2,5$  в США с августа 2012 г. по апрель 2013 г.

Положение графика кумулятивной энергии в конце апреля 2013 г. относительно нижней линии указывает, что время ожидания землетрясения близко к завершению. Положение графика кумулятивной энергии относительно верхней линии показывает, что вероятная сейсмическая энергия землетрясения может достигать значения до  $225 * 10^{21}$  эрг, которая соответствует магнитуде около  $M=7,7$ .

### Заключение

1. В результате одновременного слежения последовательности проявлений землетрясений на Земле в целом и в отдельных ее частях, например на территориях Азии, Соединенных Штатов Америки с августа 2012 г. по апрель 2013 г. определены собственные им периоды активизации и затишья, чередующиеся во времени. В конце апреля на Земле в целом, Азии и США наступили периоды активизации.
2. Установлены статистические закономерности изменения кумулятивной сейсмической энергии, высвобожденной на Земле в целом, на территориях Азии, США за пе-

риод август 2012 г. – апрель 2013 г. с характерными величинами сейсмической мощности более:  $285 \cdot 10^{21}$  эрг/месяц,  $84 \cdot 10^{21}$  эрг/месяц, 39,6 эрг/месяц. На основе имеющихся данных можно отметить, что на Земле в целом, а также на территориях Азии и США, наступает сейсмическая среднесрочная опасность. Дальнейшее слежение позволит оценить средне- и краткосрочную опасность.

3. Одновременное слежение специалистами разных стран за последовательностью проявлений землетрясений и изменением кумулятивной сейсмической энергии Земли в целом и отдельных ее регионах является необходимым и достаточным условием для точной оценки сейсмической опасности на мировом уровне и решения сейсмической безопасности в глобальном, региональном и административном масштабах.

### Литература

1. Омуралиев М., Омуралиева А., Ачакеев Э.А. Масштабный закон периодичности проявления и повторяемости землетрясений. Кыргызпатент, Авторское свидетельство №2037.
2. Омуралиев М., Омуралиева А. Последовательность исторических землетрясений Земли в целом и периоды сейсмической активизации и затишья. //Наука и новые технологии, 2012. - №3. - С.90-96.
3. Омуралиев М., Омуралиева А. Последовательность исторических землетрясений на территории США и периоды сейсмической активизации и затишья. //Известия Вузов, 2012. - №3. - С.61-67.
4. U.S. Geological Survey (USGS < <http://usgs.gov/earthquakes/recenteqs>>)
5. Касахара К. Механика землетрясений. М.:Мир, 1985.- 264 с.
6. Gutenberg B. & Richter C.F. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. //Bull. Seismol. Soc. Am., 1956(a). - №46. - P.105-145.