

Омуралиев М., Омуралиева А.

СРЕДНЕ-, КРАТКОСРОЧНАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ НА ЗЕМЛЕ В ЦЕЛОМ И ЕЕ ЧАСТЯХ: АМЕРИКИ, АЗИИ, КЫРГЫЗСТАНА ПОСЛЕ ИЮЛЯ 2014 г.

M. Omuraliev, A. Omuralieva

SHORT- AND MEDIUM-TERM SEISMIC HAZARD IN THE WORLD AS A WHOLE AND ITS PARTS: AMERICA, ASIA, KYRGYZSTAN AFTER JULY 2014

УДК: 550.34

Приводятся результаты одновременного ежедневного слежения за последовательностью землетрясений Земли и отдельно взятых частей для предварительной оценки средне- и краткосрочной сейсмической опасности по оригинальной методике.

The results of the simultaneous and daily monitoring of the earthquake sequences of the Earth and its parts are presented for a preliminary medium-and short-term seismic hazard assessment by the original method.

Введение

В настоящее время опыт оценки средне-, краткосрочной сейсмической опасности в пределах Кыргызстана (даже в Средней Азии) незначительный, несмотря на то, что имеется достаточно результатов в области сейсмического районирования, долго- среднесрочного прогнозирования. Например, в Институте сейсмологии Казахстана проводятся исследовательские работы средне-, краткосрочного прогноза на основе данных сейсмических, гидрогеохимических, магнитных, биологических полей. В Китае (в Институте географии) делаются попытки определения места и времени (от 30 дней до 5 дней) землетрясений по спутниковым, а также гидрогеохимическим и гидродинамическим данным. Результаты прогноза землетрясений Тихоокеанского института ДВО РАН в Японии, Турции, Австралии и других регионах считаются оправданными с большой точностью. Эти результаты получены на основе изучения цикличности (периодичности) сейсмической активности отдельно взятых регионов. В Институте сейсмологии Кыргызской Республики проводится [1] оценка сейсмической среднесрочной опасности зоны активных разломов Тянь-Шаня на основе изучения цикличности сейсмических процессов с использованием гармонического анализа последовательности годовых максимальных значений энергетического класса землетрясений. Определяются параметры периодических составляющих: амплитуда, период и фаза, и при этом достигается высокая точность (до сотой доли) расчетных данных (сумма гармонических составляющих) в сравнении с фактическими данными. Выделяются характерные частоты с относительно большими спектральными (плотностями) амплитудами, а также отмечено, что избранные гармоники могут обуславливать нелинейный процесс (типа резонанса) в конце периода сейсмической активизации. Вместе с тем для оценки кратко-, среднесрочной опасности осуществляется

[2] также слежение цикличности, месячных, квартальных, годовых максимальных значений энергетического класса в отдельно взятой последовательности иерархии сейсмоактивных блоков Тянь-Шаня (своего рода вложенные ячейки разной площади).

В результате изучения систем последовательности проявления землетрясений на Земле в целом и в регионах разного масштаба (например, на территории Азии, США, Кыргызстана) отмечено [3], вполне очевидное положение, что в (крупных) регионах большого масштаба частота землетрясений высокая и цикличность сейсмической активности короткопериодная. В регионах малого масштаба частота событий относительно низкая и цикличность сейсмической активности длиннопериодная. Время ожидаемого землетрясения в регионе большого масштаба можно определить с малой неопределенностью (погрешностью), чем время события в районе малого масштаба. Энергетический параметр (магнитуда, энергия) ожидаемого землетрясения в разных частях Земли (например, на территории Азии, Америки) не может быть больше магнитуды ожидаемого землетрясения Земли в целом, а на территории Кыргызстана не может быть больше магнитуды ожидаемого землетрясения на территории Азии и т.д. Место землетрясения в регионах малого масштаба определяется с малой неопределенностью (погрешностью). Каждый иерархический структурно-вещественный уровень (часть) Земли имеет свойственные особенности сейсмического процесса. В регионах большого масштаба особенности его частей - регионов малого масштаба осредняются. Так, в масштабе Тянь-Шаня осредняются сейсмические особенности его частей, например, сейсмоактивных блоков и разломов разного порядка. Следует отметить, что в результате изучения высвобождения энергии первичными и вторичными землетрясениями Земли, а также всеми землетрясениями с $M > 7$ [4] построены периодограммы, выделены четыре гармоники: 2.75 лет; 4.4 лет; 6.7 лет и 45.5 лет и проведены в определенном приближении реконструкция и прогноз сейсмичности. Так, например, землетрясение с $M_w = 9.1$ в 2011 г. Японии (Тохоку) не совпало с периодом сейсмической активизации 2012-2015 гг., спрогнозированным Чипизубовым [4].

В основу наших исследований привлечены ежедневные каталоги Геофизической службы Соединенных Штатов (USGS) с августа 2012 г. [5] и

Центра данных Института сейсмологии НАН Кыргызской Республики начиная с января 2012 г.

На начальном этапе исследований оценки средне- и краткосрочной сейсмической опасности были проанализированы последовательности землетрясений с августа 2012 г. по 22 мая 2013 г. и проведен поиск параметра оценки сейсмической опасности территорий Азии, Америки и Кыргызстана [3, 6-9]. В дальнейшем результат оценки опасности в Азии подтвердился проявлением в конце мая 2013 г. землетрясения с магнитудой $M=8,3$ в пределах Охотского моря (Россия), а на территории Америки - не подтвердился: вместо землетрясения с ожидаемой магнитудой $M=7,7$ проявилось землетрясение в середине июня 2013 г. с $M=6,5$. Было выяснено - эта неувязка связана с тем, что не были учтены периоды сейсмической активизации и затишья Земли в целом, где за этот период не должно было произойти землетрясение с $M=7,7$. Таким образом, мы получили важный урок. Отмечено, что в пределах территории Кыргызстана ожидаемое землетрясение $K \geq 12$, вероятно, произойдет в конце 2013 г. Это предположение подтвердилось землетрясениями 23 ноября с $K=12,6$ ($\varphi=42,42^\circ$, $\lambda=75,68^\circ$) и 1 декабря с $K=12,5$ ($\varphi=40,02^\circ$, $\lambda=79,05^\circ$).

Данные и методика исследования

Осуществляется одновременное слежение за последовательностью проявления землетрясений Земли в целом и ее частей разной площади (объема). Выделение сейсмических циклов (чередование сейсмических активизаций и затиший) первого и второго порядков и т.д. Аналитическое описание этих циклов в виде эмпирических формул. Анализ функций сейсмических процессов в циклах первого и второго порядков. Составление графиков изменения кумулятивной сейсмической энергии, оценка пределов ее флуктуации и определение эмпирической формулы высвобождения энергии в последовательности проявления землетрясений, а также уровней ожидаемых сейсмических энергий и времени затишья. Сравнительный анализ последовательности проявления землетрясений, сейсмических циклов и закономерности высвобождения сейсмической энергии Земли в целом и в различных ее частях.

Слежение последовательности проявления землетрясений Земли в целом и в пределах ее частей проводится с августа 2012 г. по ежесуточным данным USGS [5]. Последовательность проявления землетрясений на территории Кыргызстана прослеживается по данным Института сейсмологии НАН Кыргызской Республики.

Методика исследования заключалась в одновременном, по возможности ежедневном слежении последовательности землетрясений Земли в целом и ее частей, например, на территории Азии, США и Кыргызстана. На графике последовательности землетрясений с различными магнитудами

(энергиями и т.п.) определенного региона выделяют пиковые значения и флуктуации магнитуд, которые сверху ограничены линией, представляющей своеобразный неровный профиль. Для первого и второго пиковых значений (с начала времени слежения) определяют разницу (величину повышения или понижения). В соответствии со стандартом ФРГ на профиле пробных материалов разница между высотами предыдущей точки и последующей точки не должна превышать 10%. По аналогии с этим если разница этих пиковых значений последовательности землетрясений составит $\leq 10\%$, то первую точку соединяют со второй точкой прямой линией и определяют градиент (скорость) подъема или спуска сейсмической активизации первого порядка. После определяют разницу между вторым и третьим пиковыми значениями и при выполнении требования соединяют прямыми линиями. Далее рассматривают последующие пары пиковых точек и выделяют последовательность точек сейсмического цикла первого порядка. Пиковая точка, где происходит смена подъема и спуска, является пиком сейсмической активизации, а пиковая точка, где спуск сменяется подъемом - пиком сейсмического затишья. Семейство прямых линий между пиковыми точками составляет ломанную линию - функцию сейсмической активности первого порядка. Для повышения точности этой функции с использованием стандартной программы «автофигуры» через пиковые точки автоматически проводят корректированную и оптимизированную кривую линию.

Между пиковыми точками сейсмоактивности первого порядка отмечают экстремальные точки сейсмической активности второго порядка. Между первой пиковой точкой и первой экстремальной точкой определяют разницу магнитуд (энергий) и градиент спуска. Эмпирически принято если разница между ними менее 21% от значения первой пиковой точки, то данную экстремальную точку включают в точку сейсмической активности второго порядка. Далее анализируют все экстремальные точки и в конце выделяют экстремальную точку перед второй пиковой точкой на основе их разницы и градиента подъема. По выделенным экстремальным точкам с помощью стандартной программы «автофигуры» проводят кривую линию - функцию сейсмического цикла сейсмической активизации второго порядка. После рассматривают экстремальные точки между второй и третьей пиковыми точками и далее последующими парами пиковых точек. Определяют ряд функций сейсмических циклов второго порядка.

По мере ежесуточного наращивания последовательности землетрясений Земли в целом и ее частей получают продолжение функции сейсмических циклов первого и второго порядков. С помощью стандартной программы «анимации» прослеживают направление и темп распространения фронтов функций сейсмической активности, а также определяют

эмпирические формулы функций сейсмических циклов в виде полиномов и достоверность аппроксимации $R^2 > 0.95$. При этом число десятичных знаков коэффициентов перед переменными (время) должно быть равно 9 и более. По этим формулам определяют магнитуду и время ожидаемого землетрясения рассматриваемых регионов с учетом масштабного эффекта [3]. Далее сравнивают расчетные и фактические данные и оценивают величину их неувязки.

Одновременно со слежением последовательности землетрясений изучают высвобождение сейсмической энергии составлением графиков изменения кумулятивной сейсмической энергии. Основатели метода изучения кумулятивной сейсмической энергии Цубои [10] и Касахара [11] очерчивали верхний и нижний пределы флуктуации данной энергии парой параллельных линий и выводили формулу этих линий. Для повышения точности проведения параллельных линий нами сначала определяется линейный тренд – средняя линия изменения суммарной сейсмической энергии (с использованием компьютерной стандартной программы) и автоматически выводится формула. После очерчиваются верхний и нижний пределы флуктуации линиями параллельными средней линии. Графики кумулятивной сейсмической энергии позволяют определить скорость высвобождения сейсмической энергии Земли в целом и ее частей, и оценить вероятную ожидаемую суммарную энергию в ближайшем сравнительно коротком интервале времени.

Вышеизложенная методика оценки сейсми-

ческой опасности, очевидно, находится на грани вероятностной и детерминированной методик. Функции сейсмической активности периодически корректируются, оптимизируются и охватывают все проявленные землетрясения за определенный период. Здесь больше подходит понятие неувязки между ожидаемыми и фактическими данными сейсмической опасности.

Результаты исследования и обсуждение

В последовательности проявления землетрясений Земли в целом за рассматриваемый период отмечено два цикла первого порядка: I-й – с 14 августа 2012 г. по 24 мая 2013 г., II-й – с 24 мая 2013 г. по 01 апреля 2014 г. с продолжительностью 283,1 суток и 312,7 суток, где пиковые значения магнитуды составляли $M \geq 7,5$ (рис.1). Затем, проявился следующий цикл, наблюдался спад сейсмической активизации. На концах сейсмических циклов (на пиках сейсмической активизации) проявились сильные землетрясения с магнитудами $M=8,3$ и $8,2$, соответственно. На фоне этих циклов выделяются циклы второго порядка. Землетрясения первого цикла проявились 14 августа 2012 г. в Охотском море, 28 октября 2012 г. на островах Королевы Шарлотты (СВ Тихого океана), 6 февраля 2013 г. на островах Санта-Круз (ЮЗ Тихого океана), 24 мая 2013 г. в Охотском море. Землетрясения второго цикла после 24 мая 2013 г. отмечались 8 ноября 2013 г. в пределах моря Скоттия (между южной Америкой и Антарктидой), 1 апреля 2014 г. вблизи города Икике, Чили.

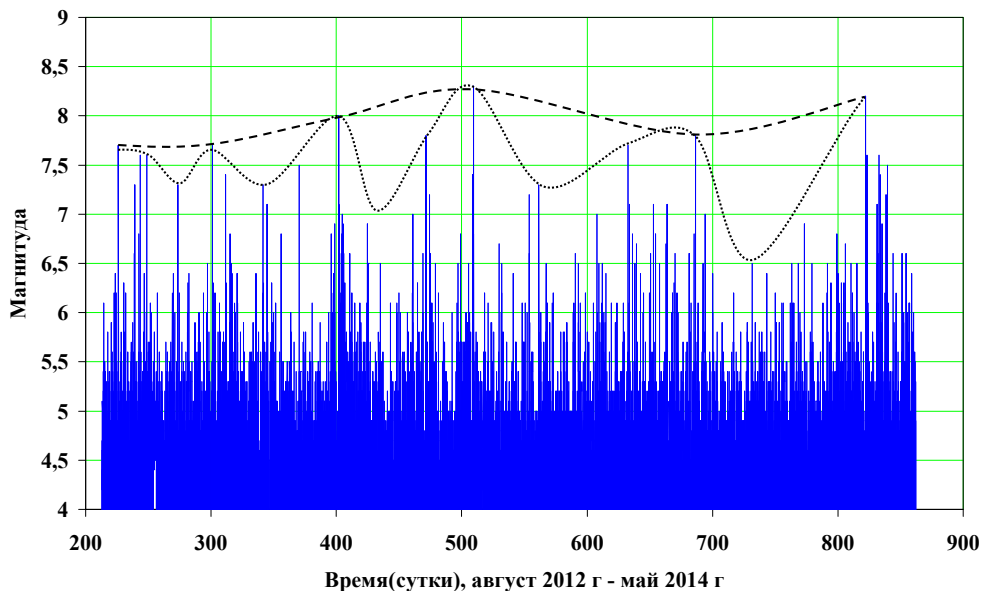


Рис. 1. Последовательность землетрясений с магнитудами $M \geq 4,5$ Земли в целом и проявление сейсмических циклов, периодов сейсмической активизации и затишья за 08.2012 г. – 05.2014 г. Пунктирной и точечной линиями показаны сейсмические циклы, периоды активизации и затишья разного порядка.

Первый и второй циклы первого порядка выражаются эмпирическими формулами [12]:

$$Y(t) = -6.310^{-8}t^3 + 3.260810^{-5}t^2 - 2.09339610^{-3}t + 7.7, \quad R^2 = 1, \quad (1)$$

где $Y(t)$ - магнитуда $M \geq 7.7$, t - время, R^2 - достоверность аппроксимации;

$$Y(t) = 1.845610^{-5}t^2 - 0.006091954t + 8.3, \quad R^2 = 1, \quad (2)$$

где $Y(t)$ - магнитуда $M \geq 7.8$, t - время, R^2 - достоверность аппроксимации.

На основании формулы, связывающей магнитуду (M) и энергию (E , эрг) [11]:

$$\lg E = 11.8 + 1.5M, \quad (3)$$

определены величины сейсмической энергии. График изменения кумулятивной сейсмической энергии Земли в целом за август 2012 г. – май 2014 г. неровный (рис.2), характеризуется осредненной линией (трендом):

$$Ek = (0.1093t - 23.686) * E + 23, \quad \text{эрг}, \quad (4)$$

где t – время сутки, коэффициент 0,1093 имеет единицу измерения мощности эрг/сутки. Максимальная возможная энергия ожидаемого сильного землетрясения в настоящем геодинамическом условии Земли около $24,5E+23$ эрг, что

соответствует магнитуде $M=8,4$.

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

$$Ek = (0.1093t - 11.1224) \times 10^{23}, \quad \text{эрг}, \quad (5)$$

а нижняя линия – формулой:

$$Ek = (0.1093t - 34.2556) \times 10^{23}, \quad \text{эрг}. \quad (6)$$

Верхняя линия (5) указывает на интервал сейсмической энергии ожидаемых землетрясений по вертикали от последнего момента, а нижняя линия (6) – на возможную продолжительность периода затишья от последнего момента по горизонтали. Вероятная суммарная сейсмическая энергия ожидаемых землетрясений в ближайшие сутки 2014 г. после последнего момента рассматриваемого периода времени по (5) может составлять около $8,2E+23$ эрг, что соответствует магнитуде около $M=8$. После пика сейсмической активизации ($M=8,2$) отмечался постепенный спад сейсмической активизации. В различных частях Земли, например, Азии, Америке и т.д., максимальная возможная магнитуда землетрясений не должна была превышать $M=8$. На самом деле 23 июня 2014 г. произошло землетрясение $M=7,9$ на Аляске.

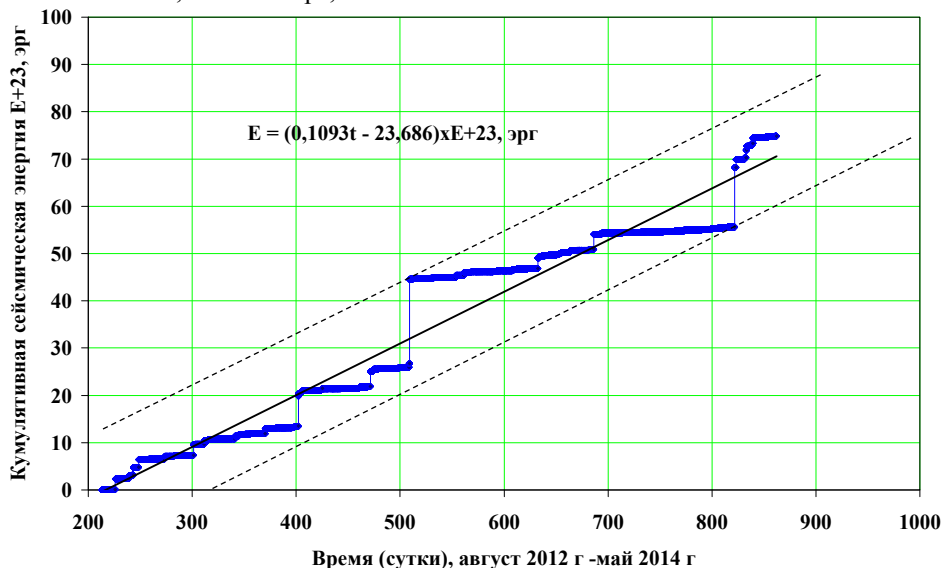


Рис. 2. Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с магнитудами $M \geq 4,5$ на Земле в целом с августа 2012 г. по май 2014 г.

Последовательность проявления землетрясений на территории Америки с $M \geq 2,5$ за август 2012 г. – май 2014 г. приведена на рис.3. С 28 марта 2012 г. по 1 апреля 2014 г. отмечился сейсмический цикл первого порядка с длительностью 520,8 суток. Здесь сначала 28 марта 2012 г. проявилось землетрясение с магнитудой $M=7.7$, затем 1 мая 2013 г. - $M=7.5$, 25

сентября 2013 г. - $M=7.1$ и 1 апреля - $M=8.2$. Они находились южнее Метлакатла (Аляска, США) на глубине 17.5 км, юго-западнее Една Бэй (США) на глубине 9.8 км, южнее, юго-восточнее Акари (Перу) на глубине 40 км, северо-западнее Икике (Чили) на глубине 20.1 км. Соответственно, в сентябре 2013 г. наблюдалось относительное сейсмическое затишье

цикла первого порядка. После землетрясения Чили - пика сейсмической активизации – наступил период спада активизации следующего цикла. На фоне цикла первого порядка выделяются сейсмические циклы второго порядка. Так, перед землетрясением

Чили $M=8,2$ отметился цикл второго порядка с 25 сентября 2013 г. по 1 апреля 2014 г. с длительностью 188,3 суток.

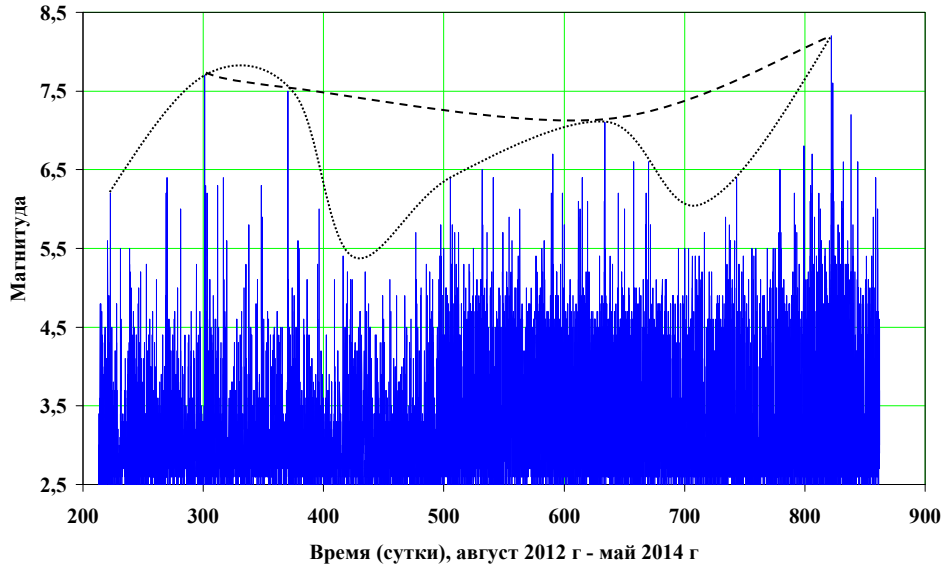


Рис. 3. Последовательность землетрясений с магнитудами $M \geq 2,5$ на территории Америки и проявление сейсмических циклов, периодов сейсмической активизации и затишья за 08.2012 г. – 05.2014 г. Пунктирной и точечной линиями показаны сейсмические циклы, периоды активизации и затишья разного порядка.

График изменения кумулятивной сейсмической энергии территории Америки за август 2012 г. – май 2014 г. неровный (рис.4), характеризуется осредненной линией (трендом):

$$Ek = (0.0156t - 4.053) * E + 23, \text{ эрг}, \quad (7)$$

где t – время суток, коэффициент 0,0156 имеет единицы измерения мощности эрг/сутки. Максимальная возможная энергия ожидаемого сильного землетрясения в настоящем геодинамическом условии территории Америки около $19.2E+23$ эрг, которой соответствует $M=8.3$.

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

$$Ek = (0.0156t + 6,39) \times 10^{23}, \text{ эрг}, \quad (8)$$

а нижняя линия – формулой:

$$Ek = (0.0156t - 8.284) \times 10^{23}, \text{ эрг}. \quad (9)$$

Вероятная суммарная сейсмическая энергия ожидаемых землетрясений в ближайшие сутки 2014 г. после последнего момента рассматриваемого периода времени по (8) может быть около $E+23$ эрг. В дальнейшем после пика активизации ($M=8,2$) наблюдался спад сейсмической активизации и 23 июня 2014 г. произошло землетрясение с $M=7,9$ на Аляске, 7 июля 2014 г. - землетрясение с $M=6,9$ в Мексике. В августе постепенно наступает период сейсмического затишья.

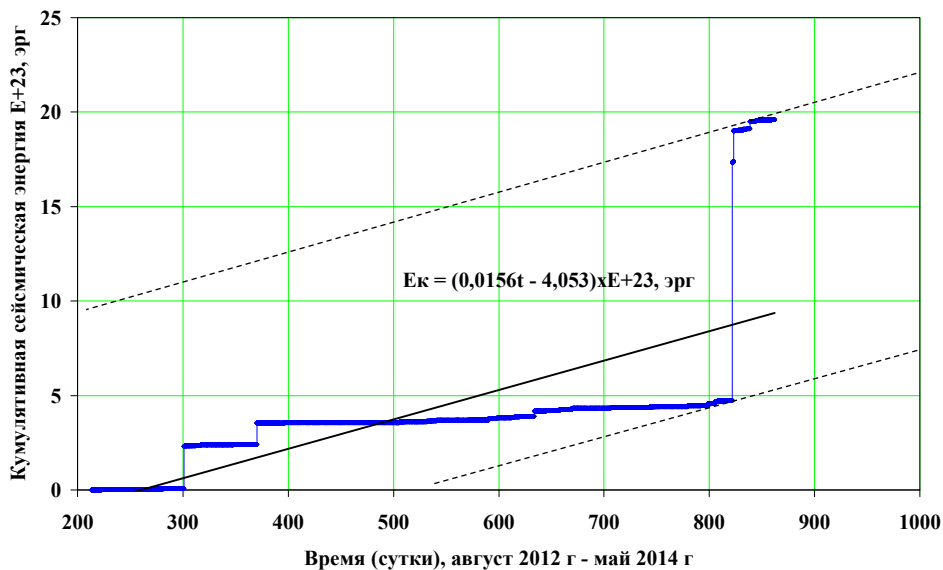


Рис. 4. Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с магнитудами $M \geq 4,5$ на территории Америки с августа 2012 г. по май 2014 г.

Последовательность проявления землетрясений в Азии с $M \geq 4,5$ за август 2012 г. - май 2014 г. приведена на рис.5. С 14 августа 2012 г. по 24 мая 2013 г. наблюдался сейсмический цикл первого порядка с длительностью 283,1 суток. На пиках сейсмической активизации 14 августа 2012 г. и 24 мая 2013 г. проявились сильные землетрясения с $M=7.7$ и 8.3 в пределах Охотского моря, а между ними в периоде сейсмического затишья – 7 декабря 2012 г – землетрясение с $M=7.3$ восточнее Хонсю (Япония). После данного цикла отметился следующий цикл - спад сейсмической активизации и

произошло 29 сентября 2013 г. землетрясение с $M=7.7$ север, северо-восточнее Аваран (Пакистан). Далее наступил период сейсмического затишья, который сопровождался землетрясением с $M=6.9$ – восток, юго-восточнее Хотан (Китай). На фоне циклов первого порядка выделяются сейсмические циклы второго порядка. Так, перед сильным землетрясением с $M=8,3$ выделился с 7 декабря 2012 г. по 24 мая 2013 г. цикл второго порядка (длительностью 130,1 суток) землетрясениями $M=7.3, 6.9, 7,8$.

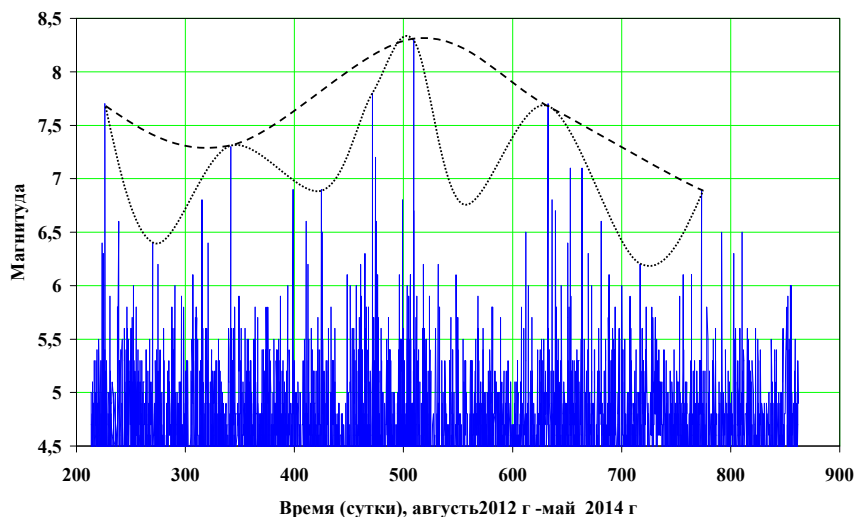


Рис. 5. Последовательность землетрясений с магнитудами $M \geq 4,5$ на территории Азии и проявление сейсмических циклов, периодов сейсмической активизации и затишья с августа 2012 г. по май 2014 г. Пунктирной и точечной линиями показаны сейсмические циклы, периоды активизации и затишья первого и второго порядка.

График изменения кумулятивной сейсмической энергии территории Азии за август 2012 г. – май 2014 г. неровный (рис.6), характеризуется осредненной линией (трендом):

$$E_k = (0.0613t - 16.582) * E + 23, \text{ эрг}, \quad (10)$$

где t – время суток, коэффициент $0,0613$ имеет единицу измерения мощности эрг/сутки. Максимальная возможная энергия ожидаемого сильного

землетрясения в настоящем геодинамическом условии территории Азии около $22,8E+23$ эрг, которая соответствует магнитуде $M=8.37$.

Флуктуация рассматриваемой кумулятивной энергии ограничивается сверху и снизу параллельными прямыми линиями (см. рис.6). Верхняя линия выражается формулой:

$$Ek = (0.0613t - 6.02) \times 10^{23}, \text{ эрг}, \quad (11)$$

а нижняя линия – формулой:

$$Ek = (0.0613t - 25.0) \times 10^{23}, \text{ эрг}. \quad (12)$$

Вероятная суммарная сейсмическая энергия ожидаемых землетрясений в ближайшие сутки 2014

г. после последнего момента рассматриваемого периода времени по (11) показывает величину $17.4E+23$ эрг, однако, она не может превышать значения около $8E+23$ эрг на Земле в целом. Период сейсмического затишья, вероятно, завершится по (12) до конца июня 2014 г., и снова наступит период сейсмической активизации. На самом деле 23 июня 20 час. 53 мин. 9 сек. произошло сильное землетрясение с $M=7,9$ на Аляске (на острове Литл Ситкин) и завершился второй цикл сейсмической активизации первого порядка с продолжительностью 395,6 суток.

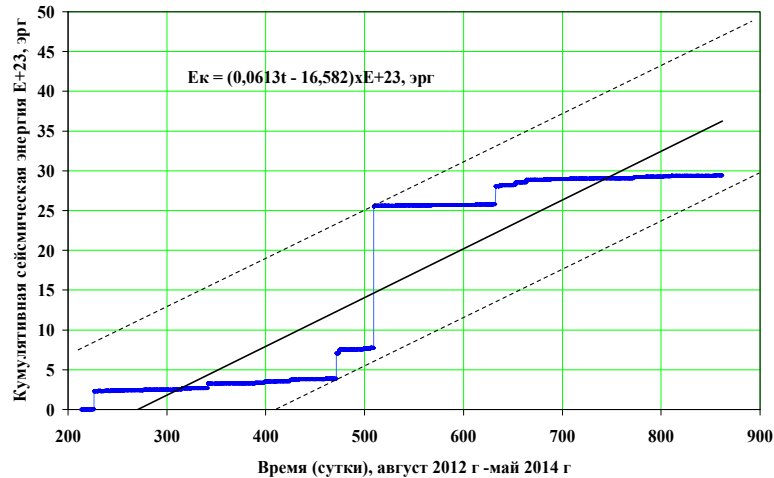


Рис. 6. Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с магнитудами $M \geq 4,5$ на территории Азии с августа 2012 г. по май 2014 г.

Последовательность проявления землетрясений на территории Кыргызстана и прилегающих районов соседних стран Средней Азии с $K \geq 8$ (в квадрате $\varphi=39^\circ-44^\circ$ с.ш., $\lambda=69^\circ-81^\circ$ в.д.) за январь 2011 г. по март 2014 г. приведена на рис.7. С 24 января 2011 г. по 28 января 2013 г. наблюдался сейсмический цикл первого порядка с длительностью 735,6 суток. При этом проявились землетрясения: 24 января 2011 г. $K=14,2$ ($\varphi=38,63^\circ$ $\lambda=72,8^\circ$ на западе Заалайского поднятия), 19 июля 2011 г. $K=14,1$ ($\varphi=40,12^\circ$ $\lambda=71,45^\circ$ Канское землетрясение в Южно-Ферганской зоне), 30 мая 2012 г. $K=13,9$ ($\varphi=43,45^\circ$

$\lambda=78,76^\circ$ на востоке Заилийского поднятия), 28 января 2013 г. $K=15$ ($\varphi=42,52^\circ$ $\lambda=79,6^\circ$ на востоке Терской поднятия). Соответственно, в этом цикле период сейсмической активизации сменился периодом затишья, затем снова проявился период активизации. На фоне циклов первого порядка выделяются сейсмические циклы второго порядка. Так, перед сильным землетрясением $K=15$ выделился с 30 мая 2012 г. по 28 января 2013 г. цикл второго порядка (длительностью 242,8 суток) землетрясениями $K=13.1, 11.5, 11.6$.

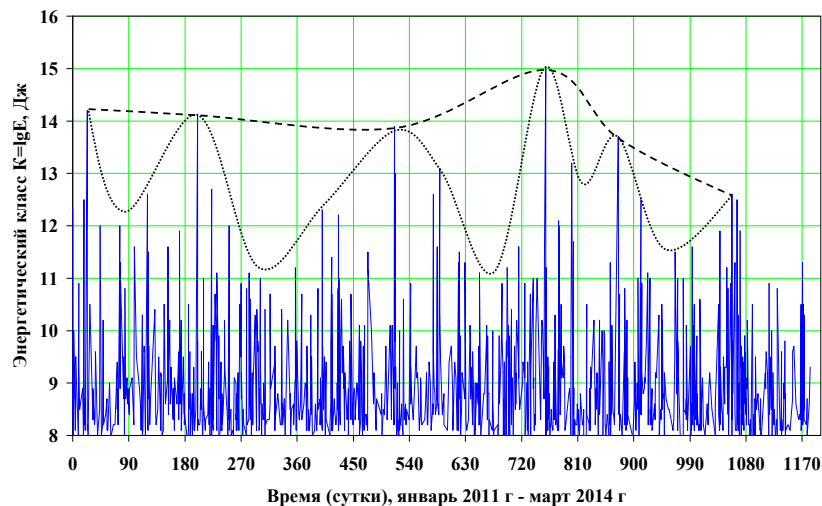


Рис. 7. Последовательность проявления землетрясений $K \geq 8$ на территории Кыргызстана и прилегающих районов соседних стран Средней Азии (в квадрате $\varphi=39^{\circ}-44^{\circ}$ с.ш., $\lambda=69^{\circ}-81^{\circ}$ в.д.) с января 2011 г. по март 2014 г. по данным каталога ИС НАН КР. Огибающими линиями (пунктирными и точечными) выделены сейсмические циклы, периоды активизации и затишья разного порядка.

После данного цикла первого порядка отметился следующий второй цикл первого порядка - спад сейсмической активизации и произошло 24 мая 2013 г. землетрясение $K=13.4$ ($\varphi=40,85^{\circ}$, $\lambda=69,1^{\circ}$) северо-западнее Ангрена (Узбекистан). Далее наблюдался период сейсмического затишья, который сопровождался землетрясением $K=12,6$ ($\varphi=42,42^{\circ}$, $\lambda=75,68^{\circ}$) на восточной части Кыргызского поднятия. Затем, 4 мая 2014 г. проявилось землетрясение $K=12,9$ ($\varphi=40,7^{\circ}$, $\lambda=77,0^{\circ}$) на восточной части

поднятия Мейдантаг и наступил период сейсмической активизации (рис.8). С 4 мая, вероятно, отметился цикл второго порядка. В дальнейшем 16 августа произошло землетрясение с $K=12,6$ на границе Кыргызстана и Казахстана ($\varphi=42,88^{\circ}$, $\lambda=77,27^{\circ}$). На основе вышеизложенного можно отметить, что в конце ноября и начале декабря 2014 г. в пределах территории Кыргызстана и районов соседних стран ожидается землетрясение с $K=13-15$.

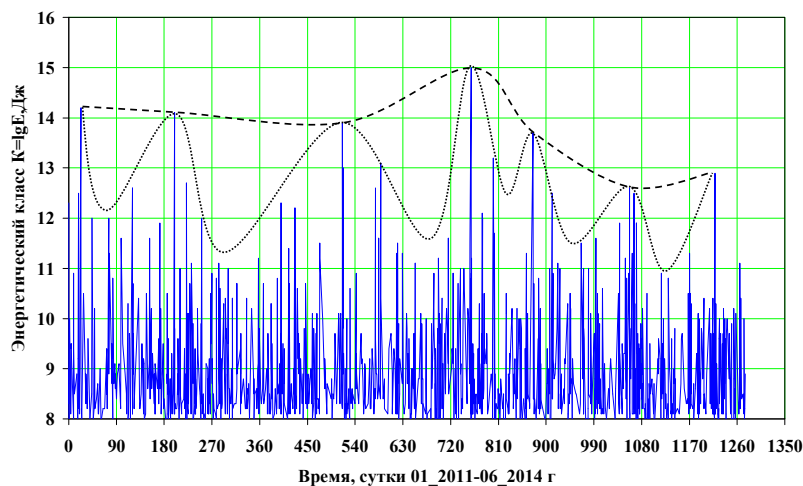


Рис. 8. Последовательность проявления землетрясений $K \geq 8$ на территории Кыргызстана и прилегающих районов соседних стран Средней Азии (в квадрате $\varphi=39^{\circ}-44^{\circ}$ с.ш., $\lambda=69^{\circ}-81^{\circ}$ в.д.) с января 2011 г. до июня 2014 г. по данным каталога ИС НАН КР. Огибающими линиями (пунктирными и точечными) выделены сейсмические циклы, периоды активизации и затишья разного порядка.

График изменения кумулятивной сейсмической энергии территории Кыргызстана и прилегающих районов соседних стран Средней Азии ($\varphi=39^{\circ}-44^{\circ}$ с.ш., $\lambda=69^{\circ}-81^{\circ}$ в.д.) за период с января 2011 г. по март 2014 г. неровно-ступенчатый (рис.9), характеризуется средней линией, которая выражается формулой:

$$E_{\text{кум}} = (0,0155t - 1,6175) \times 10^{14}, \text{ Дж}, \quad (13)$$

где $E_{\text{кум}}$ - кумулятивная сейсмическая энергия, t - время (сутки), коэффициент 0,0155 имеет размерность мощности Дж/сутки. Флуктуация кумулятивной энергии (см. рис.9) ограничивается сверху и снизу параллельными прямыми линиями.

Так, вероятная суммарная сейсмическая энергия землетрясения в ближайшие сутки с апреля 2014 г. после последнего момента рассматриваемого периода времени может достигать около $1E+15$ Дж. Вероятная максимальная продолжительность

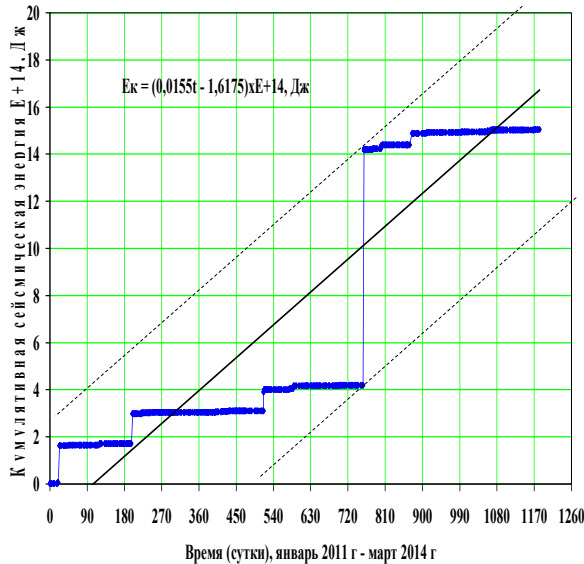


Рис. 9. Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с энергетическими классами $K \geq 8$ на территории Кыргызстана и прилегающих районов соседних стран Средней Азии (в квадрате $\varphi=39^\circ-44^\circ$ с.ш., $\lambda=69^\circ-81^\circ$ в.д.) с января 2011 г. по март 2014 г. по данным каталога ИС НАН КР.

Заключение

1. Осуществлено одновременное слежение за последовательностью проявления землетрясений на Земле в целом и в отдельных ее частях: на территориях Азии, Америки и Кыргызстана.
2. Установлены сейсмические циклы первого порядка (землетрясения с $M \geq 7$) на Земле в целом с 14 августа 2012 г. по 24 мая 2013 г. и с 24 мая 2013 г. по 1 апреля 2014 г. с длительностью 283 суток и 312 суток соответственно, на территории Америки с 28 октября 2012 г. по 1 апреля 2014 г. с длительностью 520 суток, на территории Азии с 14 августа 2012 г. по 24 мая 2013 г. с длительностью 283 сутки и с 24 мая 2013 г. по 23 июня 2014 г. с длительностью 395 суток. Здесь в настоящее время наблюдается период сейсмического затишья. В части Азии - на территории Кыргызстана и районов соседних стран Центральной Азии сейсмический цикл первого порядка землетрясений с $K \geq 12,6$ проявился с 24 января 2011 г. по 28 января 2013 г. с длительностью 735 суток.
3. Сейсмические циклы выражены характерными эмпирическими формулами (полиномами). Циклы первого порядка на Земле в целом с длительностью 283 суток и 312 суток на Земле в целом имеет вид:

периода затишья может быть около 484 суток. Однако, согласно сейсмическим циклам на рис.7 ожидается наступление периода сейсмической активизации и нарушение продолжительности периода затишья.

$$Y(t) = -610^{-8}t^3 + 3,260810^{-5} - 2,093,3,96t + 7.7, R^2 = 1,$$

где $Y(t)$ – магнитуда $M \geq 7.7$, где t – время (сутки), R^2 – достоверность аппроксимации;

$$Y(t) = 1,845610^{-5}t^2 - 6,09195410^{-3}t + 8.3, R^2 = 1,$$

где $Y(t)$ - магнитуда $M \geq 7.8$, где t - время (сутки), R^2 - достоверность аппроксимации, коэффициенты перед переменными являются относительно малыми величинами, где число десятичных знаков равно 9 и более;

Составляющие эмпирических формул сейсмических циклов являются взаимосвязанными нелинейными и линейными функциями сейсмических процессов на Земле в целом и ее частях. По ходу сейсмического цикла, нелинейная (кубическая, квадратная) и линейная функции изменяются с различными темпами и направлениями. Сейсмические процессы первого и повторного циклов одного и того же порядка (например, первого или второго и т.д.) определенной территории отличаются по темпам и направлениям, т.е. сейсмические процессы в циклах изменяются во времени. Длительность (периоды) циклов различается.

4. Установлены сейсмические циклы второго порядка. Особенно важны сейсмические циклы второго порядка, проявленные перед сильным землетрясением для локализации силы и времени сильного события.

5. Установлена статистическая закономерность изменения кумулятивной сейсмической энергии, высвобожденной при землетрясениях с магнитудой $M \geq 4,5$ на Земле в целом и в Азии, с $M \geq 2,5$ - в США, с энергетическим классом $K \geq 8$ - в Кыргызстане и районах соседних стран. Высвобожденная сейсмическая энергия характеризуется осредненной линией (трендом) и пределами флуктуации. Осредненная линия Земли в целом выражается формулой:

$$E_k = (0.1093t - 23.686) * E + 23, \text{ ўд\aa, на территории Америки:}$$

$$E_k = (0.0156t - 4.053) * E + 23, \text{ ўд\aa, на территории Азии:}$$

$$E_k = (0.0613t - 16.552) * E + 23, \text{ ўд\aa, на территории Кыргызстана – части Азии:}$$

$$E_k = (0.0155t - 1.6175) * E + 21, \text{ ўд\aa.}$$

Следовательно, мощность сейсмической энергии составляют: $0.1093 \cdot 10^{23}$ эрг/сутки (на Земле в целом), $0.0156 \cdot 10^{23}$ эрг/сутки (на территории Америки), $0.0613 \cdot 10^{23}$ эрг/сутки (на территории

Азии), $0.0155 \cdot 10^{21}$ эрг/сутки (на территории Кыргызстана и районов соседних стран Центральной Азии).

6. Оценка средне- и краткосрочной сейсмической опасности зависит от определения параметров сейсмического цикла, периода сейсмической активизации и затишья, комплекса функций сейсмических процессов, а также пределов флуктуации кумулятивной сейсмической энергии. Определено, что на Земле в целом с апреля 2014 г. спадает сейсмическая активизация. Подтверждено предположение, что в различных частях Земли, например, на территории Азии, Америки и т.д., максимальная магнитуда землетрясений не должна превышать $M=8$. Территория Америки после апреля 2014 г. находится также в периоде спада активизации и максимальная магнитуда в июле, августе 2014 г. не должна превышать $M=6,5$. На территории Азии подтвердился прогноз времени - в конце июня (23 июня 2014 г.), землетрясения с $M=7,9$. На территории Кыргызстана и районов соседних стран Центральной Азии с мая 2014 г. наступила сейсмическая активизация и ожидается землетрясение с вероятным энергетическим классом $K=13-15$ примерно в конце ноября и начале декабря 2014 г. Время и сила ожидаемого землетрясения будут локализованы по ходу непрерывного слежения за последовательностью землетрясений.

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 2010 г. «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии, Алматы, 2010. С. 161-165.
2. Омуралиев М., Омуралиева А., Землянский А.А. Способ определения места и силы крупного землетрясения за наступающий год, и его кварталы, месяцы. Кыргызпатент. KG 1266 C1.
3. Омуралиев М., Омуралиева А., Ачакеев Э.А. Масштабный закон периодичности проявления и повторяемости землетрясений. Кыргызпатент, Авторское свидетельство №2037.
4. Чипизубов А.В. Реконструкция и прогноз изменений сейсмичности Земли. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2008, 241 с.
5. U.S. Geological Survey (USGS < <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>>)
6. Омуралиев М., Омуралиева А. Опыт оценки сейсмической среднесрочной опасности территории Кыргызстана и краткосрочной опасности территории США. //Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2013. №1. С.76-84.
7. Омуралиева А., Омуралиев М. Последовательность проявления землетрясений, высвобождение сейсмической энергии Земли в целом и её регионах (Азии, США) и оценка сейсмической опасности. //Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2013. №1. С.85-92.
8. 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.
9. Омуралиев М., Омуралиева А. Последовательность исторических землетрясений на территории США и периоды сейсмической активизации и затишья. // Известия Вузов, 2012. №3. С.61-67.
10. Tsuboi C. Time rate of earthquake energy release in and near Japan. Proc. Jap. Acad., 1965, 41,392-7.
11. Касахара К. Механика землетрясений. М: Мир,1985. 264 с.
12. Омуралиева А., Омуралиев М. Закономерность процессов сейсмического цикла перед сильным землетрясением активного блока Тянь-Шаня. Кыргызпатент. Авторское свидетельство 2373, 2014.

Рецензент: д.г.-м.н., профессор Абдрахматов К.Е.