

УДК 550.34

Омуралиев М., Омуралиева А., Мамбетова Г.,  
Захожая И., Фаузер В.  
Институт сейсмологии НАН КР,  
г. Бишкек, Кыргызстан

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЯНЬ-ШАНЯ И ОЖИДАЕМЫЕ СОБЫТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСТАНА

**Аннотация.** Приведены результаты изучения последовательности сильных землетрясений по данным уточнённого каталога сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран с древних до современных времён (-200) - 2023 гг. Определены вероятные периоды повторения сейсмических циклов четвёртого, третьего, второго, первого порядков в пределах отдельно взятых активных разломов, а также в пределах отдельно взятых генетических ассоциаций разломов, необходимые для проведения детерминистической (ДОСО) и вероятностной (ВОСО) оценки сейсмической опасности и составления комплекта карт сейсмического районирования.

**Ключевые слова:** сильные землетрясения, последовательность землетрясений, древнее время, современное время, сейсмический цикл, иерархия циклов, периоды повторения циклов, ДОСО, ВОСО.

## ТЯНЬ-ШАНДАГЫ КАТУУ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН ЫРААТТУУЛУГУ ЖАНА КЫРГЫЗСТАНДА КҮТҮЛҮП ЖАТКАН СЕЙСМИКАЛЫК ОКУЯЛАР

**Кыскача мазмуну.** Макалада Кыргызстандын жана чектеш мамлекеттердин байыркы замандан азыркы мезгилге чейинки (-250) - 2023-жылдагы күчтүү жер титирөөлөрдүн такталган каталогуна ылайык күчтүү жер титирөөлөрдүн ырааттуулугун изилдөөнүн натыйжалары берилген. Детерминисттик (ДСКБ) жана ыктымалдык (ЫСКБ) сейсмикалык коркунучту баалоо жана сейсмикалык райондоштуруу карталардын жыйындысын түзүү үчүн зарыл болгон айрым активдүү жаракалардагы, ошондой эле жаракалардын айрым генетикалык бирикмелеринин чегинде төртүнчү, үчүнчү, экинчи, биринчи даражадагы сейсмикалык циклдердин кайталануусунун ыктымалдуу мезгилдери аныкталган.

**Негизги сөздөр:** күчтүү жер титирөөлөр, жер титирөөлөрдүн ырааттуулугу, байыркы заман, азыркы заман, сейсмикалык цикл, циклдердин иерархиясы, циклдин кайталануу мезгили, ДСКБ, ЫСКБ.

## THE TIEN SHAN'S STRONG EARTHQUAKES' SEQUENCE AND EXPECTED SEISMIC EVENTS ON THE TERRITORY OF KYRGYZSTAN

**Abstract.** Study's results of the sequence of strong earthquakes based on the updated catalogue of strong earthquakes in Kyrgyzstan and adjacent areas of neighboring countries from ancient to modern times (-200) - 2023 are presented. The probable recurrence periods of seismic cycles of the fourth, third, second, first orders within individual active faults, as well as within individual genetic associations of faults are determined, that are necessary for conducting deterministic (DSHA) and probabilistic (PSHA) seismic hazard assessment and compiling a set of seismic zoning maps.

**Keywords:** strong earthquakes, sequence of earthquakes, ancient time, modern time, seismic cycle, hierarchy of cycles, periods of cycles' recurrence, DSHA, PSHA.

Последовательность землетрясений является универсальным параметром сейсмических процессов [1, 2, 3, 4]. С.А. Федотов [5] по данным сильных землетрясений

Камчатки, Курильских островов и северо-восточной Японии, отметил сейсмический цикл продолжительностью  $140 \pm 60$  лет. Кавасуми [6] по данным сильных землетрясений районов Токио и Южного Канто на основе фурье-анализа выделил  $69 (\pm 13)$ -летний цикл.

Шимазаки [7], Касахара [8] динамику проявления землетрясений и их повторяемость связывали со «ступенчатыми» изменениями деформаций и напряжений (статическим, динамическим, кинематическим) в окрестностях разлома. На основании данных смещения поверхности отмечены сейсмические циклы и в каждом из них выделены кососейсмическая, предсейсмическая, постсейсмическая и межсейсмическая подвижки [8].

На основе Фурье-анализа значительных землетрясений Тянь-Шаня и приграничных районов Памира и Тарима [9] отмечено, что сходимость эмпирических и расчётных временных рядов землетрясений можно достичь большим числом (100 и более) гармонических составляющих. Выбор нескольких доминирующих периодов на спектральной функции недостаточен для описания последовательности сильных землетрясений Тянь-Шаня.

На основе фрактального анализа сейсмичности Тянь-Шаня [10] установлено, что сейсмические процессы могут быть отнесены к процессу, обладающему «положительной» памятью, где фрактальные параметры  $2 < d \leq 3$  ( $0 \leq \mu < 0.5$ ,  $0.5 < H \leq 1$ ) и к процессу, обладающему «отрицательной» памятью, где  $1 \leq d < 2$  ( $0.5 < \mu \leq 1$ ,  $0 \leq H < 0.5$ ). Соотношения параметров землетрясений и сейсмичности имеют дробные – фрактальные размерности. Следует напомнить, что процессам с памятью свойственны, в частности, сейсмические циклы.

### Методика и результаты исследований.

Исходными данными являются каталоги сильных землетрясений Кыргызстана (и сопредельных районов соседних стран) с древних до современных времён (-200 -2021 гг.) [11, 12]. Представительными классами землетрясений до 1889 г. являлись  $K_R \geq 13.2-13.6$ , до 1929 г. -  $K_R \geq 12.0-13.0$ , с 1930 г. -  $K_R \geq 11.0-12.0$ . Со времени развития сети цифровых сейсмических станций и методики обработки данных, каталог стал охватывать меньшие классы землетрясений.

Последовательность проявления землетрясений предопределена динамикой иерархии активных разломов и блоков [1-4] и выражена иерархией сейсмических циклов. В каждом цикле выделяются период активизации, пик сейсмической активизации, период спада сейсмической активизации и период сейсмического затишья. Крупные землетрясения проявляются в цикле первого порядка с длинным периодом, а значительные и малые землетрясения – в циклах с соответствующими короткими периодами.

На рисунке 1 приведена последовательность сильных землетрясений ( $K_R \geq 13.2$ ) Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 500-1889 гг.

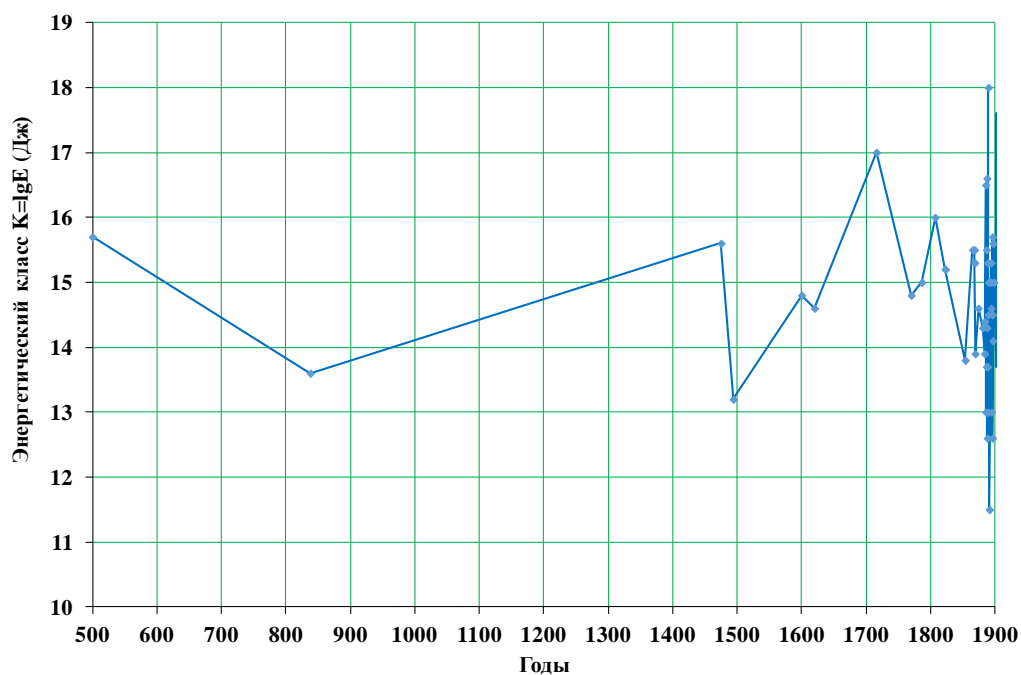


Рисунок 1. Последовательность сильных ( $K_R \geq 13.2$ ) землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 500-1889 гг.

Последовательность сильных землетрясений за 1880-2020 гг. приведена на рисунке 2.

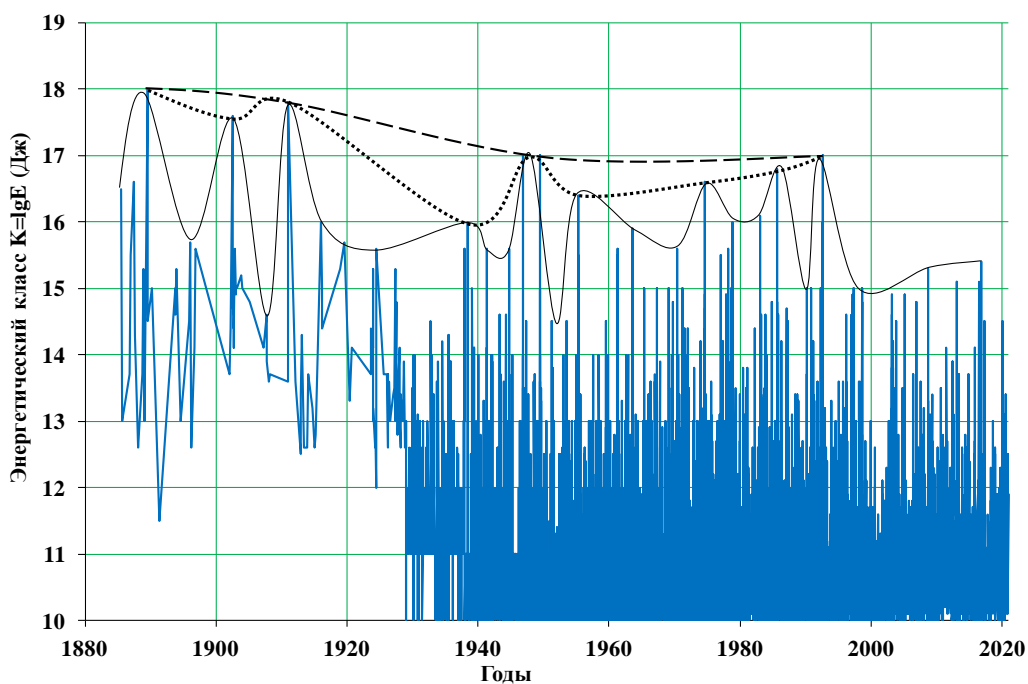


Рисунок 2. Последовательность сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 1880-2020 гг. Сейсмические циклы третьего порядка обозначены сплошной линией, циклы второго порядка – точечной линией, цикл первого порядка – пунктирной линией.

Проявления иерархии сейсмических циклов сначала четвертого, после третьего и потом второго порядков сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 1949-2023 гг. приведены на рисунке 3.

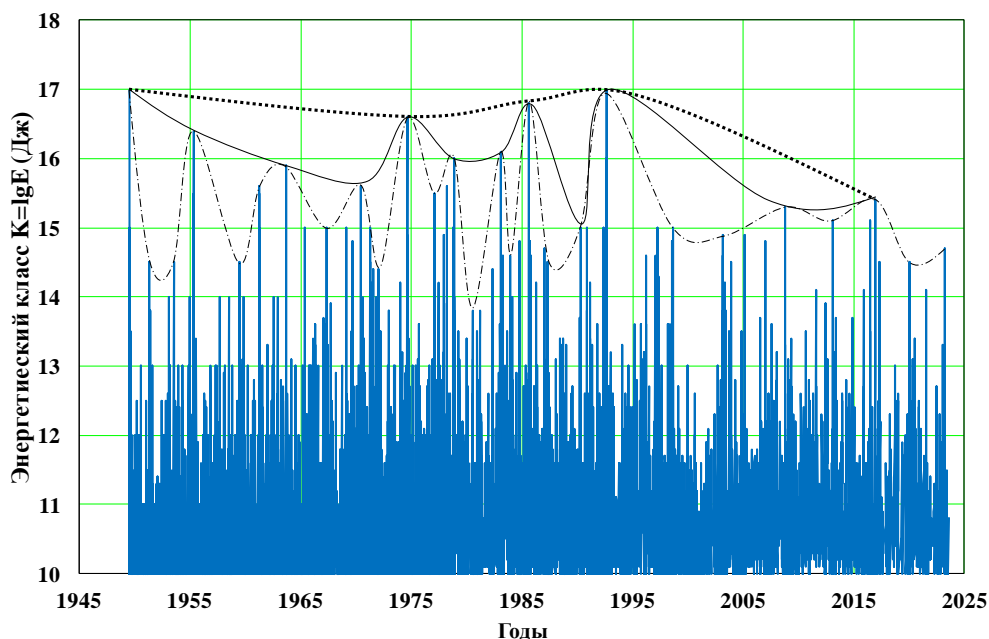


Рисунок 3. Последовательность сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 1949-2023 гг. Сейсмические циклы четвертого порядка обозначены пунктиром с точкой, циклы третьего порядка - сплошной линией, циклы второго порядка - точечной линией.

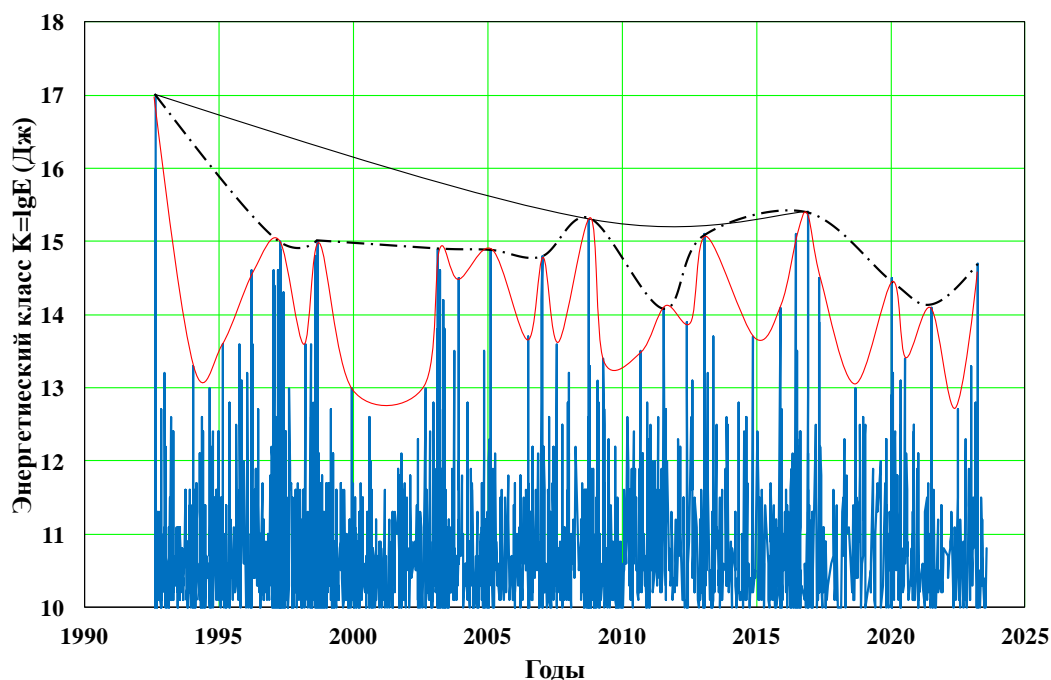


Рисунок 4. Последовательность сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 1992-2023 гг. Сейсмические циклы пятого порядка обозначены красной линией, циклы четвертого порядка - пунктирной линией с точками, циклы третьего порядка - сплошной линией.

Важно рассмотреть распределение пиков сейсмических циклов сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран в пределах 120 активных разломов - зон ВОЗ, где имеются примерно три сегмента [13]. Следует отметить, что активные разломы группируются в примерно 40 генетические, пространственно-временные генетические ассоциации. Так отмечаются группирования следующих разломов:

- Чункурчакский, Шамси-Тюндюкский, Ысык-Атинский;
- Северо-Кеминский, Южно-Кеминский, Предкунгейский;
- Суусамыртооский, Арамсуйский Срединно-Суусамырский;
- Кокшаальский, Мейдантагский, Кельпин-Чультагский;
- Каракуль-Дарвазский, Северо-Заалайский;
- Южно-Ноокатский, Сулюктинский, Катрантооский и т.д.

В таблице 1 приведено распределение пиков сейсмических циклов четвёртого порядка сильных землетрясений ( $K_R \geq 14.8$ ) Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 1949-2023 гг.

Таблица 1. Пики сейсмических циклов четвёртого порядка и промежутки времени их повторения в пределах 120 активных разломов, 360 их сегментов.

Годы	Долгота, градус	Широта, градус	Энергетический класс $K_R=lgE$ , (Дж)	Промежуток времени между пиками циклов T, лет
1949.527	70.8	39.2	17.0	
1955.29	74.6	39.9	16.4	5.763
1963.622	74.19	39.67	15.9	8.373
1970.43	78.73	42.52	15.6	6.767
1974.613	73.83	39.38	16.6	4.183
1978.232	78.58	42.87	15.6	3.619
1983.118	75.23	40.23	16.1	4.887
1985.646	75.48	39.43	16.8	2.527
1990.296	74.55	39.45	15.0	4.65
1992.635	73.63	42.67	17.0	2.339
1998.588	76.98	39.48	14.8	5.953
2005.121	79.47	41.85	14.9	6.534
2008.763	73.67	39.62	15.3	3.642
2016.487	73.95	39.17	15.4	8.138

Среднее значение промежутков времени составляет  $C=5.18$  лет, стандартное отклонение  $S=1.94$ , величина  $C+S=7.12$  лет, соответственно можно принять  $T_4=7$  лет.

В таблице 2 приведено распределение пиков сейсмических циклов третьего порядка сильных ( $K_R \geq 16.0$ ) землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 1889-2023 гг.

Среднее значение промежутков времени составляет  $C=14.73$ , стандартное отклонение  $S= 8.16$ , величина  $C+S=22.89$  лет, соответственно можно принять  $T_3=22$  года.

В таблице 3 приведено распределение пиков сейсмических циклов второго порядка сильных ( $K_R \geq 17.0$ ) землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 1889-2023 гг.

Таблица 2. Пики сейсмических циклов третьего порядка и промежутки их повторения за 1889-2023 гг.

Годы	Долгота, градус	Широта, градус	Энергетический класс $K_R$ $K_R = \lg E$ , (Дж)	Промежуток времени между пиками циклов третьего порядка $T$ , лет
1889.53	78.7	43.2	18.0	
1902.643	76.2	39.8	17.6	13.113
1911.008	76.9	42.9	17.8	8.365
1938.471	75.8	42.7	16.0	27.463
1949.527	70.8	39.2	17.0	11.056
1974.613	73.83	39.38	16.6	25.086
1985.646	75.48	39.43	16.8	11.033
1992.635	73.63	42.67	17.0	6.989

Таблица 3. Пики сейсмических циклов второго порядка сильных землетрясений Кыргызстана и промежутки их повторения за 1889-2023 гг.

Годы	Долгота, градус	Широта, градус	Энергетический класс $K = \lg E$ , (Дж)	Промежуток времени между пиками циклов третьего порядка $T$ , лет
1889.63	78.7	43.2	18.0	
1911.008	76.9	42.9	17.8	21.378
1949.527	70.8	39.2	17.0	38.519
1992.635	73.63	42.67	17.0	43.108

Среднее значение промежутков времени составляет  $C=34.33$  лет, стандартное отклонение  $S=11.45$ , величина  $C+S=45.78$  лет, соответственно можно принять  $T_2=45$  лет.

Из таблиц 1, 2, 3 следует, что промежуток времени ( $C+S$  с 95 % достоверностью) между пиками сейсмических циклов (четвёртого, третьего, второго порядков) Тянь-Шаня и приграничных районов соседних регионов, где развиваются порядка 120 активных разломов (зон ВОЗ) составляет:  $T_4=7$  лет,  $T_3=22$  года,  $T_2=45$  лет, соответственно. Следует подчеркнуть, что последовательность сильных землетрясений по имеющемуся каталогу землетрясений Тянь-Шаня и прилегающих районов соседних регионов за (-200) г. по 2023 г. и пики сейсмических циклов второго порядка (см. рисунки 1, 2, 3) позволяют предварительно оценить вероятный период цикла первого порядка (единственным пиком в 1889 г.  $K_R = 18.0$ ) около  $T_1=2200$  лет. Соответственно, предполагаемый следующий пик сейсмического цикла первого порядка возможен в 4089 г. (1889+2200).

Изменение этих промежутков времени 7, 22, 45, 2200 лет циклов 4, 3, 2, 1 порядков выражается формулой:

$$\lg T = 3.3888x^{-0.945} (+0.15-0.10), R^2=0.9764,$$

где  $x$  - порядок цикла,  $T$  - промежуток времени между пиками цикла,  $R^2=0.97$  - достоверность аппроксимации. В изменении промежутков времени между пиками циклов отмечаются флуктуации, которые определяются коэффициентами (+0.15 и -0.10).



На рисунке 5 и таблице 3 показано пространственно-временное распределение (миграция) пиков ( $K_R \geq 17.0$ ) сейсмических циклов второго порядка в пределах активных разломов Тянь-Шаня и приграничных районов соседних регионов. С 1889 г. по 1911 г. наблюдалась миграция на запад по зоне сочленения Тянь-Шаня и Казахстанского щита. В 1946 г. и 1949 г. пики циклов мигрировали на юго-запад к зоне Таласо-Ферганского разлома (на юго-западное крыло) на сочленении Центрального и Западного блоков Тянь-Шаня и Гиссаро-Кокшаальской зоны на сочленении Памира и Тянь-Шаня. В 1992 г. пик цикла мигрировал на северо-восток к зонам Северного Тянь-Шаня и северо-восточного крыла Таласо-Ферганского разлома.

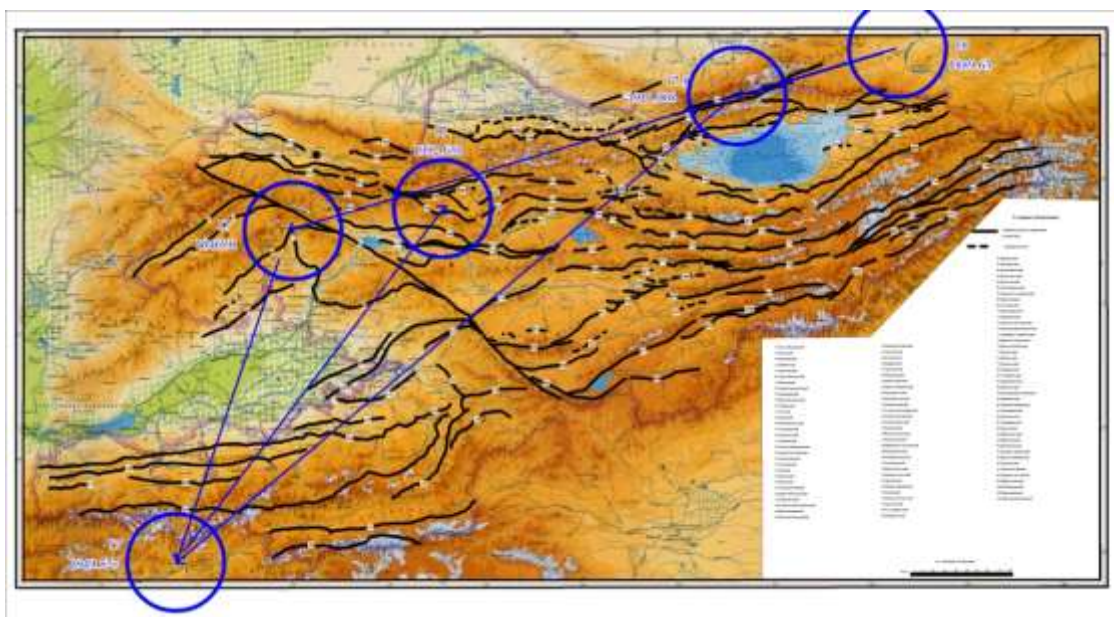


Рисунок 5. Миграция пиков сейсмических циклов второго порядка в пределах активных разломов Тянь-Шаня и приграничных районов соседних регионов. Кругами обозначены районы землетрясений, стрелками – вероятные направления миграции пиков сейсмического цикла.

Распределение (миграция) пиков ( $K_R \geq 16.0$ ) сейсмических циклов третьего порядка в пределах активных разломов Тянь-Шаня и приграничных районов соседних регионов приведено на рисунке 6. В 1902 г. отмечалась миграция в юго-западном направлении от области Чиликского землетрясения, зоны сочленения Тянь-Шаня и Казахского щита к сочленению Тянь-Шаня и Таримской плиты, в 1911 г. – в северо-восточном направлении снова к сочленению Тянь-Шаня и Казахского щита, в 1938 г. в западном направлении, а в 1949 г. – юго-западном направлении к зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня, после в 1974 г. – в восточном направлении, далее в 1985 г. – к сочленению Тарима и Тянь-Шаня. В 1992 г. пик цикла мигрировал на северо-запад к Северному Тянь-Шаню.

По результатам слежения последовательность сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 2011-2023 гг. показана на рисунке 8.

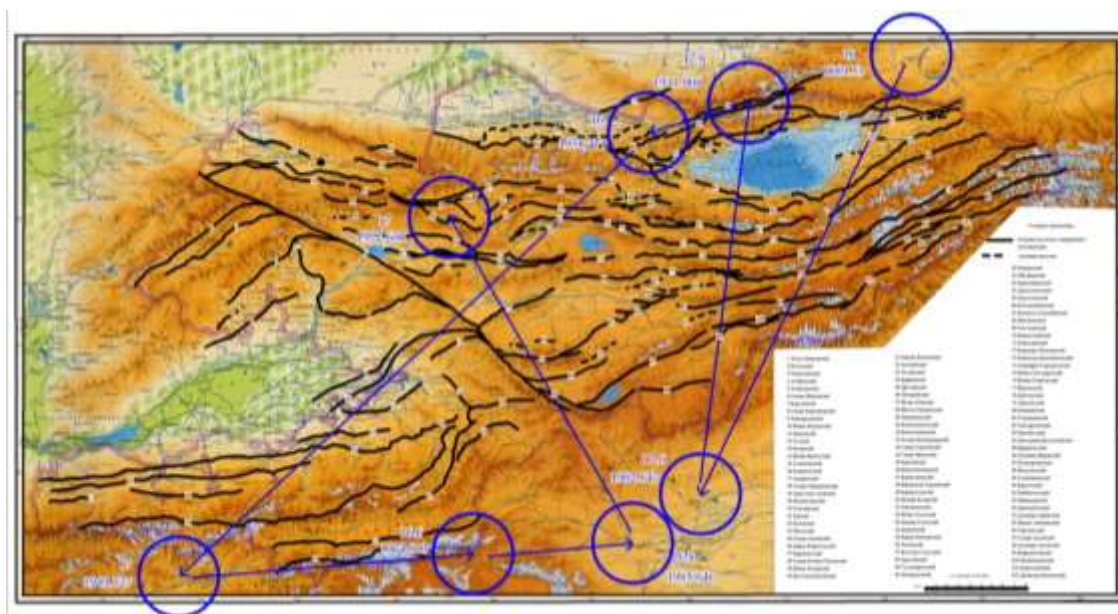


Рисунок 6. Миграция пиков сейсмических циклов третьего порядка в пределах активных разломов Тянь-Шаня и приграничных районов соседних регионов. Кругами обозначены районы землетрясений, стрелками – вероятные направления миграции пиков сейсмического цикла.

Распределение в пространстве и во времени (миграции) пиков ( $K_R \geq 15.0$ ) сейсмических циклов четвёртого порядка в пределах активных разломов Тянь-Шаня и приграничных районов соседних регионов приведено на рисунке 7. Они приурочены в основном к зонам сочленения Памира, Тарима и Тянь-Шаня и к восточной части Северного Тянь-Шаня (1970 г., 1978 г., 1990 г.).

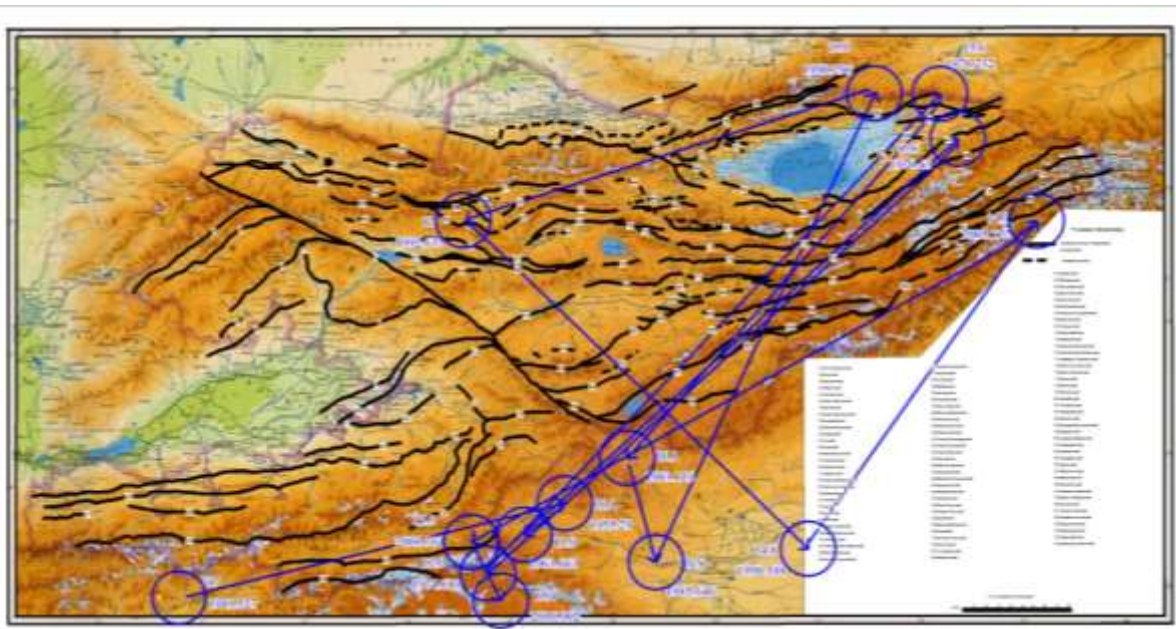


Рисунок 7. Миграция пиков сейсмических циклов четвёртого порядка в пределах активных разломов Тянь-Шаня и приграничных районов соседних регионов. Кругами обозначены районы землетрясений, стрелками – вероятные направления миграции пиков сейсмического цикла.



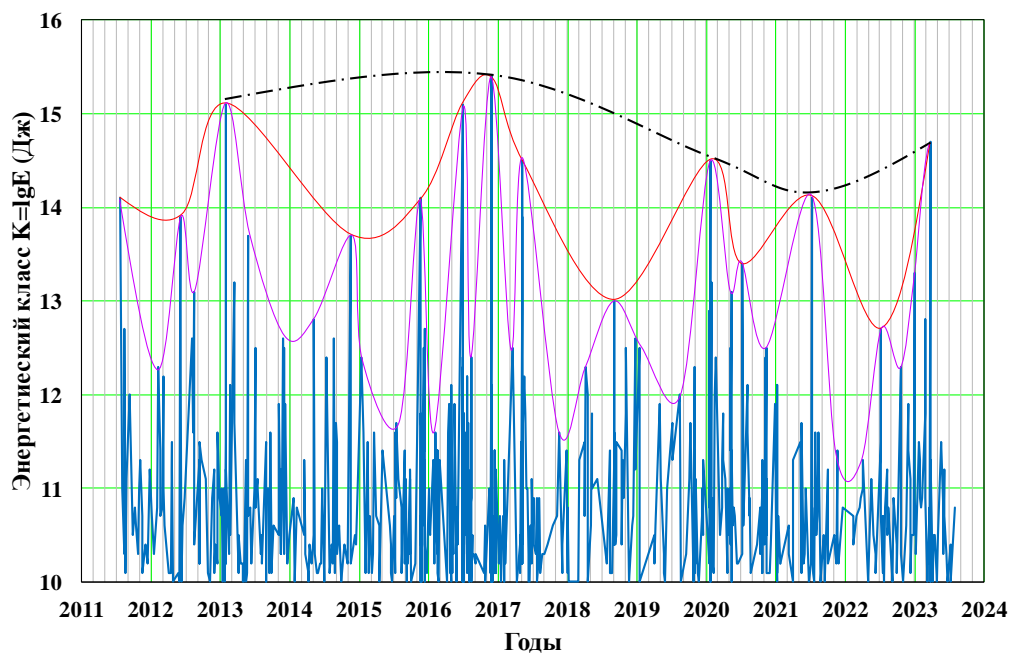


Рисунок 8. Последовательность сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран за 2011-2023 гг. Сейсмические циклы шестого порядка обозначены линией лилового цвета, циклы пятого порядка - линией красного цвета, циклы четвертого порядка - пунктирной линией с точками.

В таблице 4 приведены сейсмические циклы пятого порядка за 2020-2023 гг. или за 2941.56-4099.83 сутки.

Таблица 4. Пики сейсмических циклов пятого порядка за 2020-2023 гг. (2941.56-4099.83 сутки).

Нпп	Год	Месяц	Число	Сутки	Широта	Долгота	$K_R = \lg E$ (Дж)
1	2020	01	19	2941.5610	39.85	77.17	14.5
2	2021	07	10	3479.0935	39.03	70.55	14.1
4	2023	03	22	4099.8385	39.27	69.07	14.7

Как видно из таблицы 4 энергетический класс пиков пятого порядка  $K_R = 14.1-14.7$ . Промежуток времени между ними изменяется в пределах 538-620 суток. По этим пикам отмечают фаза спада (за 2941.5-3479.0 суток) и фаза активизации (за 3479.0-4099.8 суток) цикла четвертого порядка с периодом повторения в порядке  $T=3376$  суток после проявления последующих циклов шестого и пятого порядков в конце 2023 г. и в начале 2024 г.

Перед сильными землетрясениями Тянь-Шаня и приграничных районов соседних регионов отмечают признаковые (прогностические) сейсмические циклы, представляющие «симптом» приближения пика сейсмической активизации - главного толчка сильных землетрясений (таблица 5).

Таблица 5. Признаковые сейсмические циклы, отмеченные перед сильным землетрясением

№ п.п	Землетрясение	Даты и порядок признаковых сейсмических циклов				
		2	3	4	5	6
1.	Чилик, 1989.07.11, K <sub>R</sub> =18.5, M=8.3, φ=43.20° λ=78.40°	1716 K <sub>R</sub> =17.0				
2.	Кемин, 1911.01.03 K <sub>R</sub> =17.8, M=8.2, φ=42.90° λ=78.90°	1889				
3.	Чаткал, 1946.11.02 K <sub>R</sub> =17.0, M=7.5, φ=41.90° λ=72.00°	1911	Кемино- Чуй, 1938.06.20 K <sub>R</sub> =16.0			
	Хаит, 1949.07.10 K <sub>R</sub> =17.0, M=7.4, φ=39.20° λ=70.80°					
4.	Суусамыр, 1992.08.19 K <sub>R</sub> =17.0, M=7.3, φ=42.07° λ=73.63°	1949	1985.08.23 K <sub>R</sub> =16.5			
5.	Нура φ=39.62° λ=73.67°			2008.10.05 K <sub>R</sub> =15.3	2006.07.02, K <sub>R</sub> =14.2	
6.	Акетоо φ=39.17° λ=73.95°			2016.11.25 K <sub>R</sub> =15.4	2013.01.28 K <sub>R</sub> =15.1	2016, 06.26 K <sub>R</sub> =15.1
7.	φ=39.85° λ=77.17°				2020.01.19 K <sub>R</sub> =14.5	2018.09.03, K <sub>R</sub> =13.0
8.	φ=39.03° λ=70.55°				2021.07.10, K <sub>R</sub> =14.1	2020.05.04 K <sub>R</sub> =13.4
9.	φ=39.27° λ=69.57°				2023.03.22, K <sub>R</sub> =14.7	2022.07.02 K <sub>R</sub> =12.7

Так, сейсмический цикл второго порядка после землетрясения Аксуу (1716, K<sub>R</sub>=17, φ=43.20°, λ=81.00°) является «симптомным» циклом крупного землетрясения Чилик (1889, K<sub>R</sub>=18.5, φ=43.20°, λ=78.40°). Сейсмический цикл третьего порядка после землетрясения Кемино-Чуй (1938, K<sub>R</sub>=16.0, φ=43.20°, λ=81.00°) являлся «симптомным» циклом сильных землетрясений Чаткал (1946, K<sub>R</sub>=17, φ=41.90°, λ=72.00°) и Хаит (1949, K<sub>R</sub>=17, φ=39.20°, λ=70.80°). Также, сейсмический цикл третьего порядка после землетрясения Кокшаал (1985, K<sub>R</sub>=16.5, φ=41.43°, λ=79.27°) являлся «симптомным» циклом крупного землетрясения Суусамыр (1992, K<sub>R</sub>=17, φ=42.07°, λ=73.63°) и т.д.

Важно отметить, что в данном регионе если вышеотмеченные промежутки времени между пиками циклов относятся к 120 активным разломам, то можно оценить вероятные периоды (T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>) сейсмических циклов четвертого, третьего, второго, первого порядков в пределах отдельно взятых разломов: T<sub>4</sub>=120×7=840 лет, T<sub>3</sub>=120×22=2640 лет, T<sub>2</sub>=120×45=5400 лет, T<sub>1</sub>=120×2200=264000 лет. Вероятные периоды (T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>) сейсмических циклов четвертого, третьего, второго, первого порядков в пределах отдельно взятых около 40 пространственно-временной генетической ассоциации разломов: T<sub>4</sub>=40×7=280 лет, T<sub>3</sub>=40×22=880 лет, T<sub>2</sub>=40×45=1800 лет, T<sub>1</sub>=40×2200=88000 лет. Вероятные периоды (T<sub>4</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>) сейсмических циклов четвертого, третьего, второго, первого порядков в пределах

отдельно взятых сегментов разломов порядка 360 составляет:  $T_4=360 \times 7=2520$  лет.  $T_3=360 \times 22=7920$  лет,  $T_2=360 \times 45=16200$  лет,  $T_1=360 \times 2200=792000$  лет, соответственно.

### Заключение

1. Изучена последовательность сильных землетрясений по данным уточнённого каталога сильных землетрясений Кыргызстана и сопредельных районов соседних стран с древних до современных времён (-200) - 2023 гг.
2. На изучаемой территории отмечается иерархия сейсмических циклов, которая предопределена динамикой иерархии около 120 активных разломов - зон ВОЗ. В зонах ВОЗ отмечаются сегменты с общим количеством около 360. Активные разломы группируются в около 40 пространственно-временные генетические ассоциации.
3. Вероятные периоды повторения сейсмических циклов в среднем составляют, например, в периодах ( $T_4$ ,  $T_3$ ,  $T_2$ ,  $T_1$ ) сейсмических циклов четвёртого, третьего, второго, первого порядков для 120 отдельно взятых разломов:  $T_4=120 \times 7=840$  лет.  $T_3=120 \times 22=2640$  лет,  $T_2=120 \times 45=5400$  лет,  $T_1=120 \times 2200=264000$  лет.

Вероятные периоды ( $T_4$ ,  $T_3$ ,  $T_2$ ,  $T_1$ ) сейсмических циклов четвёртого, третьего, второго, первого порядков в пределах 40 отдельно взятых пространственно-временных генетических ассоциаций разломов:  $T_4=40 \times 7=280$  лет.  $T_3=40 \times 22=880$  лет,  $T_2=40 \times 45=1800$  лет,  $T_1=40 \times 2200=88000$  лет.

Вероятные периоды ( $T_4$ ,  $T_3$ ,  $T_2$ ,  $T_1$ ) сейсмических циклов четвёртого, третьего, второго, первого порядков в пределах 360 отдельно взятых сегментов разломов составляет:  $T_4=360 \times 7=2520$  лет.  $T_3=360 \times 22=7920$  лет,  $T_2=360 \times 45=16200$  лет,  $T_1=360 \times 2200=792000$  лет, соответственно.

4. Пики циклов третьего и второго порядков ( $K_R = 17.0 - 18.0$ ) приурочены к зонам сочленения Тянь-Шаня с Казахским щитом на севере и областью горообразования Памира, Таримской плитой на юге. На графике изученной последовательности землетрясений единственным пиком сейсмического цикла первого порядка вероятно является землетрясение Чилик 1889 г. ( $K_R = 18.5$ ,  $M=8.3$ ).
5. Перед сильным землетрясением отмечаются признаки (прогностические) сейсмические циклы, представляющие «симптом» приближения пика сейсмической активизации – главного толчка.
6. Активизация сейсмического цикла четвёртого порядка в 2024 г. приблизится к своему пику (около  $K_R = 15.0$ ) после проявления циклов шестого и пятого порядков за 2023-2024 гг.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Omuraliev M., Omuralieva A. Late Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Central Asia. - Bishkek: Ilim, 2004. -166 p.
2. Омуралиев М., Омуралиева А. Средне- и краткосрочная сейсмическая опасность Тянь-Шаня, и иерархия динамики сейсмических процессов (на территории Кыргызстана и приграничных районов соседних стран). Бишкек: «Триада Принт», 2016. -116.
3. Мамбетова Г.А., Омуралиев М. Сейсмические циклы Тянь-Шаня на территории Кыргызстана и землетрясение Каркыра–Сарыджаз 28 января 2013 г.  $K=15$ . // Вестник ИС НАН КР. -2019. -№1(13). -С.60-69.
4. Мамбетова Г., Омуралиева А., Омуралиев М. Нелинейная динамика последовательности проявления землетрясений. //Вестник ИС НАН КР. -2020. - №1(15). -С.50-80.

5. Федотов С.А. О закономерностях распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских островов и северо-восточной Японии //Труды Института Физики Земли АН СССР. -1965. -№36 (203). –С.66-93.
6. Kawasumi H. Proofs of 69 years' periodicity and immense of destructive earthquake in southern Kwanto district and problems in the countermeasures thereof. //Chigaku Zasshi. N76. с.115-138.
7. Shimazaki K. A model of earthquake recurrence and its application to crustal movement in Tokai district, Japan. Geographical Survey Institute, Tokyo, 1977, pp. 32-40.
8. Касахара К. Механика землетрясений. -Москва: Мир, 1988. -264 с.
9. Омуралиев М., Землянский А.А., Ачакеев Э. Управляющие параметры процессов в области подготовки сильных землетрясений Тянь-Шаня. //Материалы пятой международной конференции молодых учёных и студентов (Бишкек, 24-25 апреля 2013 г.) «Современные техника и технологии в научных исследованиях», Москва-Бишкек: НС РАН, 2013, с.103-109.
10. Омуралиев М., Омуралиева А. Естественная размерность сейсмических процессов и сейсмической среды на примере Тянь-Шаня. // Вестник ИС НАН КР. -2015. -№6. - С.96-107.
11. Джанузаков К.Д., Омуралиев М., Омуралиева А. и др. Сильные землетрясения Тянь-Шаня в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии. –Бишкек: Илим, 2003. -216 с.
12. Абдрахматов К.Е., Березина А. В., Уокер Р. и др. Землетрясения Кыргызстана. - Бишкек: «Издательство научных журналов и детской художественной литературы», 2022. -206 с.
13. Абдрахматов К.Е., Бегалиев У.Т., Омуралиев М., Омуралиева А. Сейсмическая опасность населённых пунктов и стратегических сооружений Кыргызской Республики. –Бишкек: «Трида Принт», 2019. -98 с.

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