

УДК 550.34

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

СЕЙСМИЧНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСТАНА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ ЗА 2022-2023 ГГ.

Аннотация. В статье приведены результаты изучения распределения землетрясений, слежения последовательности проявления землетрясений и изменения кумулятивной сейсмической энергии в пределах территории Кыргызстана за 01.01.2022 г.-03.03.2023 г. Отмечена миграция землетрясений с $K_R=12.0-15.8$ вдоль сочленения Тянь-Шаня, Тарима и Памира.

Ключевые слова: распределение землетрясений, последовательность землетрясений, сейсмическая активизация, сейсмическое затишье, миграция землетрясений, кумулятивная сейсмическая энергия.

2022-2023-ЖЫЛДАРДАГЫ КЫРГЫЗСТАНДЫН АЙМАГЫНДАГЫ ЖАНА АНЫН АЙЛАНАСЫНДАГЫ СЕЙСМИКАЛУУЛУК ЖАНА ТҮРКИЯДАГЫ ЖЕР ТИТИРӨӨ ($M_{ww}=7.8$, 02.06.2023)

Кыскача мазмуну. Макалада 01.01.2022-03.03.2023 аралыгында Кыргызстандын аймагындагы жер титирөөлөрдүн бөлүштүрүлүшүн, анын ырааттуулугун жана кумулятивдик сейсмикалык энергиянын өзгөрүшүн изилдөөнүн жыйынтыктары берилген. Тянь-Шань, Тарим жана Памирдин биргелешкен чектер боюнча жер титирөөлөрдүн ($K_R=12-15,8$) миграциясы белгиленген. Түркиядагы $M_{ww}=7.8$ болгон жер титирөөнүн убактысы (06.02.2023) Тянь-Шандын сейсмикалык активдүүлүгүнүн мезгилине туура келет, бул жер титирөөнүн глобалдык масштабта даярдалгандыгын көрсөтөт.

Негизги сөздөр: жер титирөөнүн бөлүштүрүлүшү, жер титирөөнүн ырааттуулугу, сейсмикалык активдешүү, сейсмикалык тыныгуу, жер титирөөнүн миграциясы, кумулятивдик сейсмикалык энергия.

SEISMICITY OF THE KYRGYZSTAN'S TERRITORY AND ITS VICINITY IN 2022-2023 AND $M_{ww}7.8$ EARTHQUAKE IN TURKEY (2023.02.06)

Abstract. Results of studying the earthquakes' distribution, tracking the earthquakes' sequence and changes in cumulative seismic energy within the territory of Kyrgyzstan for 2022.01.01-2023.03.03 are given in the paper. The migration of $K_R=12.0-15.8$ earthquakes along the junction of the Tien Shan, Tarim and Pamir was noted. The time (06.02.2023) of the $M_{ww} 7.8$ Turkey earthquake coincides with the seismic active period of the Tien Shan, which implies a global scale of the preparation of the event.

Keywords: earthquake distribution, earthquake sequence, seismically active period, seismically calm period, earthquake migration, cumulative seismic energy.

На основе имеющейся информации Центра данных Института сейсмологии НАН КР изучено распределение землетрясений в пределах территории Кыргызстана за 2022-2023 гг. Последовательность проявления землетрясений [1-6] с $K_R=8.0-15.0$ за 01.01.2022 г. - 03.03.2023 г. в квадрате $\varphi=38.0^\circ-44.0^\circ$, $\lambda=68.0^\circ-81.5^\circ$ приведена на рисунке 1. После проявления 01.04.2022 г. землетрясения с $K_R=11.3$ ($\varphi=41.44^\circ$, $\lambda=75.96^\circ$, $h=23$ км) наступил период затишья. С 28.11.2022 г. наступил период активизации, произошло

землетрясение с $K_R=12.0$ ($\varphi=39.84^\circ$, $\lambda=74.32^\circ$, $h=16$ км) на восточной части Заалайского активного поднятия (рисунки 2, 3). 28.12.2022 г. проявилось землетрясение с $K_R=13.3$ ($\varphi=41.88^\circ$, $\lambda=79.42^\circ$, $h=35$ км) на восточной части Кокшаальского активного устойчивого поднятия. После 23.02.2023 г. отмечалось землетрясение с $K_R=15.8$, что представляет собой своеобразный пик сейсмической активизации. Эпицентр данного события ($\varphi=38.43^\circ$, $\lambda=73.02^\circ$) находился в центральной части Северного Памира. Соответственно, ощутимые землетрясения с $K_R=12.0 - 15.8$ мигрировали в северо-восточном и юго-западном направлениях вдоль сочленения Тянь-Шаня, Тарима и Памира. Следует отметить, что землетрясение в Турции с $M_{ww}=7.8$ произошло 06.02.2023 г. и время этого события попадает в вышеотмеченный период сейсмической активизации на территории Кыргызстана с 28.12.2022 г.

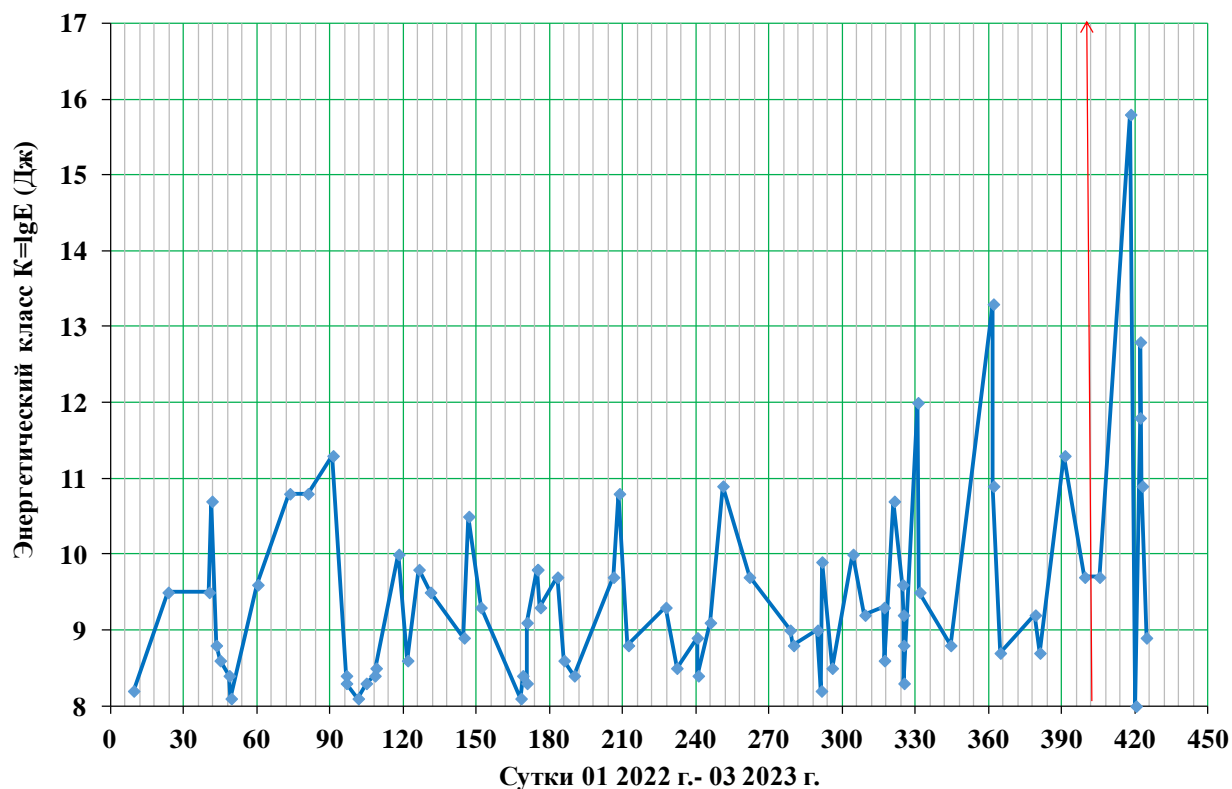


Рисунок 1. Последовательность проявления землетрясений с $K_R=8.0-15.0$ за 01.01.2022 г.- 03.03.2023 г. в квадрате $\varphi=38.0^\circ-44.0^\circ$, $\lambda=68.0^\circ-81.5^\circ$. Красной линией обозначено время 06.02.2023 г. землетрясения с $M_{ww}=7.8$ в Турции.

Распределение эпицентров землетрясений с $K_R=8.0-15.8$ в пространстве в пределах территории Кыргызстана за 01.01.2022 г.- 01.03.2023 г. приведено на рисунке 2.

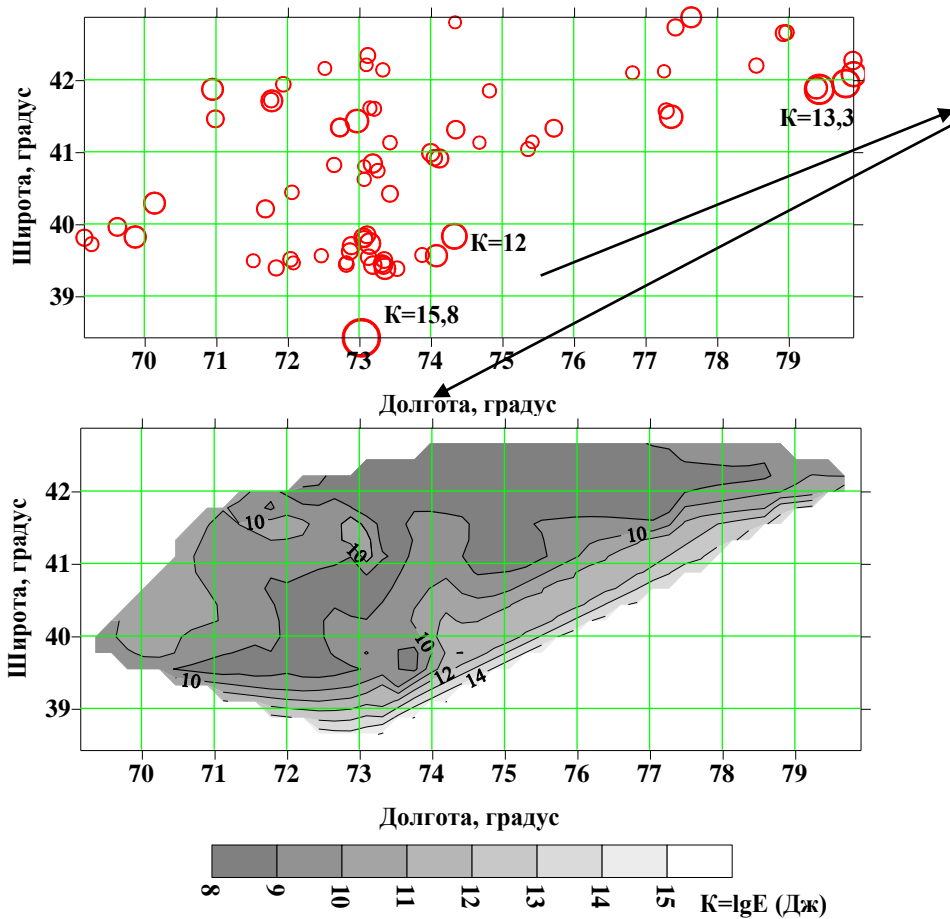


Рисунок 2. Распределение эпицентров землетрясений с $K_R = 8.0-15.8$ в пространстве в пределах территории Кыргызстана за 01.01.2022 г.- 01.03.2023 г. Стрелками чёрного цвета показаны направления миграции ощутимых землетрясений ($K_R = 12.0-15.8$).

Распределение землетрясений с $K_R = 8.0 - 15.8$ во времени в пределах территории Кыргызстана за 01.01.2022 г.- 01.03.2023 г. приведено на рисунке 3.

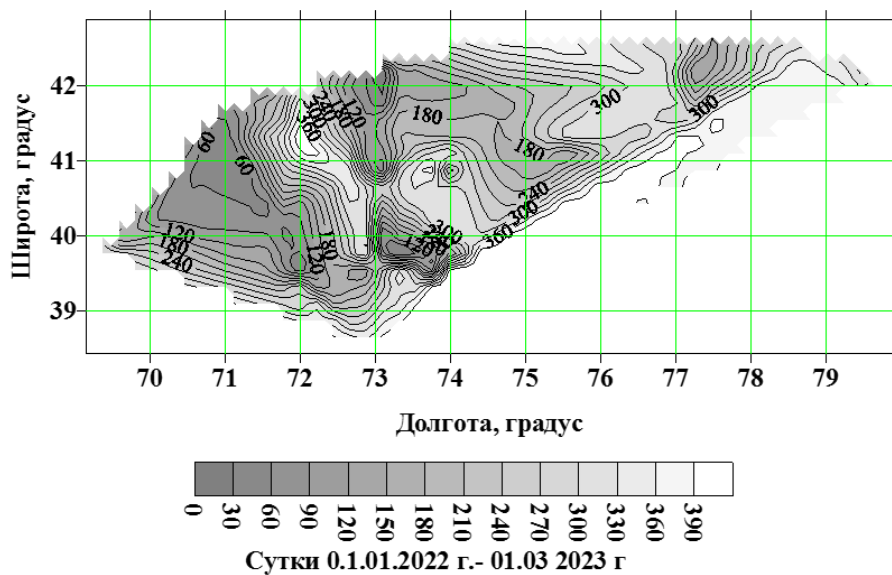


Рисунок 3. Распределение землетрясений с $K_R = 8.0 - 15.8$ во времени в пределах территории Кыргызстана за 01.01.2022 г.- 01.03.2023 г.

График изменения кумулятивной сейсмической энергии за 01.01.2022 г.- 22.11.2022 г. в пределах территории Кыргызстана неровный, ступенчатый, выделяются верхний и нижний пределы флуктуации (рисунок 4). 14.03.2022 г. - 01.04.2022 г. отмечалась активизация накопления сейсмической энергии, после до 22.11.2022 г. наблюдалось затишье. 28.11.2022 г. проявилось землетрясение с $K_R = 12.0$. Линейный тренд кумулятивной сейсмической энергии (Кум Е) выражается формулой:

$$\text{КумЕ} = (2E-05T + 0.0007) * E + 13, \text{ Дж}, \quad (1)$$

где Т – сутки 01.01.2022 г. - 22.11.2022 г., коэффициент $2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{13}$ ($2 \cdot 10^8$) имеет размерность Дж/сутки и представляет собой скорость накопления энергии.

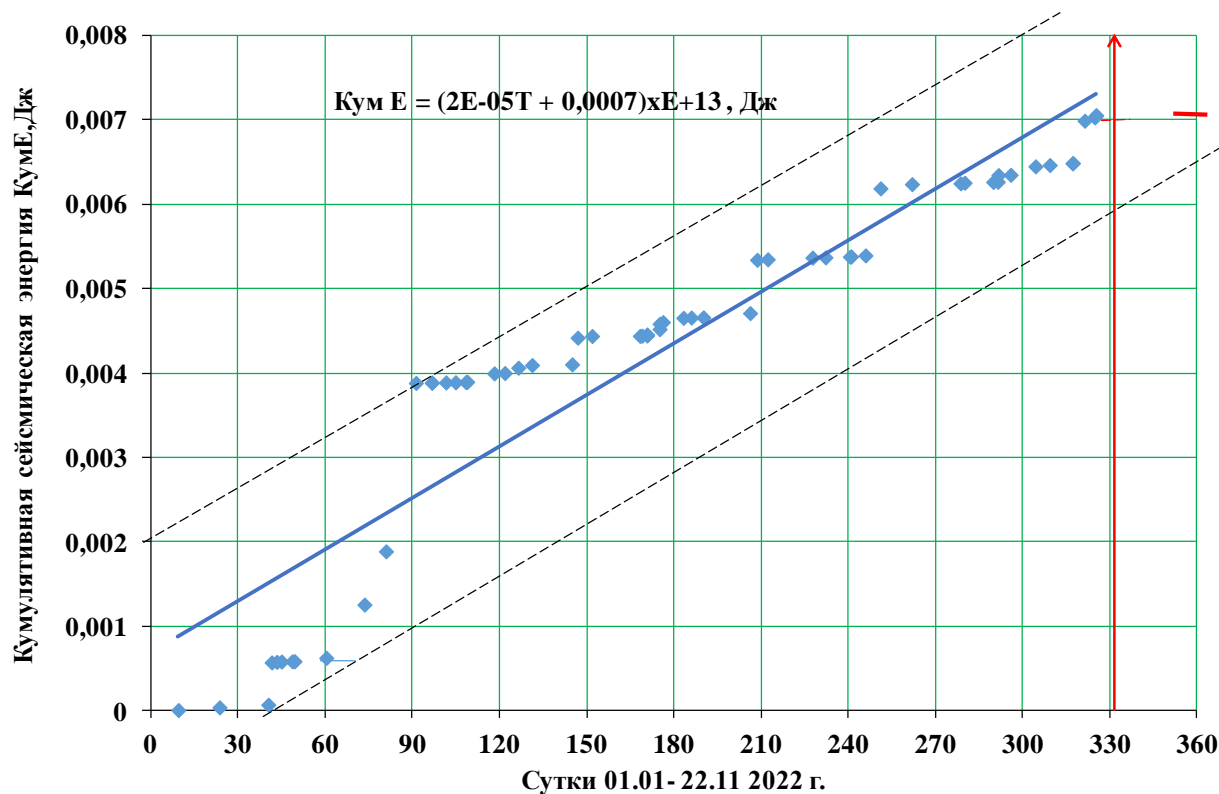


Рисунок 4. Кумулятивная сейсмическая энергия КумЕ (Дж), высвобожденная при землетрясениях с энергетическими классами больше 8.0 в Кыргызстане и его окрестностях за 01.01.2022 г.- 22.11.2022 г. Пунктирными линиями чёрного цвета обозначены верхний и нижний пределы флуктуации, пунктирной линией красного цвета – вероятное время проявления ощутимого землетрясения, вертикальная линия красного цвета - произошедшее 28.11.2022 г. землетрясение с $K_R = 12.0$.

График изменения кумулятивной сейсмической энергии за 28.11.2022 г.- 10.02.2023 г. в пределах территории Кыргызстана неровный, ступенчатый, выделяются верхний и нижний пределы флуктуации (рисунок 5). 28.12.2022 г. (на 361.9 сутки) отмечался скачок накопления сейсмической энергии, после до 10.02.2023 г. наблюдалось затишье. 23.02.2023 г. произошло землетрясение с $K_R = 15.8$. Линейный тренд кумулятивной сейсмической энергии Кум Е выражается формулой:

$$\text{КумЕ} = (0.2759T - 86.598) * E + 12, \text{ Дж}, \quad (2)$$

где Т – сутки 28.11.2022 г.- 10.02.2023 г., коэффициент $0.2759 \cdot 10^{12}$ имеет размерность Дж/сутки и представляет собой скорость накопления энергии.

Повторяемость дифференцированных (отдельно взятых) классов землетрясений с $K_R = 8.0, 9.0, 10.0, 11.0$ приведены на рисунках 6-9 в виде графика зависимости времени (сутки) от порядкового номера проявления землетрясений за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г.

На графике повторяемости проявления землетрясений с $K_R = 8.0-8.5$ за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г. отмечались периоды с относительно большими частотами в следующих отрезках времени (сутки): 48-49, 96 -108, 168-170, 232-240, 291-295 (рисунок 6).

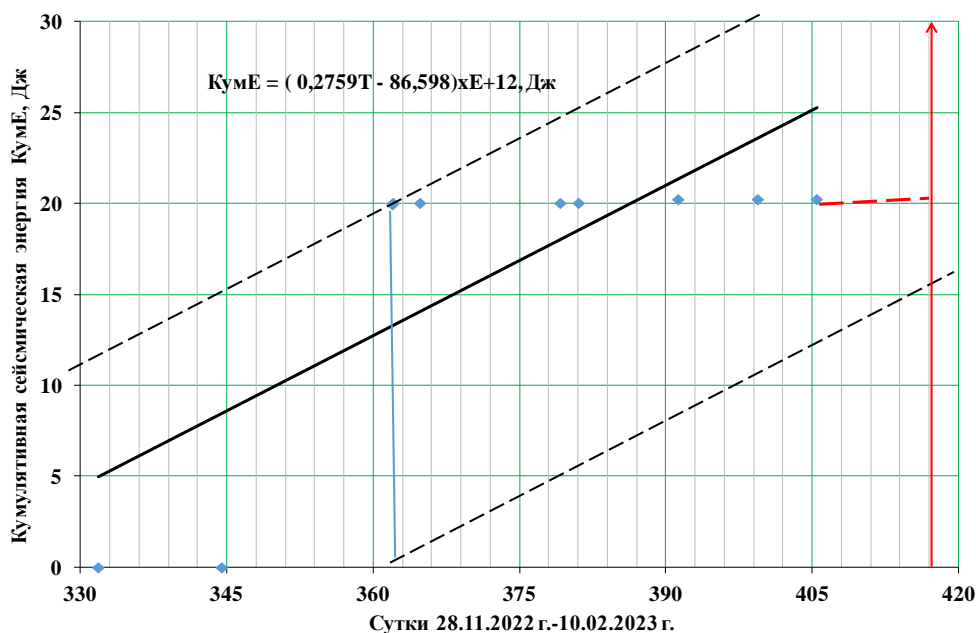


Рисунок 5. Кумулятивная сейсмическая энергия КумЕ (Дж), высвобожденная при землетрясениях с энергетическими классами больше 8.0 в Кыргызстане и его окрестностях за 28.11.2022 г.- 10.02.2023 г. Пунктирными линиями чёрного цвета обозначены верхний и нижний пределы флуктуации, пунктирной линией красного цвета – вероятное время проявления осязаемого землетрясения, вертикальная линия красного цвета - произошедшее 23.02.2023 г. землетрясение с $K_R = 15.8$.

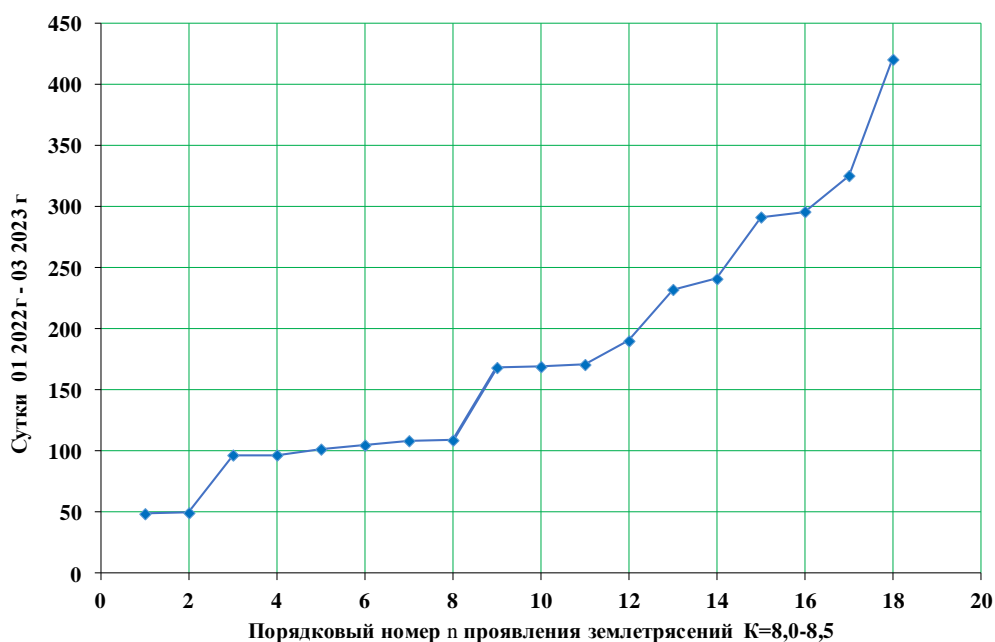


Рисунок 6. Повторяемость землетрясений с $K_R = 8.0-8,5$ Кыргызстана и его окрестностях за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г.

На графике повторяемости проявления землетрясений с $K_R = 8.6-9.5$ за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г. отмечались периоды с относительно большими частотами в следующих отрезках времени (сутки): 40-45, 144-151, 170-176, 240-245, 278-280, 317-325, 379-381 (рисунок 7).

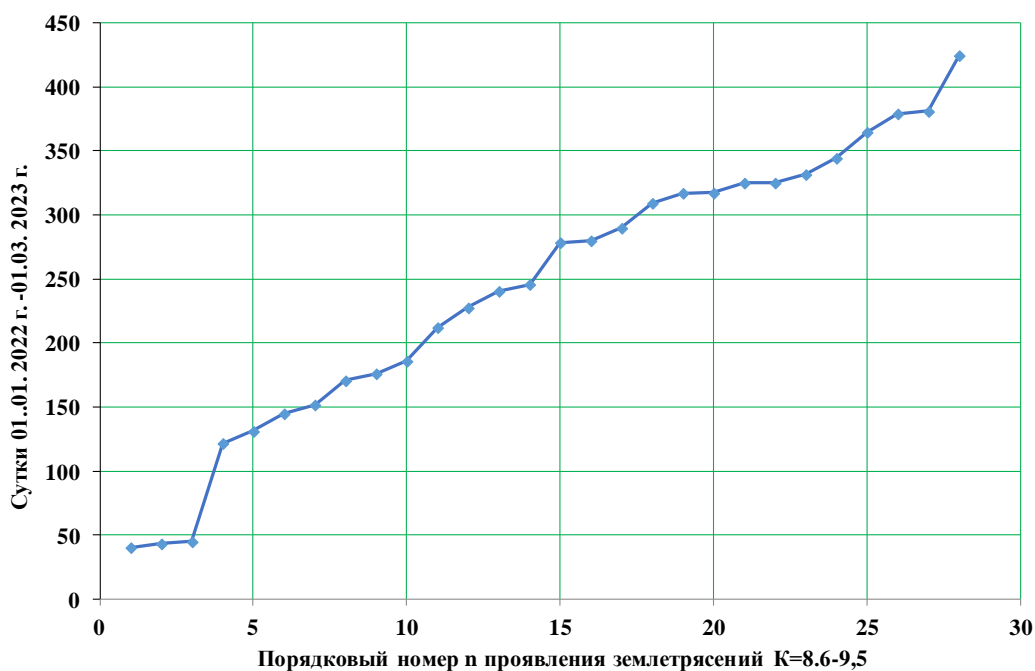


Рисунок 7. Повторяемость землетрясений с $K_R = 8.6-9.5$ Кыргызстана и его окрестностях за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г.

На графике повторяемости проявления землетрясений с $K_R = 9.6-10.5$ за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г. отмечались периоды с относительно большими частотами в следующих отрезках времени (сутки): 118-126, 175-183, 291-304, 399-405 (рисунок 8).

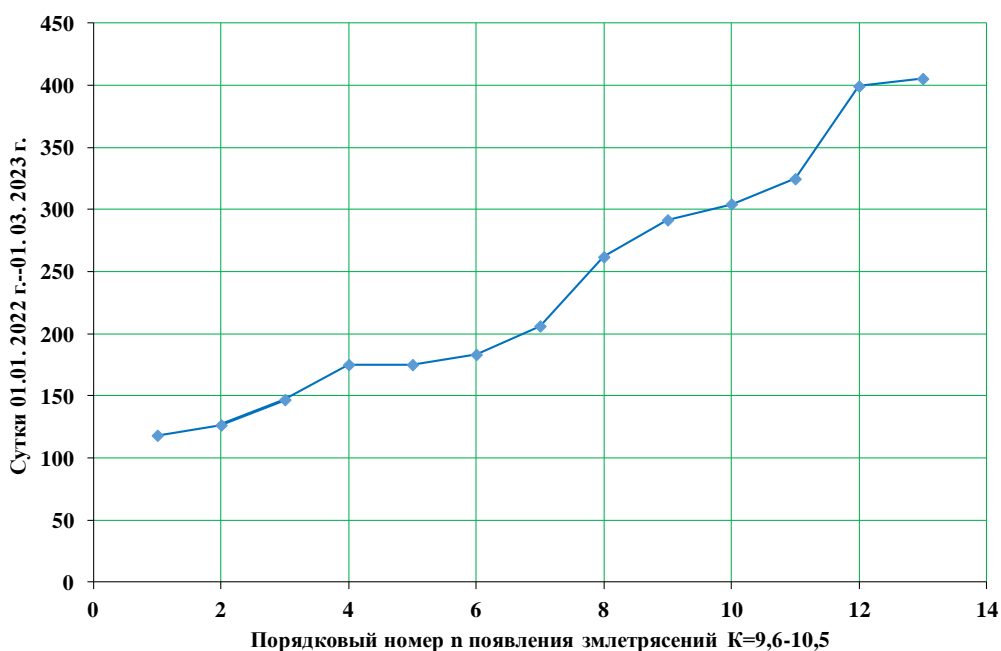


Рисунок 8. Повторяемость землетрясений с $K_R = 9.6-10.5$ Кыргызстана и его окрестностях за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г.

На графике повторяемости проявления землетрясений с $K_R=10.6-11.5$ за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г. отмечались периоды с относительно большими частотами в следующих отрезках времени (сутки): 73-91, 208-251, 362-391 (рисунок 9).

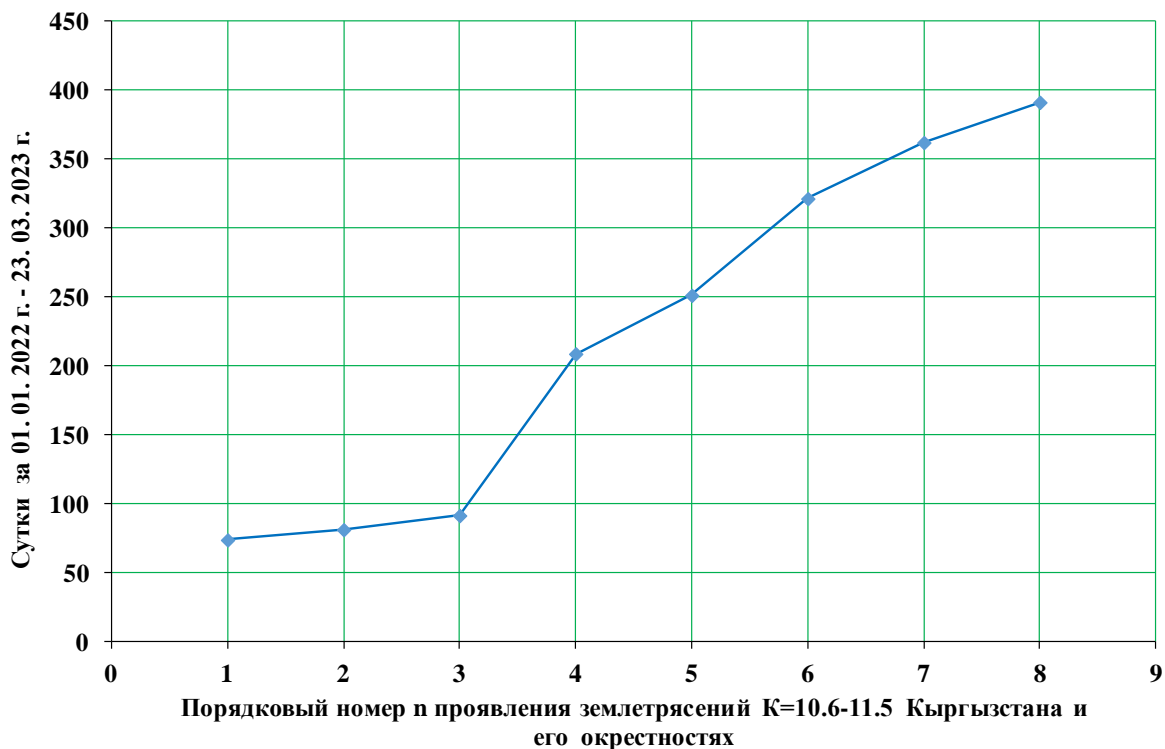


Рисунок 9. Повторяемость землетрясений с $K_R=10.6 - 11.5$ Кыргызстана и его окрестностях за 01.01.2022 г.- 23.02.2023 г.

Связь энергетического класса K_R (± 0.5) и среднесуточной частотой землетрясений N Кыргызстана и его окрестностях за 01.01.2022 г.- 03.03.2023 г. выражается формулой:

$$\lg N = -0.2165 K_R + 0.6361, R^2=0.86, \quad (3)$$

где коэффициент -0.2165 - наклон графика повторяемости, $R^2 = 0.86$ достоверность аппроксимации. Из формулы (3) можно определить средний интервал времени T (сутки) повторения каждого класса K_R землетрясений:

$$\lg T = 0.2165 K_R - 0.6361, R^2=0.86. \quad (4)$$

На основе вышеизложенного исследования распределения землетрясений Кыргызстана и его окрестностях за 01.01.2022 г. - 03.03.2023 г. в пространстве и во времени можно сделать следующие выводы:

1. 28.11.2022 г. произошло землетрясение с $K_R = 12.0$ и наступил период сейсмической активизации, 28.12.2022 г. – землетрясение с $K_R=13.3$, далее отмечался пик сейсмической активизации, 23.02.2023 г. проявилось землетрясение с $K_R=15.8$. На данный период активизации попало время проявления землетрясения Турции (06.02.2023 г., $M_{ww}=7.8$), которое, вероятно, готовилось в глобальном масштабе Земли.
2. Ощутимые землетрясения с $K_R=12.0-15.8$ мигрировали в северо-восточном и юго-западном направлениях вдоль сочленения Тянь-Шаня, Тарима и Памира.
3. На основе графиков кумулятивной сейсмической энергии отмечена возможность оценки времени ожидания ощутимых землетрясений. Период сейсмической

активизации характеризовался скоростью накопления кумулятивной сейсмической энергии порядка $0.2759 \cdot 10^{12}$ Дж/сутки.

4. В накоплении отдельно взятых (дифференцированных) классов землетрясений выделяются периоды с большими частотами повторения.

5. Связь энергетического класса $K_R (\pm 0.5)$ и среднесуточной частоты землетрясений N Кыргызстана и его окрестностях за 01.01.2022 г. - 03.03.2023 г. выражается формулой:

$$\lg N = -0.2165 K_R + 0.6361, R^2 = 0.86,$$

где коэффициент -0.2165 - наклон графика повторяемости, $R^2 = 0.86$ достоверность аппроксимации. Соответственно, средний интервал времени T (сутки) повторения каждого класса K_R землетрясений описывается следующим соотношением:

$$\lg T = 0.2165 K_R - 0.6361, R^2 = 0.86.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Омуралиев М., Омуралиева А. (KG) Способ определения силы и времени – суток среднего и крупного ожидаемого землетрясения системы сейсмогенерирующих зон. Патент №1369. 31.06.2011 г.
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 с.
3. Мамбетова Г.А., Омуралиев М. Сейсмические циклы Тянь-Шаня на территории Кыргызстана и землетрясение Каркыра–Сарыджаз 28 января 2013 г. $K=15$ //Вестник Института Сейсмологии НАН КР. -2019. -№1(13). -С.60-69.
4. Мамбетова Г., Омуралиева А., Омуралиев М. Нелинейная динамика последовательности проявления землетрясений //Вестник Института Сейсмологии НАН КР. -2020. -№1(15). -С.50-80.
5. Мамбетова Г., Омуралиев М., Омуралиева А. Мониторинг последовательности землетрясений Тянь-Шаня и районов соседних регионов за 2012-2022 гг. // Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2022. - № 2(20). - С. 41-48.
6. Журавлёв В.И., Омуралиева А., Омуралиев М., Сидорин А.Я. Циклы и миграция сейсмичности в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня //Наука и технологические разработки (Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН). -2021. -Т.100, №2. -С. 59-80.

Рецензент: д.ф.-м.н. Погребной В.Н.