

УДК 550.34

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

## СЕЙСМИЧНОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЙСМОГЕННЫХ ПОДВИЖЕК В ОЧАГАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ КЕМИНО-ЧИЛИКСКОЙ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ЗОНЫ ЗА 1962–2023 гг.

**Аннотация.** В статье изложены результаты изучения сейсмичности и распределения землетрясений с  $K_R \geq 8.0$ , изменения кумулятивной сейсмической энергии, распределения подвижки (D) и радиуса (очага) Брюна (R) в пределах Кеминно-Чиликской зоны разломов за 1962–2023 гг.

**Ключевые слова:** активный разлом, эпицентр землетрясения, сейсмический режим, радиус Брюна, средняя подвижка в очагах.

## КЕМИН-ЧИЛИК ЖЕР ТИТИРӨӨ ПАЙДА БОЛУУ ЗОНАНЫН ЧЕГИНДЕ 1962–2023-ЖЫЛДАРДАГЫ СЕЙСМИКАЛУУЛУК ЖАНА ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН ОЧОКТОРУНДАГЫ ЖЫЛЫШТАРДЫН ТАРАЛЫШЫ

**Кыскача мазмуну.** Макалада Тянь-Шандын Кемин-Чилик жарака зонасынын чегинде 1962–2023-жылдардагы  $K_R \geq 8.0$  сейсмикалуулугун жана жер титирөөлөрдүн таралышын, кумулятивдүү сейсмикалык энергиянын өзгөрүшүн, жылышуунун (D) жана Брюн (очоктун) радиусунун (R) таралышын изилдөө жыйынтыктары берилген.

**Негизги сөздөр:** Активдүү жарака, жер титирөөнүн эпицентра, Брюн радиусу, орточо жылыш.

## SEISMICITY AND DISTRIBUTION OF SEISMOGENIC MOVEMENTS IN EARTHQUAKE FOCI WITHIN THE KEMINO-CHILIK SEISMOGENERATING ZONE IN 1962-2023

**Abstract.** The article presents the results of studying the seismicity and distribution of earthquakes with  $K_R \geq 8.0$ , changes in cumulative seismic energy, the distribution of the displacement (D) and the Brune radius (R) within the Kemin-Chilik fault zone in 1962-2023.

**Keywords:** active fault, earthquake epicenter, Brune radius, average movement.

**Введение.** Изучение динамики сейсмогенных подвижек и длины разломов очагах землетрясений в пределах Кеминно-Чиликской сейсмогенерирующей зоны является актуальной задачей. Эпицентры событий приурочены к активным поднятиям и разломам в пределах Заилийского, Кунгейского и Терской зоны сочленения Тянь-Шаня и Казахского щита [1-5]. Эти поднятия дивергентные, впадины конвергентные. Заилийское поднятие ограничено с севера Предзаилийским разломом южного падения, а с юга ограничено Северо-Кеминно-Чиликским разломом северного азимута падения. Кунгейское поднятие ограничено с севера Южно-Кеминским разломом южного падения, а с юга ограничено Западно-Кунгейским и Восточно-Кунгейским разломами с северным азимутом падения. [5, 6].

### Методика и результаты исследования.

Исходным материалом исследования являются каталоги землетрясений с  $K_R \geq 8.0$  и Института сейсмологии НАН КР, составленный Центром данных ИС НАН КР по данным сейсмических станций сетей KNET (НС РАН), KRNET (ИС НАН КР) за 1962–2023 гг. в квадрате  $lat=42^{\circ}-44^{\circ}$ ,  $lon=75.5^{\circ}-81^{\circ}$ .

На рисунке 1 приведена карта-схема распределения эпицентров землетрясений в пространстве с  $K_R = 8.0-15.0$  в изучаемом регионе за период 1962-2023 гг. по данным Института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики (ИС НАН КР).

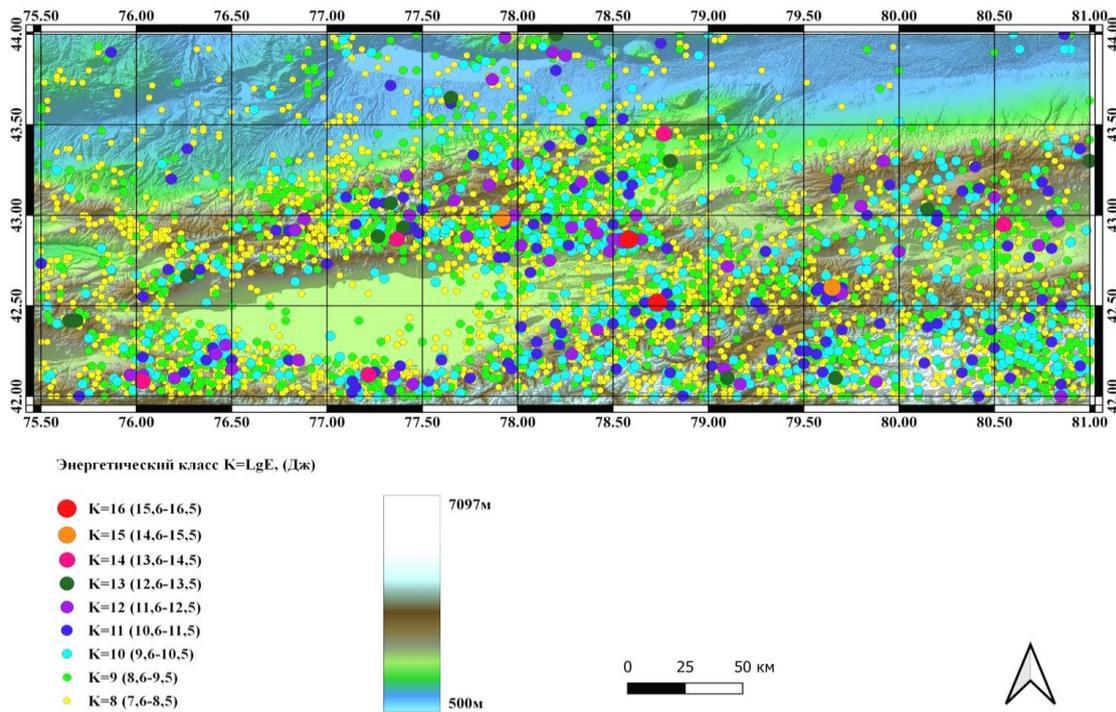


Рисунок 1. Карта-схема распределения эпицентров землетрясений в пространстве с  $K_R = 8.0-15.0$  в пределах Кемино-Чиликской зоны за 1962-2023 гг. в квадрате с координатами  $lat=42^\circ-44^\circ$ ,  $lon=75.5^\circ-81^\circ$ . Кружочками обозначены эпицентры землетрясений.

Повторяемость землетрясений отражена на графике (рисунок 2) и в соответствии с законом Гутенберга - Рихтера выражается формулой:

$$\log N = -0.4404K + 5.2268, R^2 = 0.98, \tag{1}$$

где  $N$  – средняя годовая частота,  $K$ – энергетический класс (Дж),  $R^2$  – достоверность аппроксимации.

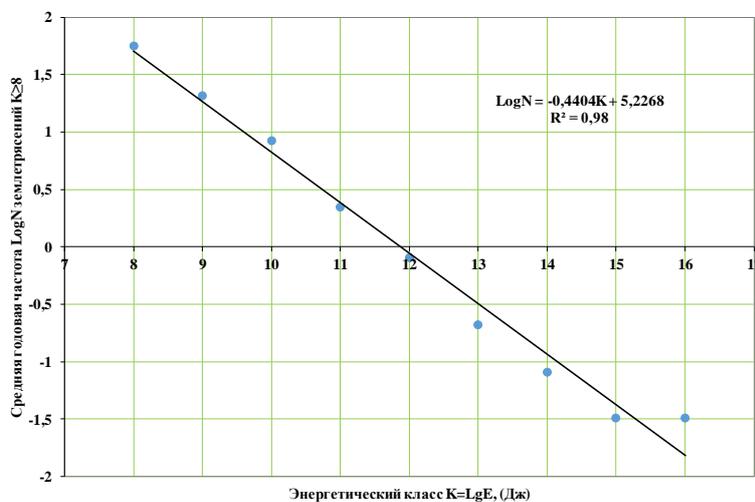


Рисунок 2. График повторяемости землетрясений с  $K_R \geq 8.0$  Кемино-Чиликской сейсмогенерирующей зоны за 1962–2023 гг.

В последовательности проявления землетрясений Кемино-Чиликской зоны за 1962–2023 гг. выделяются иерархии сейсмических циклов, например, третьего, второго, порядков с характерными периодами сейсмической активизации, спада активизации и периода затишья (рисунки 3, 4).

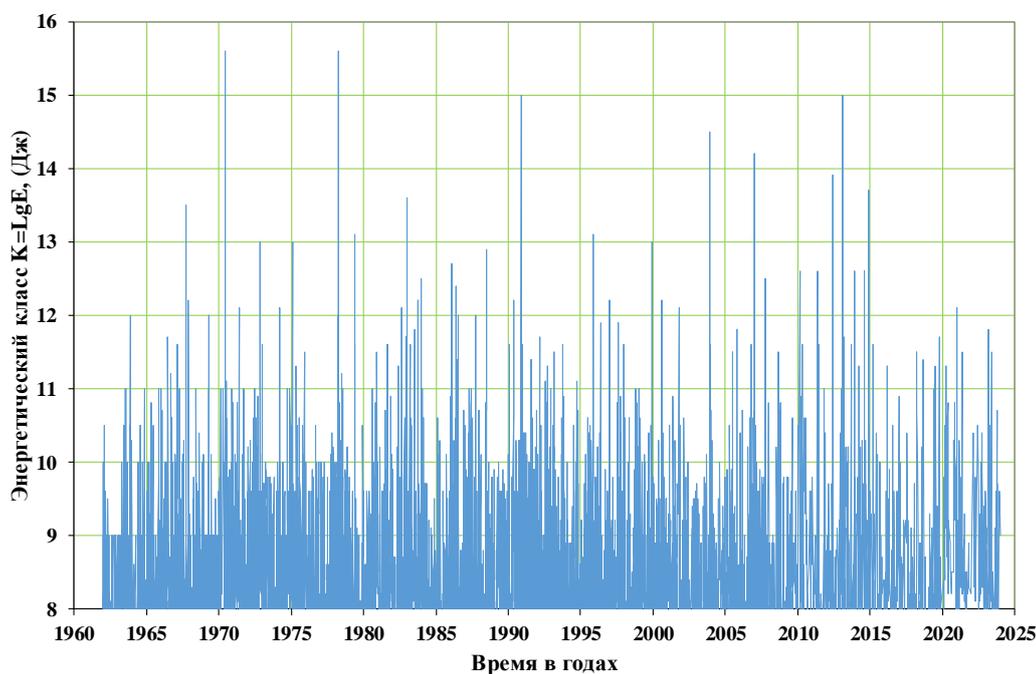


Рисунок 3. Последовательность проявления землетрясений с  $K_R \geq 8.0$  Кемино-Чиликской зоны за 1962–2023 гг.

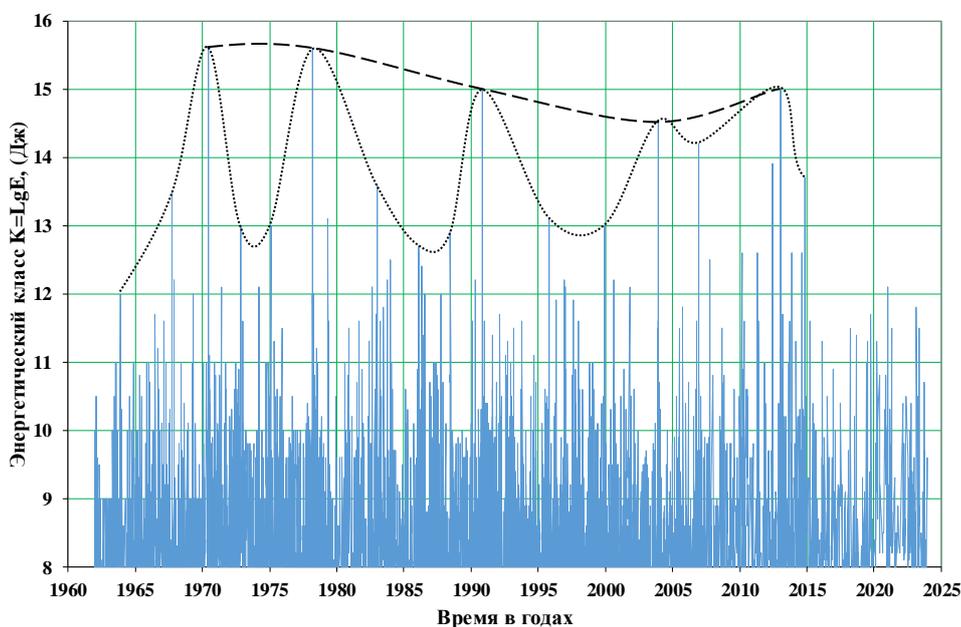


Рисунок 4. Сейсмические циклы Кемино-Чиликской сейсмогенерирующей зоны за 1962–2023 гг. Точечными линиями обозначены сейсмические циклы третьего порядка, пунктирными линиями – сейсмические циклы второго порядка.

Изменение кумулятивной сейсмической энергии при землетрясениях с  $K_R \geq 8.0$  в пределах Кемино-Чиликской зоны за 1962–2023 гг. представлено на рисунке 5. На графике

кумулятивной сейсмической энергии выделяются линейный тренд и нижний, верхний пределы её флуктуации. Перед сильными землетрясениями наблюдается проявление серии периодов затишья с постепенной активизацией. С 2013 г. вновь наступил период затишья. Время затишья от конечной точки графика кумулятивной сейсмической энергии (по горизонтальной пунктирной линии красного цвета) до нижнего предела флуктуации, вероятно, продолжится до 2030 г.

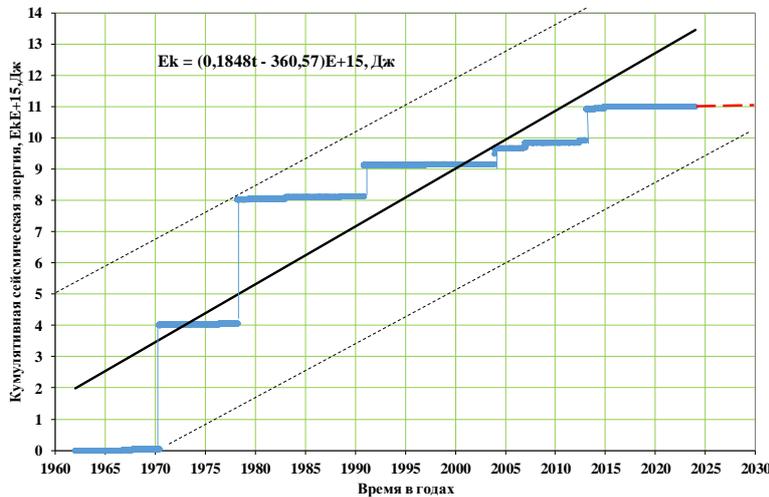


Рисунок 5. Кумулятивная сейсмическая энергия, высвобожденная при землетрясениях с энергетическим классом  $K_R \geq 8.0$  в пределах Кемино-Чиликской зоны на сочленении Тянь-Шаня и Казахского щита за 1962-2023 гг. Сплошной линией обозначен тренд, пунктирными линиями обозначены нижняя и верхняя границы флуктуации значений кумулятивной сейсмической энергии, пунктирной линией красного цвета обозначен вероятный интервал времени затишья, после которого наступит возможная активизация.

В качестве примера рассмотрим динамические параметры очагов землетрясений - средняя подвижка ( $D$ ) и радиус Брюна ( $R_B$ ) (рисунки 6, 7). Зависимость  $D$  от энергетического класса  $K$  выражается эмпирической формулой [7]:

$$\lg D = 0.4883 K_R - 5.7959, R^2=0.99, \tag{2}$$

где  $D$  – подвижка (см),  $K_R$  – энергетический класс землетрясений,  $R^2$  – достоверность аппроксимации.

На рисунке 6 приведена карта-схема распределения плотности (или сумма) средней годовой подвижки в очагах землетрясений с  $K_R \geq 8.0$  в пределах Кемино-Чиликской зоны за 1962-2023 гг. Плотность подвижки определена в ячейках размером 5'x5'.

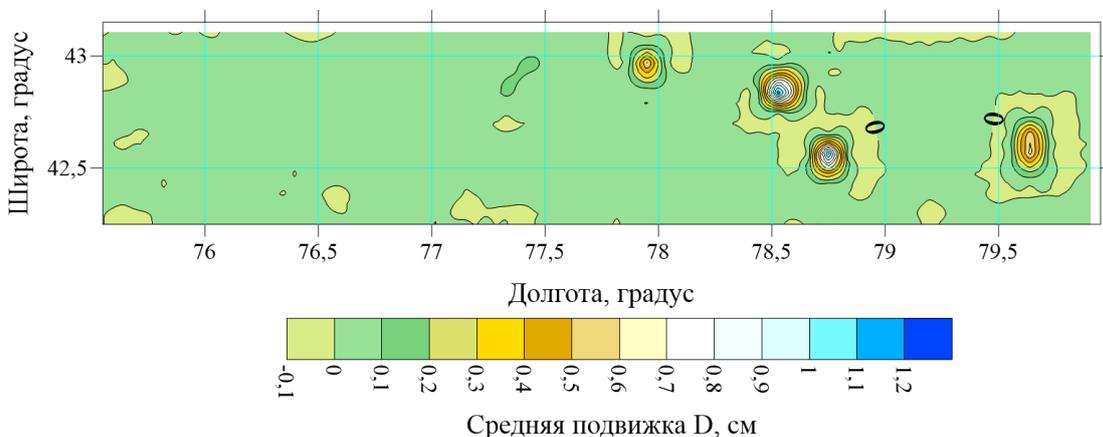


Рисунок 6. Карта-схема распределения плотности подвижки  $D$  (см) в очагах землетрясений с  $K_R \geq 8.0$  в пределах Кемино-Чиликской зоны за 1962-2023 гг.

Зависимость Радиуса Брюна  $R_B$  от энергетического класса  $K_R$  выражается эмпирической формулой [7]:

$$\lg R_B = 0.0727 K_R + 2.0695, \quad R^2 = 0.99, \quad (3)$$

$R_B$  – Радиус Брюна,  $K_R$  – энергетический класс землетрясений,  $R^2$  – достоверность аппроксимации. Карта-схема распределения Радиуса Брюна очагов землетрясений с  $K_R \geq 8.0$  в пределах Кемино-Чиликской зоны за 1962-2023 гг. представлена на рисунке 7. При этом сумма  $R_B$  определена в ячейках размером  $5' \times 5'$ .

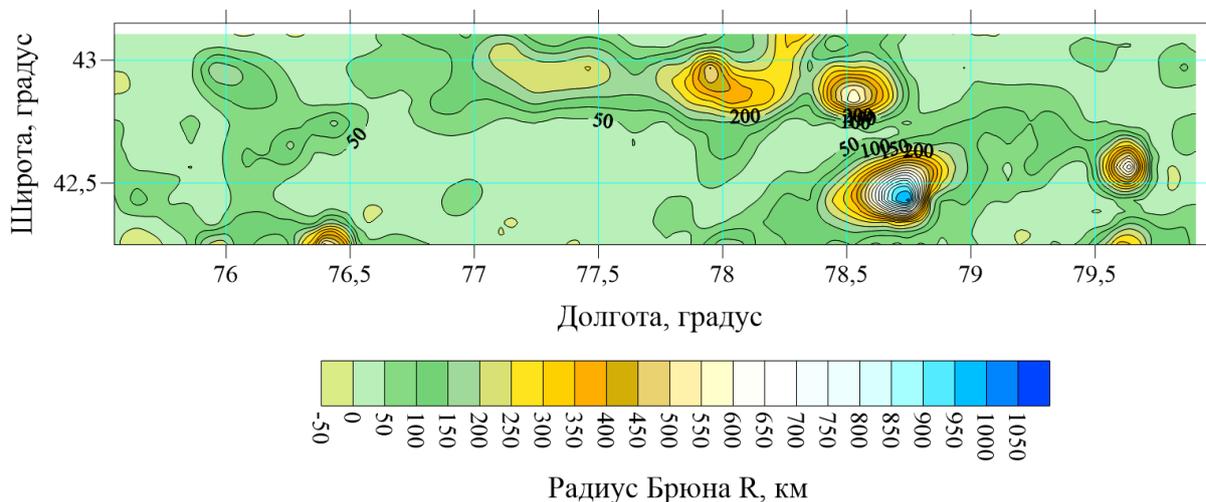


Рисунок 7. Распределение Радиуса Брюна  $R$ , (км) очагов землетрясений в пределах Кемино-Чиликской зоны за 1962-2023 гг.

### Заключение

1. Эпицентры событий приурочены к активным поднятиям и разломам в пределах Заилийского, Кунгейского и Терскойского поднятий зоны сочленения Тянь-Шаня и Казахского щита. Эти поднятия - дивергентные, а впадины - конвергентные. Заилийское поднятие ограничено с севера Предзаилийским разломом южного падения, а с юга - Северо-Кемино-Чиликским разломом северного азимута падения. Кунгейское поднятие ограничено с севера Южно-Кеминским разломом южного падения, а с юга ограничено Западно-Кунгейским и Восточно-Кунгейским разломами с северным азимутом падения.
2. Повторяемость землетрясений по закону Гутенберга – Рихтера выражается формулой:
 
$$\log N = -0.4404 K_R + 5.2268, \quad R^2 = 0.98,$$
 где  $N$  – средняя годовая частота,  $K_R$  – энергетический класс (Дж),  $R^2$  – достоверность аппроксимации.
3. В последовательности проявления землетрясений отмечается иерархия сейсмических нелинейных циклов. Сейсмический цикл второго порядка после 1978 г. (Жаланаш-Тюпского землетрясения) находится в фазе спада сейсмической активизации. Сейсмический цикл третьего порядка после 2013 г. (Каркыра-Сарыджазского землетрясения) находится в фазе спада сейсмической активизации.
4. На графике кумулятивной сейсмической энергии со средней скоростью накопления  $0.18 \times 10^{15}$  Дж/год отмечена серия периодов затишья и активизации. Период затишья, начатый в 2013 г., вероятно, продолжится до 2040 г.

5. Распределение динамических параметров, как средняя подвижка, радиус Брюна в очагах землетрясений в пределах Кемино-Чиликской сейсмогенерирующей зоны имеет мозаичный характер и отражает модель очаговых областей сильных землетрясений ( $K_R \geq 14.0$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Abdrakhmatov, K., Walker, R. T., Campbell, G. E., Carr, A. S., Elliott, A., Hillemann, C., Hollingsworth, J., Landgraf, A., Mackenzie, D., Mukambayev, A., Rizza, M., and Sloan, R. A., 2016. Multi-segment rupture on July 11th, 1889, Chilik earthquake (Mw 8.0-8.3), Kazakh Tien Shan, interpreted from remote-sensing, field survey, and paleoseismic trenching; JGR-solid earth, 121, doi: 10.1002/2015JB012763.
2. Абдрахматов К.Е., Стром А.Л., Дельво Д., Хавенит Х.В., Виттори Е. Временная кластеризация сильных землетрясений Северного Тянь-Шаня // Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2013. - № 1.- С. 9–15.
3. Абдрахматов К.Е., Джумабаева А. Б. Сегментация Кемино-Чиликской зоны активных разломов // Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2013. - № 1.- С. 16–22.
4. Абдрахматов К.Е., Джумабаева А. Б., Джанабилова С. О. Новейшая структура Северного Тянь-Шаня и Чилико-Кеминская транперссионная зона // Наука, новые технологии и инновации. -2015. - № 3.- С. 48–52.
5. Мураталиева Ж. З., Омуралиева А. М. Слежение за динамикой сейсмичности в пределах Кемино-Чиликской зоны, генерирующей землетрясения с  $M \geq 8$  // Российский сейсмологический журнал. -2020. -Т.2, №4., -С.51–62. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.4.05>
6. Мураталиева Ж. З., Омуралиева А. М. Сейсмичность Чилико-Кеминской зоны Северного Тянь-Шаня за 2013–2018 гг. XI Ежегодная международная конференция молодых ученых и студентов НС РАН. -2019 г., - 366 с.
7. Мамбетсадыкова А., Омуралиев М., Омуралиева А. Динамика сейсмических воздействий в пределах г. Баткен, Кыргызстан за 1962–1977 гг. // Вестник Института сейсмологии НАН КР. – 2024. – №1(23). С. 39–60.

*Рецензент к.г.-м.н. Джумабаева А. Б.*