УДК 550.34

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЯНЬ-ШАНЯ ПО МЕРИДИАНУ «ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КУМТОР - РАЙОН КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЧИЛИКСКОГО И КЕМИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ»

Аннотация. Осуществлён анализ механизмов очагов землетрясений (МОЗ) по поперечным профилям Тянь-Шаня на меридианах (на полосах с координатами λ =76.8°-78°, λ =78°-79°, φ =40°-44°) золоторудного месторождения Кумтор и катастрофических Чиликского (1889 г., K=18.5) и Кеминского (1911 г., K=17.8) землетрясений. Основой анализа являлся каталог МОЗ (К \geq 9.6) Института сейсмологии НАН КР за 2012-2018 гг., составленный на базе записей сетей цифровых станций КNET (НС РАН), KRNET (ИС НАН КР) на территории Кыргызстана и соседних стран. Количество землетрясений, где определён МОЗ составляло \geq 50 %.

Ключевые слова: активная структура, поднятие, разлом, землетрясение, механизм очага землетрясений, тип деформации (подвижки).

«КУМТӨР АЛТЫН КЕНИ - ЧИЛИК, КЕМИН КАТАСТРОФАЛЫК ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨР БОЛГОН АЙМАКТАРДЫН» МЕРИДИАНДАРЫ БОЮНЧА ТЯНЬ-ШАНДАГЫ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН ОЧОКТУК МЕХАНИЗМДЕРДИН АНАЛИЗИ

Кыскача мазмуну. Жер титирөөлөрдүн очоктук механизмдердин (ЖОМ) анализи Тянь-Шандын туурасынан кеткен профилдери боюнча: Кумтөр алтын кенинин, Чилик (1889 ж., K=18.5) жана Кемин (1911 ж., K=17.8) катастрофалуу жер титирөөлөрдүн меридиандар боюнча (λ =76.8°-78°, λ =78°-79°, φ =40°-44° координаттары бар тилкелер боюнча) жүргүзүлгөн. Анализ КР УИА Сейсмология институтунун 2012-2018-жж. ЖОМ (К \geq 9.6) каталогунун негизинде жүргүзүлгөн. Каталогдун өзү Кыргызстанда жана коңшу мамлекеттерде жайгашкан КNET (РИАнын Илимий станциялар), КRNET (КР УИА СИ) санариптик станцияларынын тармактарынын жазуу маалыматтардын негизинде түзүлгөн. ЖОМ аныкталган жер титирөөлөрдүн саны \geq 50% түзгөн.

Негизги сөздөр: активдүү структура, тоо кырка, жарака, жер титирөө, жер титирөөлөрдүн очоктук механизми, деформациянын (кыймылдын) түрү.

ANALYSIS OF THE FOCAL MECHANISMS FOR EARTHQUAKES IN THE TIEN SHAN ALONG THE MERIDIAN «KUMTOR GOLD DEPOSIT – THE AREA OF CATASTROPHIC CHILIK AND KEMIN EARTHQUAKES »

Abstract. Analysis of earthquake focal mechanisms (FPS) was carried out along the transverse profiles of the Tien Shan on the meridians (on the strips with coordinates λ =76.8°-78°, λ =78°-79°, φ =40°-44°) of the Kumtor gold deposit and the Chilik (1889, K=18.5) and Kemin (1911, K=17.8) catastrophic earthquakes. Analysis was based on the FPS catalog (K \geq 9.6) of the Institute of Seismology NAS KR for 2012-2018, compiled on the basis of records of networks of digital stations KNET (RS RAS), KRNET (IS NAS KR) in the territory of Kyrgyzstan and neighboring countries. The number of earthquakes which EFM was determined for was \geq 50%.

Key words: active structure, mountain range, fault, earthquake, earthquake focal mechanism, type of deformation (motion).

Введение

Исследования проводились на участке Тянь-Шаня «зажатого» между Таримской плитой (на юге) и Казахским щитом (на севере) по поперечным полосам (профилям) с координатами $\lambda = 78^{\circ} - 79^{\circ}$, $\lambda = 76.8^{\circ} - 78^{\circ}$ и $\phi = 40^{\circ} - 44^{\circ}$ (Рисунки 1 и 2). На сочленении Таримской плиты и области горообразования Тянь-Шань формируются активные устойчивые поднятия: Какшаал, Майдантаг и инверсионные системы поднятий Кельпинчольтаг [1]. Эти поднятия имеют южновергентное строение. На сочленении Казахского щита и области горообразования Тянь-Шань формируются Заилийское и Кунгейское дивергентные поднятии [2]. ограниченные (с севера на юг) Предзаилийским. Северо- и Южно-Кеминскими, Чиликским, Восточно- и Западно-Кунгейскими разломами [3], соответственно (Рисунок 3, таблица 1). В средней части Тянь-Шаня образуются устойчивые поднятия: Акшыйракское дивергентное, ограниченное Южно- и Восточно-Терскейское северовергентное Северо-Акшыйракскими разломами; Предтерскейским разломом юго-восточного азимута падения. Западнее от них формируются устойчивые южновергентные системы поднятий (с севера на юг): Западно-Терскейское, Джетимбельское, Нуринское, Джетимтооское, Нарынтооское, Между Западно-Кунгейским и Западно-Терскейским поднятиями Джаныжерское. развивается Западно-Иссыккульская моновергентная впадина, а между Восточно-Кунгейским и Восточно-Терскейским поднятиями развивается Восточно-Иссыккульская конвергентная впадина. В этих впадинах формируются инверсионные поднятия, такие как, Кызылчокуйское, Тегерекское южновергентные, Оргочорское, Бирбашское северовергентые, Тасминское дивергентное, ограниченные активными разломами.

В зоне активного Чиликского разлома в 1889 г. 11 июля в 22 часа произошло очень крупное одноимённое землетрясение с K=18.5 (M=8.3) на глубине около 40 км, φ =43.20°, λ =78.40° [4]. В зонах Южно- и Северо-Кеминских активных разломов в 1911 г. 3 января в 23 часа произошло сильное Кеминское землетрясение с K=17.8 (M=8.2) на глубине порядка 25 км, φ =42.90°, λ =76.90°, протяжённость магистрального сейсмогенного разлома оставляла около 200 км [5].

Золоторудное месторождение «Кумтор» (координаты центра около φ =41.8°, λ =78.2°) находится на северном крыле Акшыйракского активного поднятия, ограниченное с севера Северо-Акшыйракским разломом взбросового характера с юговосточным азимутом падения [6]. Рудное тело северо-восточного (юго-западного) простирания осложнено системой разрывов Кумторского разлома. Месторождение разрабатывается открытым способом. В настоящее время глубина карьера «Центральный» имеет глубину 1.0 км, ширину 2 км, длину 3 км. На восточном, северовосточном бортах карьера, в зоне Кумторского разлома, отмечается активизация трещин и подвижек горных массивов, например, в 2002 г., 2006 г., 2021 г. объём добытых руд в год составляет до 202.5 млн. тонн (например, в 2021 г.).

Активные разломы и сейсмичность Тянь-Шаня на территории Кыргызстана начали изучаться достаточно достоверно с появлением новых сейсмотектонических данных, сети цифровых сейсмических станций, таких как KNET (HC PAH) и KRNET (ИС НАН KP), усовершенствованных методов определения механизмов очагов землетрясений (MO3). В настоящее время появились научные и практические необходимости изучения распределения в пространстве и во времени динамики поля напряжений, параметров очагов землетрясений, таких как азимутов главных осей сжатия, растяжения, углов их погружения, типов деформации: сдвиг, сброс, сдвигосброс, надвиг, сдвиго-надвиг, взброс. В последние годы были изучены распределения механизмов очагов землетрясений Северного Тянь-Шаня за 1994-2003 гг., 1994-2012 гг. [7, 8], Таласо-Ферганской зоны за 1997-2017 гг. [9, 11], Кок-Шаальской зоны за 2013-2014 гг. [10].



Рисунок 1. Активные структуры на меридиане (поперечный профиль λ=78°-79° и φ=40°-44°) золоторудного месторождения «Кумтор» (чёрная звёздочка) и крупного катастрофического землетрясения Чилик (Ч - красная звёздочка) с использованием данных SRTM - радиолокационной топографической цифровой модели. Активные поднятия: 4- Восточно-Кунгейское, 6- Восточно-Терскейское, 7-Акшыйракское, 8-Кокшааальское, 9- Каратекетауское, 10- Имгентауское, 11-Кельпинчольтагское; впадины: 1- Илийская, 3-Чиликская, 5 – Иссыккульская.



Рисунок 2. Активные структуры на меридиане (поперечный профиль λ =76.8°-78° и φ =40°-44°) крупного катастрофического землетрясения Кемин (К- красная звёздочка) с

использованием данных SRTM - радиолокационной топографической цифровой модели. Активные поднятия: 2- Заилийское, 3- Кунгейское, 5- Терскейское, 6-Джетимбельское, Джетимское, Борколдойское, 7- Кокшааальское, 8-Майдантагское, 9-Кельпинчольтагское; впадины: 1- Илийская, 4 – Иссыккульская.



Рисунок 3. Активные разломы Тянь-Шаня на меридиане λ=76.8°-79°, φ=40°-44°. Название и номер разломов на территории Кыргызстана (красная линия) даны в таблице 1. Разломы за пределами территории Кыргызстана (зелёная линия): СЗ – Северо-Заилийский, ЮК – Южно-Кокшаальский, ЮМ – Южно-Майдантагский, ЮИ – Южно-Имгентагский, ЮКЧ – Южно-Кельминчольтагский.

0

Таблица 1. Активные разломы, сегменты, их возможная максимальная предельная длина (на современном этапе их развития) и предельные максимальные магнитуды Mw, Ms, M_{LH} вероятных землетрясений Тянь-Шаня на территории Кыргызстана.

	Разлом и его сегменты	Тип разлома	Предельная Максимальная			
N⁰			максимальная	магнитуда		
			длина L, км	Mw	Ms	M _{LH}
28.	Северо-Кемино-	Propos	200	7 81	7 89	7 9/
	Чиликский	взорос	200	7.01	7.07	7.74
29.	Южно-Кеминский	взброс	245	7.91	7.99	8.04
30.	Восточно-	Propos	170	7 72	7.80	7 84
	Кунгейский	взорос	170	1.12	7.00	7.04
31.	Западно-Кунгейский					
	Западный	взброс	50	7.07	7.14	7.17
	Восточный	взброс	100	7.44	7.51	7.55
33.	Тасминский	взброс	50	7.07	7.14	7.17
34.	Бирбашский	взброс	20			
35.	Оргочорский	взброс	25			
41.	Кызылчокуйский	взброс	60	7.17	7.24	7.27
42.	Тегерек-					
	Коконадырский					
	Западный	взброс	45	7.02	7.09	7.11
	Восточный	взброс	35	6.88	6.95	6.97
43.	Северо-Терскейский	взброс	170	7.72	7.80	7.84
47.	Каракуджурский					
	Каракуджурский	взброс	75	7.29	7.36	7.39
	Джылуусууйский	взброс	80	7.32	7.39	7.43
48.	Ценрально-		1(0	7.00		7.01
	Терскейский	взорос	100	7.09	1.11	/.81
72.	Каражорго-					
	Балгартский					
	Каражоргойский	взброс	50	7.07	7.14	7.17
	Балгартский	взброс	80	7.32	7.39	7.43
73.	Капкаташ-					
	Джетимбельский					
	Капкаташский	взброс	75	7.29	7.36	7.39
	Джетимбельский	взброс	90	7.38	7.45	7.49
74.	Акшыйрак-					
	Сарыджазский					
	Акшыйракский	взброс	100	7.44	7.51	7.55
	Сарыджазский	взброс	95	7.41	7.48	7.52
78.	Джетимский					
	Западный	взброс	40	6.95	7.02	7.04
	Восточный	взброс	60	7.21	7.28	7.31
79.	Энилчекский					
	Энилчекский	взброс	100	7.44	7.51	7.55
	Учкольский	взброс	100	7.44	7.51	7.55
81.	Учкошконский	взброс	90	7.38	7.45	7.49
82.	Таштаратинский	взброс	75	7.29	7.36	7.39

83.	Баралбасский	взброс	30	6.80	6.87	6.88
84.	Джалджир- Джагалмайский	взброс	90	7.38	7.45	7.49
85.	Нарынтооский	взброс	130	7.58	7.66	7.70
99.	Кырккунгейский	взброс	85	7.35	7.42	7.46
100.	Джаныджерский	взброс	120	7.54	7.62	7.65
101.	Борколдойский	взброс	80	7.32	7.39	7.43
102.	Джангартский	взброс	70	7.25	7.32	7.35

Примечание: Предельные максимальные магнитуды Mw, Ms, M_{LH} были определены только на активных разломах и их сегментах, генерирующих землетрясения.

Исходные данные и методика исследований

Каталоги механизмов очагов землетрясений (МОЗ) Кыргызстана Института сейсмологии НАН КР с энергетическими классами К \geq 9.6 за 2012-2018 гг., определённые на основе анализа первых вступлений продольных Р-волн очагов [12, 13, 14], являлись основой исследований. Первые вступления Р-волн были получены по записям сетей (КNET (НС РАН), КRNET (ИС НАН КР)) цифровых станций. При определении механизмов очагов использованы компьютерные программы: «FPFIT» [15] и «Source mechanism» [16]. Механизмы очагов ряда землетрясений с К \geq 12.0 сравнивались с данными международных центров GCMT [17], NEIC [18], ISC [19]. Каталоги МОЗ были частично опубликованы в электронных приложениях ежегодников ФИЦ ЕГС РАН Землетрясения Северной Евразии в Обнинске [20], [21], [22], [23]. Следует отметить, что землетрясения с энергетическими классами К \geq 10.0 имеют определения механизмов очагов более 50%, особенности пространственно-временного распределения параметров МОЗ имеют вероятностный характер и выражают их общую тенденцию.

Результаты анализа азимута оси сжатия РАZМ МОЗ Тянь-Шаня на меридианах крупного Чиликского землетрясения (11.07.1889 г., 22 час, K=18.5 (M=8.3)) и золоторудного месторождения «Кумтор» в полосе λ =78°-79°, φ =39°-44° (на расстоянии 0 - 2520 км; увеличено в 5 раз) за 2012-2016 гг. приведены на Рисунке 4. Азимуты оси сжатия имеют различные значения на отрезках широтного профиля и изменяются во времени. Соответственно, оси сжатия вращаются и меняют свою полярность.

На Рисунке 5 приведены результаты анализа типов деформации (подвижек) МОЗ Тянь-Шаня на меридианах λ =78-79° по широтам ϕ =39-44° (на расстоянии 0 - 2516 км, увеличено в 5 раз) за 2012-2016 гг.: 1- сдвиг, 2- сброс, 3-сдвиго - сброс, 4 - надвиг, 5- сдвиго-надвиг, 6- взброс по крутой плоскости или сдвиг - по пологой, 7 – взброс. Типы деформации (подвижки) на отрезках широтного профиля и во времени изменяются. Соответственно, типы деформации (подвижек) пульсируют.

Результаты анализа последовательности азимутов оси сжатия PAZM в квадрате λ =78°-79°, φ =42.8°-43.2° в пределах зоны активного Чиликского разлома и эпицентра Чиликского землетрясения (1989 г.) по имеющимся данным MO3 за 2012-2018 гг. показаны на Рисунке 6. Здесь можно отметить, что оси сжатия во времени вращаются, например, от северо-запада на северо-восток или от северо-запада на юго-восток. Соответственно, ось сжатия Чиликского разлома изменяет свою полярность во времени.

На Рисунке 7 приведена последовательность типов деформации (подвижек) в квадрате λ=78°-79°, φ=42.8°-43.2°, в пределах зоны активного Чиликского разлома и эпицентра Чиликского землетрясения (1989 г.) по имеющимся данным МОЗ за 2012-2016 гг. Типы деформации во времени изменялись, например, в 2012 г. (0-365 сутки) проявились сдвиго-надвиг, сдвиго-сброс, взброс по крутой плоскости; в 2013 г. (365-730 сутки) – взбросы; в 2014 г. (730-1095 сутки) - взброс, сдвиг, взброс и т.д., в 2016 г. (1500-

1800 сутки) сменялись на сдвиго-надвиг и сдвиго-сброс. Соответственно, типы деформации (подвижек) в зоне Чиликского землетрясения своеобразно пульсируют.



Рисунок 4. Азимуты оси сжатия РАZM МОЗ Тянь-Шаня на меридианах λ =78°-79° по широтам φ =39°-44° (на расстоянии 0 - 2520 км) за 2012-2016 гг. Сплошной красной линией обозначена широта эпицентра Чиликского землетрясения (1889 г., K=18.6, φ =43.20°, λ =78.40°); пунктирной красной линией - широта центра карьера «Центральный» золоторудного месторождения «Кумтор» (φ =41.80°, λ =78.20°).



Рисунок 5. Типы деформации (подвижек) МОЗ Тянь-Шаня на меридианах λ=78-79° по широтам φ =39-44° (на расстоянии 0 - 2516 км) за 2012-2016 гг. Типы деформации (подвижки): 1- сдвиг, 2- сброс, 3-сдвиго - сброс, 4 - надвиг, 5-сдвиго - надвиг, 6 взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой, 7 - взброс. Сплошной красной линией

обозначена широта эпицентра Чиликского землетрясения (1889 г., K=18.6 φ=43.20°, λ=78.40°); пунктирной красной линией - широта центра карьера «Центральный» золоторудного месторождения «Кумтор» (φ=41.80°, λ=78.20°).



Рисунок 6. Последовательность азимутов оси сжатия РАZМ в квадрате λ =78°-79°, ϕ = 42.8°-43.2° в пределах зоны активного Чиликского разлома и эпицентра Чиликского землетрясения (1989 г.) по имеющимся данным МОЗ за 2012-2018 гг.



Рисунок 7. Последовательность типов деформации (подвижек) в квадрате λ =78°-79°, ϕ = 42.8°-43.2° в пределах зоны активного Чиликского разлома и эпицентра Чиликского землетрясения (1989 г.) по имеющимся данным МОЗ за 2012-2016 гг. Типы деформации (подвижек): 1- сдвиг, 2-сброс,3-сдвиго-сброс, 4- надвиг, 5-сдвиго-надвиг, 6- взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой, 7-взброс.

График зависимости типов деформации (подвижек) от азимута оси сжатия PAZM в квадрате λ=78°-79°, φ=42.8°-43.2° приведён на Рисунке 8. Здесь можно отметить, что для PAZM=0-30° характерны сдвиго-надвиг и взброс по крутой плоскости, для PAZM=60-120° - взброс, для PAZM=120-150° - сдвиго-сброс, для PAZM=210-240° - сдвиго-надвиг и взброс по крутой плоскости, для PAZM=210-240° - сдвиг, сдвиго-сброс, сдвиго-надвиг, сдвиг по пологой плоскости.



Рисунок 8. Соотношение типов деформации (подвижек) и азимутов оси сжатия РАΖМ в квадрате λ=78°-79°, φ=42.8°-43.2°, в пределах зоны активного Чиликского разлома и эпицентра Чиликского землетрясения (1989 г.) по имеющимся данным МОЗ за 2012-2016 гг. Типы деформации (подвижек): 1- сдвиг, 2- сброс, 3- сдвиго-сброс, 4 - надвиг, 5 - сдвиго-надвиг, 6- взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой, 7 - взброс.

Последовательность азимутов оси сжатия РАΖМ в квадрате λ=78°-79°, φ=42.0°-42.2° в пределах зоны активного поднятия Восточно-Терскейское на юго-восточном крыле Северо-Терскейского активного разлома по имеющимся данным МОЗ за 2012-2018 гг. показана на Рисунке 9. Здесь в 2012-2014 гг. (0-1095 сутки) сменяются северовосточные и юго-восточные азимуты осей сжатия. В 2016-2017 гг. (1460-2190 сутки) были характерны северо-западные азимуты.

Последовательность типов деформации (подвижек) в квадрате λ=78°-79°, φ=42.0°-42.2°, в пределах зоны активного поднятия Восточно-Терскейское на юговосточном крыле Северо-Терскейского активного разлома по имеющимся данным МОЗ за 2012-2016 гг. приведена на Рисунке 10, здесь отмечался ряд типов деформации (подвижек): сдвиго-надвиг - взброс по крутой плоскости - взброс – сбросы по крутым плоскостям- взброс - сдвиго – надвиг – сброс.

Интересно рассмотреть распределение во времени азимута оси сжатия РАZМ и типов деформации (подвижек) МОЗ в пределах карьера «Центральный» месторождения «Кумтор», находящиеся в зоне Кумторского разлома и его висячем юго-восточном крыле. Следует иметь в виду, что число землетрясений на данной площади, где определены механизмы очагов сравнительно малы. Связи с этим наблюдённые особенности распределения параметров МОЗ во времени выражают вероятную общую тенденцию динамики полей напряжений и деформации. Как видно из Рисунка 4 азимуты оси сжатия в 2012-2013 гг. имели северо-восточное направление; в 2014 г.- юговосточное направление; в 2015-2016 гг. – юго-западное, в конце 2016 г. и начале 2017 г.- снова северо-восточные азимуты, в 2017 г. – юго-восточные азимуты, в 2018 г. – РАZМ прибрели юго-западное направление. Здесь можно отметить, что северо-восточные и

юго-западные PAZM совпадали с азимутом простирания Кумторского разлома взбросового типа с юго-восточным азимутом падения, а юго-восточные PAZM совпадали с азимутом падения Кумторского разлома. Следовательно, горные массивы карьера «Кумтор», вероятно, периодически находятся под воздействиями осей (напряжений) сжатия разного азимута направления.



Рисунок 9. Последовательность азимутов оси сжатия РАZM в квадрате λ =78°-79°, ϕ =42.0°-42.2°, в пределах зоны активного поднятия Восточно-Терскейское на юговосточном крыле Северо-Терскейского активного разлома по имеющимся данным МОЗ за 2012-2018 гг.



Рисунок 10. Последовательность типов деформации (подвижек) в квадрате λ =78°-79°, φ =42.0°-42.2°, в пределах зоны активного поднятия Восточно-Терскейское на юговосточном крыле Северо-Терскейского активного разлома по имеющимся данным МОЗ за 2012-2016 гг. Типы деформации (подвижек): 1- сдвиг, 2-сброс,3-сдвиго-сброс, 4- надвиг, 5-сдвиго-надвиг, 6- взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой, 7-взброс.

Распределение типов деформации (подвижек) МОЗ в пределах карьера «Центральный» месторождения «Кумтор» приведено на Рисунке 5. Здесь, вероятно, в 2012 г. проявились надвиги, в 2013 г. - сдвиго –надвиги и взбросы по крутой плоскости, в начале 2014 г. – взбросы, а в конце 2014 г. - сдвиго-надвиги, в 2015 г. последовательно

могли отмечаться надвиг, сдвиго-сброс и сброс. Соответственно, за 2012-2016 гг. в пределах карьера «Центральный» месторождения «Кумтор», вероятно, повторялись типы деформации (подвижек): надвиг, сдвиго-надвиг, взброс по крутой плоскости.

На Рисунке 11 приведён анализ азимута оси сжатия РАZM МОЗ Тянь-Шаня на меридиане эпицентра крупного Кеминского землетрясения с K=17.8 (M=8.2) в полосе λ =76.8°-78.0°, ϕ =39.0°-44.0° (на расстоянии 0 - 2520 км) за 2012-2018 гг. Азимуты оси сжатия имеют различные значения на отрезках широтного профиля и изменяются во времени. Соответственно, оси сжатия вращаются, меняют свою полярность.



Азимут оси сжатия РАΖМ МОЗ, градус

Рисунок 11. Азимуты оси сжатия РАZM МОЗ Тянь-Шаня на меридиане эпицентра крупного Кеминского землетрясения (1911 г., K=17.8 (M=8.2)) в полосе λ =76.8°-78.0°, ϕ =39.0°-44.0° (на расстоянии 0 - 2520 км) за 2012-2018 гг.

Анализ типов деформации (подвижек) МОЗ Тянь-Шаня на меридианах λ =76.8°-78.0° по широтам ϕ =39.0°-44.0° (на расстоянии 0 - 2520 км) за 2012-2016 гг. приведён на Рисунке 12. На распределении типов деформации во времени наблюдается своеобразная пульсация.

В данной полосе (профиль) с координатами λ =76.8°-78.0°, φ =39.0°-44.0° относительно большое количество землетрясений, где определены механизмы очагов, находилось в квадрате λ =76.8°-78°, φ =42.8°-43.0°, в пределах зон активных разломов Южно- и Северо-Кеминский и эпицентра Кеминского землетрясения (1911 г., φ =42.90°, λ =76.90°). На Рисунках 13 и 14 приведено распределение азимутов оси сжатия РАZM (за 2012-2018 гг.) и типов деформации МОЗ (за 2012-2016 гг.) данного района во времени – сутки. Отмечается, что азимуты оси сжатия РАZM часто сменяется (см. Рисунок 13). В

2012-2015 гг. (0-1164 сутки) сменялись северо-восточные и северо-западные, иногда юго-восточные азимуты оси сжатия. В 2015-2017 гг. (1253-1860 сутки) чередовались северо-восточные и юго-восточные азимуты оси, а в 2017-2018 гг. (2025-2232 сутки) – северо-западные и юго-восточные РАΖМ. Промежутки времени между сменами наблюденных азимутов оси сжатия РАΖМ составляли 3-306 суток.



Рисунок 12. Типы деформации (подвижек) МОЗ Тянь-Шаня на меридианах λ=76.8°-78.0° по широтам φ=39.0°-44.0° (на расстоянии 0 - 2520 км) за 2012-2016 гг. Типы деформации (подвижек): 1- сдвиг, 2- сброс,3-сдвиго-сброс, 4 - надвиг, 5-сдвиго-надвиг, 6-взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой, 7-взброс.

На распределении типов деформации МОЗ по времени наблюдается своеобразная пульсация (см. Рисунок 14). Сначала проявился взброс, после сдвиго-надвиг, на 94 сутки 2012 г. сменился сдвиго-сбросом, далее появились взбросы по крутым плоскостям, затем сменялись на сдвиго-надвиг и сдвиг. На 192 сутки 2012 г. наблюдался надвиг, далее сменялись на взбросы и надвиги. На 335 сутки отмечался сдвиго-сброс, который перешёл в сдвиго-надвиг. На 422 и 523 сутки проявились сдвиг и сдвиго-сброс; в промежутке между 529-896 сутками 2013-2014 гг.- взбросы, надвиг, сдвиго-надвиги; в 1037-1595 сутки - сдвиго-сброс, взброс, сдвиго-надвиг; в 1611-1748 сутки 2016 г. - сброс. Промежутки времени между сменами наблюдённых типов деформации составляли 3-306 суток.

График соотношения типов деформации (подвижек) и азимута оси сжатия РАZM по имеющимся данным МОЗ в квадрате λ =76.8°-78.0°, φ =42.8°-43.0° в пределах эпицентра Кеминского землетрясения (1911 г., φ =42.90°, λ =76.90°) за 2012-2016 гг. приведён на Рисунке 15. При этом отмечаются вероятные характерные ассоциация типов деформации, например, для РАZM=0-30° - сдвиго-сброс, надвиг, сдвиго-надвиг, взброс;

для PAZM=30-60° -сдвиг, сдвиго-сброс, надвиг, взброс; для PAZM=60-90°- сдвигонадвиг; для PAZM=90-120°- сброс, надвиг, взброс; для PAZM=120-150°- сдвиг, сдвигонадвиг; для PAZM=150-180°- сброс, сдвиго-надвиг; для PAZM=180-210°- сброс; для PAZM=210-300°- типы деформации не проявились; для PAZM=150-180°- все типы кроме сброса; для PAZM=330-360°-сдвиго-сброс, надвиг, взброс.



Рисунок 13. Последовательность азимутов оси сжатия РАZМ на расстоянии 2109-2220 км от 39°, увеличенное в 5 раз, т.е. в квадрате λ =76.8°-78.0°, φ =42.8°- 43.0° в пределах зон активных разломов Южно- и Северо-Кеминский и эпицентра Кеминского землетрясения (1911 г., φ = 42.90°, λ = 76.90°) по имеющимся данным МОЗ за 2012-2018 гг.



Рисунок 14. Последовательность типов деформации (подвижек) на расстоянии 2109-2220 км от 39°, увеличенное в 5 раз, т.е. в квадрате λ=76.8°-78.0°, φ=42.8°-43.0° в пределах зон активных разломов Южно- и Северо-Кеминский и эпицентра Кеминского землетрясения

(1911 г., φ = 42.90°, λ = 76.90°) по имеющимся данным МОЗ за 2012-2016 гг. Типы деформации: 1- сдвиг, 2-сброс,3-сдвиго-сброс, 4- надвиг, 5-сдвиго-надвиг, 6- взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой, 7-взброс.



Рисунок 15. Соотношение типов деформации (подвижек) и азимутов оси сжатия РАZM на расстоянии 2109-2220 км от 39°, увеличенное в 5 раз, т.е. в квадрате λ =76.8°-78.0°, φ =42.8°- 43.0°, в пределах зон активных разломов Южно - и Северо-Кеминский и эпицентра Кеминского землетрясения (1911 г.), по имеющимся данным МОЗ за 2012-2016 гг. Типы деформации (подвижек): 1- сдвиг, 2-сброс,3-сдвиго-сброс, 4- надвиг, 5-сдвиго-надвиг, 6- взброс по крутой плоскости или сдвиг по пологой, 7-взброс.

Заключение

- Осуществлён анализ механизмов очагов землетрясений (МОЗ) по поперечным профилям Тянь-Шаня на меридианах (на полосах с координатами λ=78.0-79.0°, λ=76.8-78.0° φ=40.0-44.0°) золоторудного месторождения «Кумтор» и катастрофических Чиликского (1889 г., K=18.5) и Кеминского (1911 г., K= 17.8) землетрясений. Основой анализа являлся каталог МОЗ (К ≥ 9.6) Института сейсмологии НАН КР за 2012-2018 гг., составленный на базе записей сетей цифровых станций КNЕТ (НС РАН), КRNЕТ (ИС НАН КР) на территории Кыргызстана и соседних стран. Количество землетрясений, где определён МОЗ составило ≥ 50 %.
- 2. Активные структуры (поднятия, разломы, которые генерируют землетрясения) имеют субширотное простирание, дивергентные и моновергентные строения, и составляют своеобразные системы на сочленениях Тянь-Шаня и Казахского щита (на севере), Тянь-Шаня и Таримской плиты (на юге) и срединной части Тянь-Шаня. Активные разломы обрамляют поднятия, имеют северо-западные и юго-восточные азимуты падения, взбросовый, взбросо-сдвиговый и сбросо-сдвиговый характеры. Системы активных структур и блоков отражают многополярность тектонических напряжений дискретной среды.
- 3. Анализ параметров МОЗ, в частности азимута оси сжатия РАZМ и типов деформации (подвижек) показали, что они имеют различные значения на отрезках широтного профиля и изменяются во времени. Соответственно, оси сжатия меняют свою

полярность, типы деформации пульсируют. Промежутки времени между сменами наблюдённых азимутов оси сжатия PAZM и типов деформации составляли 3-306 суток.

- 4. В результате изучения соотношения типов деформации и азимута оси сжатия отмечены: в квадрате λ=76.8°-78.0°, φ=42.8°-43.0° в пределах зон активных разломов Южно-, Северо-Кеминский и эпицентра Кеминского землетрясения (1911 г.) при северо-восточных, юго-восточных и северо-западных азимутах оси сжатия проявляются почти все типы деформации МОЗ; в квадрате λ=78.0°-79.0°, φ=42.8°-43.2° в пределах зоны активного Чиликского разлома и эпицентра Чиликского землетрясения (1989 г.) при РАΖМ= 0-30° характерны сдвиго-надвиг и взброс по крутой плоскости, для РАΖМ= 60-120° взброс, для РАΖМ=120-150° сдвиго-сброс, для РАΖМ=210-240° сдвиго-сброс, сдвиго надвиг, сдвиг по пологой плоскости.
- 5. Вероятное распределение во времени азимута оси сжатия РАZМ и типов деформации (подвижек) МОЗ в пределах карьера «Центральный» месторождения «Кумтор», находящийся в зоне Кумторского разлома и его висячем юго-восточном крыле, имеют свои особенности. Азимуты оси сжатия в 2012-2013 гг. имели северо-восточное направление; в 2014 г. юго-восточное направление; в 2015-2016 гг. юго-западное, в конце 2016 г. и начале 2017 г. снова северо-восточные азимуты, в 2017 г. юго-восточные азимуты, в 2018 г. РАZМ прибрели юго-западное направление. Следовательно, северо-восточные и юго-западные РАZМ совпадали с азимутом простирания Кумторского разлома взбросового типа с юго-восточным азимутом падения, а юго- восточные РАZМ совпадали с азимутом падения, а юго- восточные РАZМ совпадали с азимутом падения, в 2013г. сдвиго –надвиги и взбросы по крутой плоскости, в начале 2014 г. взбросы, а в конце 2014 г. сдвиго-надвиги, в 2015 г. последовательно отмечались надвиг, сдвиго-сброс и сброс.

Литература

- 1. Омуралиева А., Омуралиев М., Тилек кызы Г. Динамика сейсмичности на сочленении западной части поднятия Кокшаал области горообразования Тянь-Шань и плиты Тарим //Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2016. -№1(7). -С.89-99.
- 2. Омуралиева А. Динамика сейсмических процессов на сочленении области горообразования Тянь-Шаня и Казахского щита //Вестник Института сейсмологии НАН КР. -2017. -№2 (10). -С. 89-109.
- Абдрахматов К.Е., Бегалиев У.Т., Омуралиев М., Омуралиева А. Сейсмическая опасность населённых пунктов и стратегических сооружений Кыргызской Республики. -Б.: ОСОО «ТРИАДА Принт», 2019., - 98 с.
- 4. Джанузаков К.Д., Омуралиев М., Омуралиева А., Ильясов Б.И., Гребенникова В.В. Сильные землетрясения Тянь-Шаня. Бишкек: Илим, 2003. – 216 с.
- 5. Богданович К.И., Карк И.М., Корольков Б.Я., Мушкетов Д.И. Землетрясения в северных цепях Тянь-Шаня 22 декабря 1910 г. (4 января 1911 г.). Труды Геол. комитета. Новая серия. СПб. 1914. Вып. 89. 256 с.
- 6. Омурбек кызы Канышай, Омуралиев М. Анализ бюллетеней промышленных взрывов на месторождении «Кумтор», Кыргызстан //Российский сейсмологический журнал (РСЖ). -2020. –Т2, №3. –С.83-99.
- Сычева Н.А., Юнга С.Л., Богомолов А.М., Мухамадеева В.А. Сейсмотектонические деформации земной коры Северного Тянь-Шаня (по данным определений механизмов очагов землетрясений на базе цифровой сейсмической сети KNET) //Физика Земли. – 2005. -№11. –с.62-78.
- 8. Сычева Н.А., Сычев В.Н. Фокальные механизмы очагов землетрясений Северного Тянь-Шаня по данным сети КNET //Вестник КРСУ. -2015. –Т.15. -№3. –С.139-143.

- 9. Омуралиев М. Активные сегменты Таласо-Ферганского разлома и механизмы очагов землетрясений //Известия НАН КР. -2010. -№3. -С. 7-12.
- 10. Абдыраева Б.С., Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б. Механизмы очагов землетрясений Кокшаальской зоны (Южный Тянь-Шань) за период 2013-2014 гг. //Вестник ИС НАН КР. -2014. -№4. -С.37-40.
- Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С. Механизмы очагов землетрясений (М ≥ 3.3) в районе Таласо-Ферганского разлома Тянь-Шаня //Вестник ИС НАН КР. -2018. -№1(11). –С.51-56.
- 12. Kawasumi H. An historical sketch of the development of knowledge concerning the initial motion of an earthquake. //Publ. Bur. Cen. Seism. Int.-1937. A15. -C.258-330.
- 13. Введенская А.В. Определение полей смещений при землетрясениях с помощью теории дислокаций // Изв. Ан СССР. Сер.геофиз. –1956. -№3. -С.277-284.
- 14. Балакина Л.М., Введенская А.В. Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений //Журнал сейсмология М.: Наука. №8. 1972. -192 с.
- 15. Reasenberg P.A. and Oppenheimer D. FPFIT, FPPLOT and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. USGS Open-File Report 85-739. Menlo Park, California, 1985. -25 p.
- 16. Suetsugu D. Source Mechanism. IISEE, Tsukuba, Japan. 1998. -103 c.
- 17. The Global CMT Project (GCMT). New-York, USA. –URL: <u>www.global.cmt.org/CMTsearch.html</u>
- 18. National Earthquake Iinformation Centre. URL: <u>http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic.html</u>
- 19. Bulletin of the International Seismological Centre for 2016-2017. Thatcham, United Kingdom: ISC, 2015. www.isc.ac.uk./iscbulletin/search/bulletin
- Муралиев А.М. Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С. Механизмы очагов землетрясений Кыргызстана за 2012г.// Землетрясения Северной Евразии – 2012. –Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. Приложение в СД ROM.
- Муралиев А.М. Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С. Механизмы очагов землетрясений Кыргызстана за 2013 г.// Землетрясения Северной Евразии – 2013. –Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. Приложение на CD.
- Муралиев А.М. Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С. Механизмы очагов землетрясений Кыргызстана за 2014 г.// Землетрясения Северной Евразии – 2014. –Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. Приложение на CD.
- Муралиев А.М. Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С. Механизмы очагов землетрясений Кыргызстана за 2015 г.// Землетрясения Северной Евразии – 2015. –Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. Приложение на CD.

Рецензент: член-корр. НАН КР, д. г. - м. н., профессор Абдрахматов К.Е.