

СРЕДНЯЯ АЗИЯ и КАЗАХСТАН:

УДК 550.348. (574+575.1+575.2)

ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ

**К.Е. Абдрахматов¹, А.Г. Фролова¹, А.М. Муралиев¹, А.В. Берёзина¹, Р. Шукурова¹,
В.В. Гребенникова¹, М.О. Гессель², К.И. Кучкаров³**

¹Институт сейсмологии НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика, kis@mail.elcat.kg

²Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Министерства образования и науки
Республики Казахстан, г. Алматы, Республика Казахстан, m_gessel@mail.ru

³Институт сейсмологии АН Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан, complex@uzsci.net

Аннотация. Сейсмические наблюдения на территории Центральной Азии проводились сетями трех государств: Кыргызстана, Казахстана, Узбекистана, состоящих из 26, 36 и 20 станций соответственно. Каталог землетрясений 2013 г. включил 341 событие с $K_p=8.6-14.7$. Для 82 землетрясений с $K_p \geq 9.6$ найдены фокальные механизмы очагов. Максимальное в каталоге землетрясение с $K_p=14.7$, названное Сарыджазским, произошло 28 января в $16^{\circ}38^m$ на территории Казахстана, в 240 км от г. Алматы. Эпицентр землетрясения расположен в малонаселенной труднодоступной горной местности. В ближайших поселках серьезных разрушений не обнаружено. В целом сейсмический процесс в регионе происходил в фоновом режиме. Основные сейсмоактивные зоны и их конфигурация остались без изменений. Менялись лишь уровень сейсмической активности разных зон и расположение очагов сильных землетрясений.

Ключевые слова: Центральная Азия, аналоговая и цифровая станции, карта эпицентров, график повторяемости, озеро Иссык-Куль, хребет Терской Алатау.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.09

Для цитирования: Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Муралиев А.М., Берёзина А.В., Шукурова Р., Гребенникова В.В., Гессель М.О., Кучкаров К.И. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 108–119 doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.09

Сейсмические станции. Сейсмический мониторинг Центральной Азии проводился в 2013 г., как и ранее [1, 2], силами трех государств: Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана (рис. 1). На территории Кыргызстана работали 16 цифровых станций Института сейсмологии Национальной академии наук и десять цифровых телеметрических станций Научной станции Российской академии наук [3]. Последняя в Центральной Азии аналоговая станция «Бишкек» («Фрунзе») была закрыта 28 февраля [3] из-за проблем с фотобумагой. Сеть Сейсмологической опытно-методической экспедиции Казахстана состояла из 36 цифровых станций [4]. На территории Республики Узбекистан функционировали 26 цифровых станций Института сейсмологии академии наук Узбекистана [5].

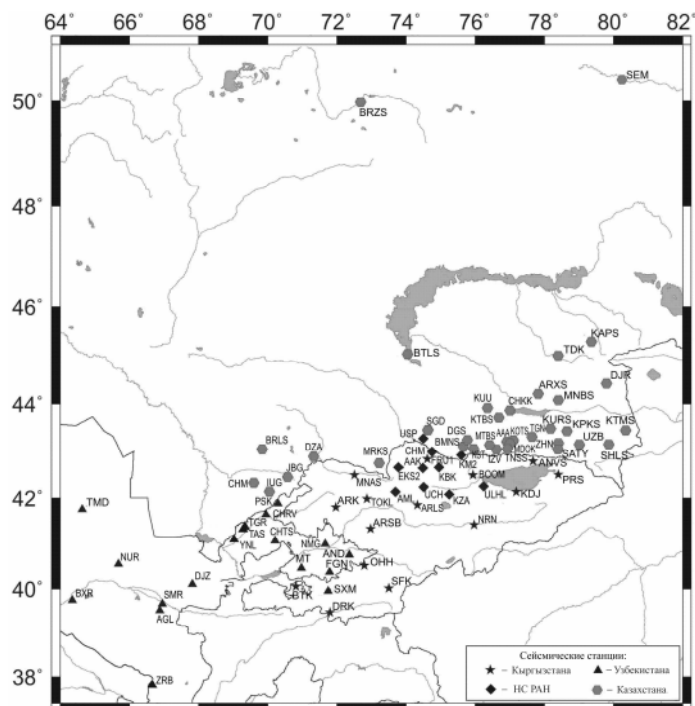


Рис. 1. Схема размещения сейсмических станций на территории Центральной Азии

Районы и зоны. Границы региона, границы крупных районов и сейсмоактивных зон остались без изменений. Общая территория региона, как и прежде, разделена на три района: Северо-Восточный Тянь-Шань (№ 1), Юго-Западный Тянь-Шань (№ 2) и Южный Тянь-Шань (№ 3). Район № 1 состоит из трех зон: Северо-Тянь-Шаньской (I_1), Срединно-Тянь-Шаньской (Нарынской) (I_2) и Джунгарской (I_3). В район № 2 входят пять зон: Ферганская (II_1), Приташкентско-Чимкентско-Каратауская (II_2), Самаркандско-Газлийская (II_3), Сурхандарьинско-Кашкардарьинская (II_4) и Кизыл-Кумская (II_5). В районе № 3 расположены две зоны: Кокшаальско-Кашгарская (III_1) и Алайско-Гармская (III_2).

Методика обработки землетрясений. Обработка землетрясений и оценка точности определения координат очагов в основном осуществлялись по общепринятой инструкции [6]. Выделение фаз, определение времен вступлений P - и S -волн, замеры амплитуд производились по программе «dbpick» (пакет программ «Antelope») [7]. Для локации очагов землетрясений использовались скоростные модели земной коры, полученные для территории Кыргызстана [8], Казахстана [9] и Узбекистана [10]. Основные параметры землетрясения (дата, время, координаты, глубина, класс, магнитуда) определялись на компьютерах SUN с помощью программы «Нуроellipse» [11], которая была адаптирована для Центральной Азии согласно утвержденным методам сбора и обработки данных. В качестве характеристики величины землетрясения использовались энергетический класс K_p [12] и магнитуда $MPVA$ по объемным волнам [13].

Расположение густой высокочувствительной сети сейсмических станций в трех зонах – Северо-Тянь-Шаньской (I_1), Ферганской (II_1) и Приташкентско-Чимкентско-Каратауской (II_2) – обеспечило в их пределах представительную регистрацию землетрясений на уровне $K_{min}=6$ и наименьшую погрешность определения координат гипоцентров в пределах $\delta=\pm(5-10)$ км. На юго-востоке региона (на территории Китая) в Кокшаальско-Кашгарской зоне (III_1) Южного Тянь-Шаня (район № 3) погрешность определения координат эпицентров землетрясений с дополнительным привлечением некоторых станций Китая осталась, как и прежде [1, 2], в пределах $\delta=\pm 25$ км.

Каталог землетрясений в регионе в 2013 г. [14], содержит $N_{\Sigma}=341$ событие с энергетическими классами $K_p=8.6-14.7$. Это в 1.3 раза больше, чем в 2012 г., когда их было $N_{\Sigma}=257$ [1].

Карта эпицентров зарегистрированных в 2013 г. землетрясений показана на рис. 2.

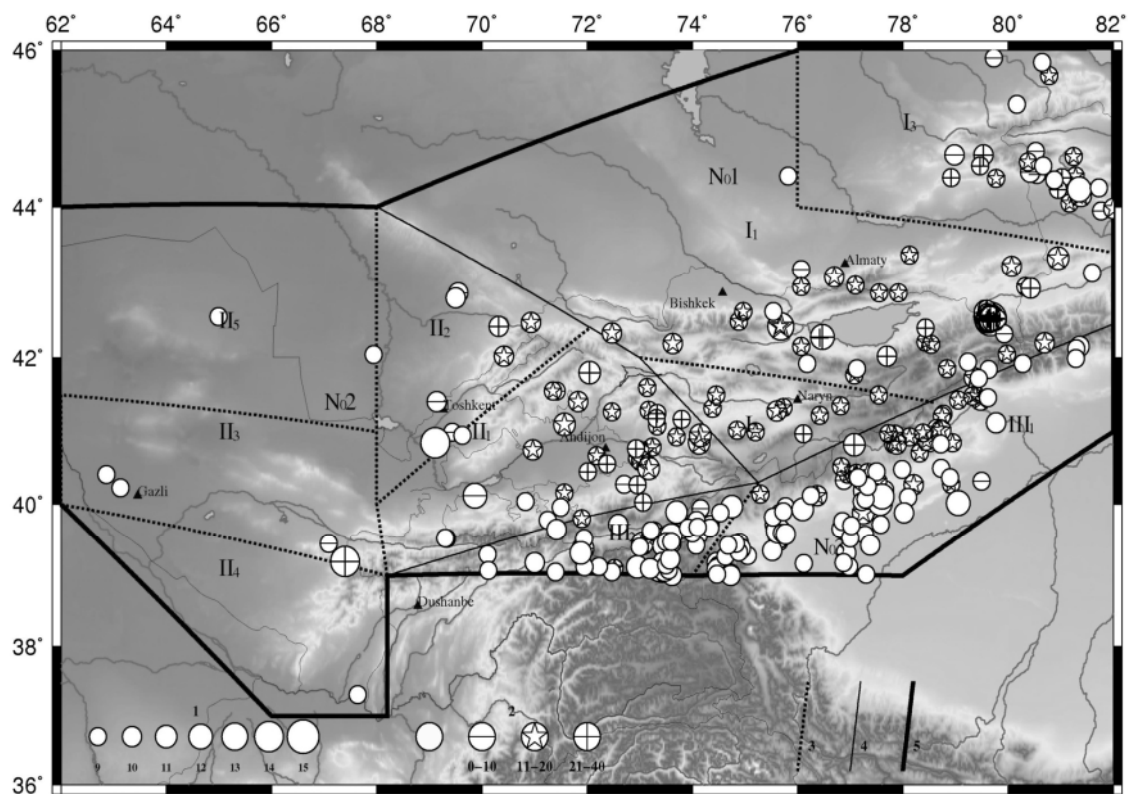


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Центральной Азии за 2013 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3–5 – граница зоны, района, региона соответственно.

Итоговое распределение землетрясений всего региона по энергетическим классам K_p дано в табл. 1.

Таблица 1. Распределение землетрясений Центральной Азии по классам K_p в 2013 г.

K_p	9	10	11	12	13	14	15	Сумма
$N(K)$	215	76	33	10	4	2	1	341
$\lg N$	2.332	1.880	1.519	1	0.602	0.301	0	

Региональные данные о величине землетрясений (K_p и $MPVA$) были дополнены другими оценками, а именно: магнитудами MS и M_s по поверхностным волнам из бюллетеней MOS [15] и ISC [16], магнитудами $MPSP$ и m_b по объемным волнам из тех же источников, разными локальными магнитудами ML , m_b (ВЛ), m_b , m_{pv} (NNC), ml (KNET) из [16], а также моментными магнитудами M_w и сейсмическими моментами агентств MOS [15], NEIC [16] и GCMT [17]. Сведения об ощутимых землетрясениях даны в [18].

График повторяемости землетрясений с $K_p \geq 8.6$, построенный по данным табл. 1, практически прямолинеен и имеет наклон $|\gamma|=0.40$ (рис. 3).

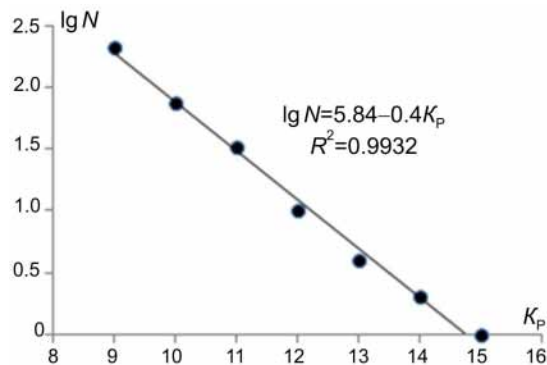


Рис. 3. График повторяемости землетрясений Центральной Азии в 2013 г.

На графике видно, что землетрясения с $K_{\min}=9$ являются представительными для всей территории Центральной Азии.

Механизмы очагов землетрясений ($K_p \geq 9.6$) Центральной Азии (Кыргызстана, Казахстана, Узбекистана) определены по методике А.В. Введенской [19], позволяющей для предложенной модели очага установить положение двух возможных плоскостей разрыва, направление подвижек в них и ориентацию в очаге осей главных напряжений, снимаемых при землетрясении. В качестве исходных данных использованы знаки первых вступлений P -волн на сейсмических станциях региона. Расчеты проведены по программам FPFIT и SOURCE MECHANISM

[20, 21]. Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии в 2013 г. [22] содержит 82 события с энергетическими классами от 9.6 до 14.7, в нем также приведены решения механизмов единичных очагов из других источников. Очаги исследованных землетрясений размещены, в основном, в верхней части земной коры на глубинах от 0 до 20 км.

Количественные показатели определения механизмов очагов землетрясений с $K_p \geq 9.6$ в регионе в 2013 г. приведены в табл. 2.

Таблица 2. Количественные показатели определения механизмов очагов землетрясений региона в 2013 г.

K_p	10	11	12	13	14	15	10–15
$N(K_p)$	76	33	10	4	2	1	126
N	38	29	8	4	2	1	82
$n/N(K_p)$, %	50	88	80	100	100	100	65

Примечание. K_p – энергетический класс землетрясений; N – число землетрясений по классу энергии от 10 до 15; n – количество землетрясений, для которых определен механизм очага; соотношение $n/N(K_p)$ представлено в процентах (%).

Карта механизмов очагов землетрясений для территории региона показана на рис. 4. Для ряда землетрясений из-за отсутствия данных (знаков P -волн) от сейсмических станций КНР не определены механизмы их очагов. Из 82 событий в регионе в 2013 г. [22] установлены сдвиго-надвиговые типы подвижек в очагах для 15 землетрясений, сбросовые типы – для семи, сдвиговые – для 14, взбросовые – для 14 и т.д. Оси напряжений сжатия в очагах землетрясений ориен-

тированы преимущественно в близмеридиональном направлении, выражая факт надвигания Индостанской плиты на Центральную Азию.

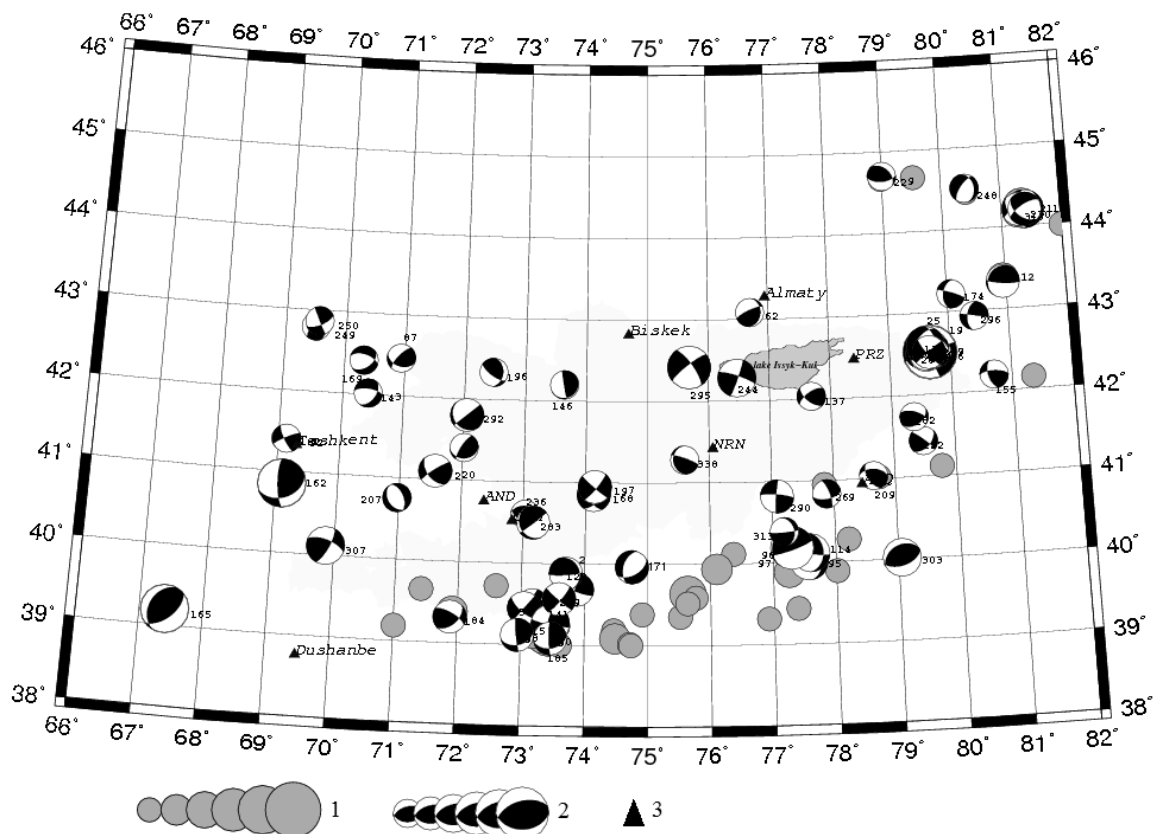


Рис. 4. Карта механизмов очагов землетрясений с $K_p \geq 9.6$ Центральной Азии в 2013 г.

1 – энергетический класс K_p от 10 до 15; 2 – диаграммы механизмов очагов в проекции нижней полусферы, зачернена область сжатия (номера диаграмм соответствуют номерам событий в сводном каталоге [13]); 3 – сейсмическая станция.

Сейсмичность. Сравнение пространственного распределения эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$ для территории Центральной Азии за 2013 г. (рис. 2) с аналогичными картами за предыдущие годы в [1, 2] показывает, что основные сейсмоактивные зоны и их конфигурация достаточно стабильны во времени. Меняются лишь уровень сейсмической активности разных зон, расположение очагов сильных землетрясений ($K_p \geq 12$) и их миграция во времени вдоль Северо-Тянь-Шаньского, Южно- и Северо-Ферганского, Гиссаро-Кокшаальского глубинных разломов.

Общее число землетрясений с $K_p \geq 8.6$ в трех крупных районах в 2013 г., как указано выше, составило $N_{\Sigma} = 341$ с суммарной энергией $\Sigma E = 12.54 \cdot 10^{14}$ Дж. Сейсмическая энергия рассчитывалась, исходя из самого определения энергетического класса по Т.Г. Раутиан [12]: $K = \lg E$ Дж.

Распределение числа землетрясений по районам, энергетическим классам и суммарной сейсмической энергии за 2013 г. приведено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений разных классов K_p и их суммарной сейсмической энергии ΣE по районам

№	Район	K_p							N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{14} Дж
		9	10	11	12	13	14	15		
1	Северо-Восточный Тянь-Шань	87	34	12	4	1	0	1	139	10.16
2	Юго-Западный Тянь-Шань	35	8	6	2	0	2		53	2.027
3	Южный Тянь-Шань	93	34	15	4	3			149	0.3593
	Всего	215	76	33	10	4	2	1	341	12.54

Суммарное число зарегистрированных в 2013 г. землетрясений с $K_p \geq 8.6$ и величина выделенной сейсмической энергии значительно больше, по сравнению с ситуацией в 2012 г. [1]: $N_\Sigma = 341$ вместо 257, $\Sigma E = 12.54 \cdot 10^{14}$ Дж вместо $\Sigma E = 1.373 \cdot 10^{14}$ Дж (табл. 4).

Таблица 4. Распределение по годам числа N_Σ землетрясений разных классов K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE на территории региона Центральной Азии с 1996 по 2013 г.

Год	K_p								N_Σ	$\Sigma E, 10^{14} \text{ Дж}$
	9	10	11	12	13	14	15	16		
1996	348	102	42	9	3		1		505	10.45
1997	550	280	134	42	3	3	6		1018	63.89
1998	493	196	75	19	7	2	1		789	12.99
1999	345	123	41	12	3				524	0.4768
2000	323	107	46	4	2	1			483	1.3
2001	270	86	34	8		1			399	1.125
2002	270	78	31	6	2				387	0.302
2003	534	141	66	14	5	4	2		766	24.73
2004	351	99	40	8	2				500	0.333
2005	373	82	20	9	3		1		488	10.42
2006	392	93	34	9	1	2	1		531	12.24
2007	317	105	32	13	3	1	1		471	11.48
2008	622	201	62	18	6	2		1	912	102.9
2009	386	144	41	9	4	2			586	2.55
2010	279	84	33	13	3				412	0.4742
2011	139	49	20	8	2	1			219	1.306
2012	176	51	22	4	3	1			257	1.373
Среднее	363	119	45	12.06	3.06	1.19	0.76	0.06	562	16.06
2013	215	76	33	10	4	2	1	0	341	12.54

Из табл. 4 видно, что средние значения основных характеристик уровня сейсмичности – числа землетрясений ($N_{cp} = 562$) и среднего уровня выделившейся за 17 лет в очагах сейсмической энергии ($\Sigma E_{cp} = 16.06 \cdot 10^{14}$ Дж) – выше таковых в 2013 г. в 1.6 и в 1.3 раза соответственно (табл. 4).

Для данного временного интервала, т.е. с 1996 по 2013 г. (рис. 5), во всем регионе просматривается 5–6-летняя повторяемость максимумов выделенной сейсмической энергии – в 1997, 2003 и 2008 г. (энергия показана точками).

Максимальный уровень энергии землетрясений в 2013 г. соответствует $K_p = 14.7$ (рис. 6) и характеризует Сарыджазское землетрясение, произошедшее 28 января в 16^h38^m в Северо-Тянь-Шаньской в зоне (I₁). Два достаточно сильных землетрясения зарегистрированы в мае месяце: первое – 24 мая в 22^h18^m с $K_p = 13.7$ в Приташкентско-Чимкентско-Каратауской зоне (II₂) на границе с Ферганской зоной (II₁), второе – 26 мая в 06^h08^m с $K_p = 14$ в Самаркандско-Газлийской зоне II₃, на границе с Сурхандарьинско-Кашкадарьинской зоной (II₄).

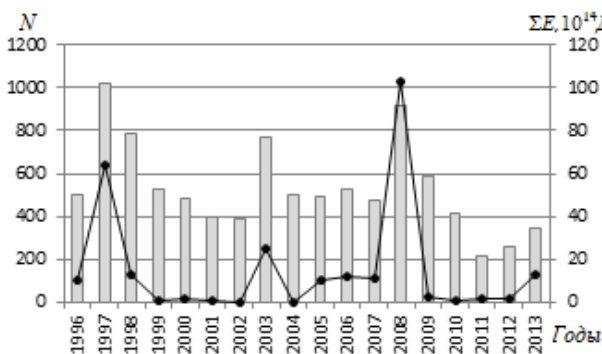


Рис. 5. Распределение числа землетрясений N_Σ и суммарной сейсмической энергии ΣE по годам

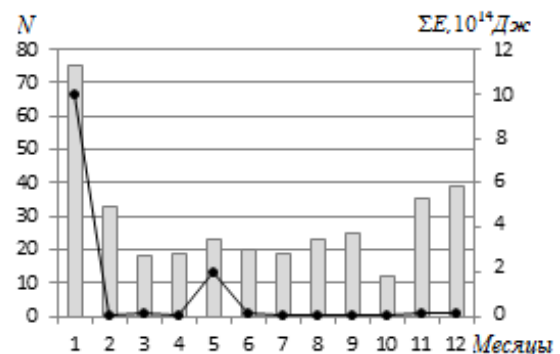


Рис. 6. Распределение числа землетрясений N и суммарной сейсмической энергии N_Σ по месяцам за 2013 г.

Рассмотрим детально сейсмичность в каждом из трех районов и в их отдельных зонах.

Район № 1 – Северо-Восточный Тянь-Шань – разделен, как указано выше, на три зоны (рис. 2): Северный Тянь-Шань (I_1), Срединный Тянь-Шань (I_2) и Джунгарию (I_3).

Как и прежде [1, 2], самая слабая сейсмичность наблюдалась в Срединно-Тянь-Шаньской (Нарынской) зоне (I_2): за год здесь зарегистрировано всего десять землетрясений, эпицентры которых группировались, в основном, вдоль течения р. Нарын к югу от нее. Максимальным ($K_p=10.5$) было землетрясение 26 декабря в 08^h48^m в хр. Кара-Тау. Общая выделенная сейсмическая энергия в этой зоне составила $\Sigma E=1.18 \cdot 10^{11}$ Дж.

Более сейсмически активной в 2013 г. была Джунгария (I_3). В течение года здесь произошло 26 землетрясений, выделенная энергия которых составила $\Sigma E=1.27 \cdot 10^{12}$ Дж. Эпицентры сгруппированы в основном в центральной части района, в отрогах хр. Джунгарский Ала-Тоо, и на востоке зоны, на территории Китая. Отметим три землетрясения повышенной энергии, произошедшие 4 августа в 01^h14^m с $K_p=11.6$, 30 августа в 20^h59^m с $K_p=11.4$ и 12 декабря в 00^h46^m с $K_p=10.9$ на территории Китая.

Самая высокая сейсмичность в районе № 1 наблюдалась в юго-восточной его части, в горных участках зоны (I_1), тогда как северо-западная часть зоны (I_1) практически асейсмична. Общее число зарегистрированных здесь событий $N_{\Sigma}=103$, выделенная суммарная сейсмическая энергия – $\Sigma E=10.14 \cdot 10^{14}$ Дж. Два довольно сильных землетрясения зарегистрированы вблизи оз. Иссык-Куль, к западу от него, 20 сентября в 16^h28^m с $K_p=11.6$ и 23 ноября в 09^h42^m с $K_p=12.6$. Землетрясение 23 ноября с $K_p=12.6$ (рис. 2) произошло в районе Боомского ущелья. Механизм его очага определен по данным 29 сейсмических станций региона. В его очаге с $h=17$ км при почти горизонтальном ($PL_T=2^\circ$) близмеридиональном ($AZM_T=278^\circ$) растяжении [22] произошел «сбросо-сдвиговый» тип подвижки (его диаграмма дана ниже на рис. 7 б).

На юго–востоке зоны (I_1) произошло упомянутое выше самое сильное Сарыджаское землетрясение ($K_p=14.7$) 2013 г. 28 января в 16^h38^m в 240 км от г. Алматы, где оно ощущалось с интенсивностью $I_i=3-4$ балла. Уже 29 января 2013 г. полевой отряд ГУ «СОМЭ КН МОН РК» и ТОО «Институт сейсмологии» выехал для проведения макросейсмического обследования. Эпицентр землетрясения находился на востоке высокогорных хребтов Терской Алатау, в северной части высокогорного свода Хан-Тенгри и приурочен к узлу пересечения глубинных краевых разломов – поперечного Чиликского с продольным Баянкольским. Плохие погодные условия и труднодоступность высокогорных поселков не позволили попасть непосредственно в эпицентральную зону.

Интенсивность сотрясений грунта вблизи эпицентральной зоны, в населенных пунктах Казахстана – Тасаш (47 км), Сарыджаз (44 км), Нарынкол (48 км) – составила $I_i = 6$ баллов по шкале MSK-64, в поселке Кеген (66 км) – 4–5 баллов. По ощущениям жителей этих поселков был громкий гул, резкий удар, от которого все выбежали на улицу. Скрипели двери, звенела посуда, люстры и лампочки очень сильно раскачивались. Разрушений зданий и сооружений не было обнаружено. Наблюдались единичные случаи образования трещин между блоками зданий на сейсмошвах и отслоения штукатурки в саманных строениях [23].

На территории Кыргызстана землетрясение ощущалось с интенсивностью $I_i = 6-7$ баллов в населенном пункте Эчкили-Таш (38 км) и 6 баллов – в Кен-Суу (48 км), Каркыре (49 км), Джергалане (55 км), Токтогуле (58 км).

Решение механизма очага Сарыджаского землетрясения в [22] найдено в ИС НАН КР на основе данных 22 сейсмических станций региона (рис. 7, а). Согласно этому решению, по одной крутой ($DP_1=87^\circ$) плоскости NP_1 разрыва в очаге произошел левосторонний чистый сдвиг, по другой (с $DP_1=88^\circ$) – правосторонний сдвиг.

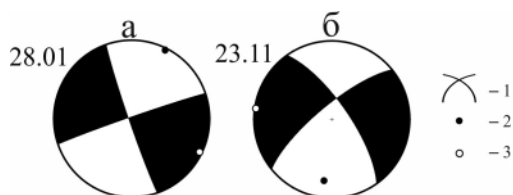


Рис. 7. Диаграммы механизмов очагов 28 января в 16^h38^m 2013 г. (а) и 23 ноября 2013 г. (б) в проекции нижней полусферы

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.

Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками, отмеченными в каталоге [14]. Первый афтершок с $K_p=10.7$ произошел в 16^h46^m , т.е. через 8 минут после основного толчка, всего же с $K_p \geq 11$ зарегистрировано восемь афтершоков. Самый последний и самый сильный ($K_p=11.8$) из них зафиксирован 13 марта в 22^h32^m [14], тогда величина энергетической ступени ΔK_a между главным толчком и максимальным афтершоком составляет $\Delta K_a=14.7-11.8=2.9$, т.е. почти 3 порядка.

Суммарное число землетрясений в районе № 1, равное $N_\Sigma=139$, в 2.7 раза больше числа землетрясений ($N_\Sigma=51$) в 2012 г. и в 10 раз выше уровень сейсмической энергии ($\Sigma E=10.16 \cdot 10^{14}$ Дж вместо $\Sigma E=1.015 \cdot 10^{14}$ Дж) [1]. Значения параметров сейсмичности района за 2013 г. по сравнению со средними показателями за 17 предыдущих лет также значительно увеличились: N_Σ – в 1.6 раза, ΣE – в 4.5 раза (табл. 5).

Таблица 5. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Северо-Восточном Тянь-Шане (№ 1) за 1996–2013 гг.

Год	K_p							N_Σ	$\Sigma E,$ $10^{14} \cdot \text{Дж}$
	9	10	11	12	13	14	15		
1996	60	18	8	4	2			92	0.2504
1997	72	17	2	4	1		1	97	10.14
1998	53	23	9	3	1	1		90	1.1418
1999	55	23	5		2			85	0.2079
2000	39	17	5		2			63	0.2071
2001	37	18	6	1				62	0.0182
2002	46	12	5					63	0.0067
2003	92	19	8	3		2		124	2.041
2004	64	10	5	2	1			82	0.1266
2005	67	15	5	3			1	91	10.04
2006	76	21	10	3		1	1	111	11.04
2007	48	23	2	2	1			76	0.1247
2008	52	19	6	3	1			81	0.1384
2009	83	17	7	1	2	1		111	1.22
2010	80	25	5	3	1			114	0.1383
2011	32	11	8	2	1			54	0.1294
2012	39	6	4	1		1		51	1.015
Среднее	58.5	17.3	5.9	2.06	0.88	0.35	0.17	85	2.2344
2013	87	34	12	4	1		1	139	10.16

В Юго-Западном Тянь-Шане (район № 2) наибольшей сейсмичностью отличалась Ферганская зона (Π_1), где в течение года произошло 37 землетрясений, суммарная энергия которых составила $\Sigma E=2.467 \cdot 10^{12}$ Дж. Большая часть эпицентров группировалась в горном обрамлении Ферганской долины (рис. 2). В 2013 г. с максимальным в зоне (Π_1) энергетическим классом $K_p=11.9$ зарегистрировано землетрясение 6 декабря в 10^h24^m в западной части зоны. Еще пять землетрясений с классами $K_p=11.5, 11.4, 11.2, 10.9, 10.7$ произошли в течение года на востоке и северо-востоке зоны.

В Приташкентско-Чимкентско-Каратауской зоне (Π_2) в 2013 г. зафиксировано девять землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E=1.002 \cdot 10^{14}$ Дж. Большая часть эпицентров расположена в восточной горной части зоны. Значительным событием стало землетрясение, произошедшее 24 мая в 22^h18^m с $K_p=13.7$ в 56 км к югу от Ташкента и ощущавшееся там с $I_i=5$ баллов, названное Туябугузским. Ему посвящена отдельная статья [24]. Землетрясение сопровождалось лишь одним афтершоком. Еще одно ощутимое землетрясение (22 февраля в 02^h38^m с $K_p=10.5$) произошло в 5 км от Ташкента, где вызвало сотрясения с интенсивностью до 4 баллов.

В Самаркандско-Газлийской зоне (Π_3) в течение года произошло четыре события. Максимальный класс $K_p=14$ имело землетрясение 26 мая в 06^h08^m на границе с Сурхандарьинско-Кашкадарьинской зоной (Π_4), названное Маржанбулакским и описанное в [25]. Рядом с ним

5 ноября в 16^h25^m произошло землетрясение с $K_p=9.3$. Два толчка с $K_p=8.6$ зарегистрированы вблизи Газли. Выделенная сейсмическая энергия для этой зоны составила $\Sigma E=1.00003 \cdot 10^{14}$ Дж.

В Сурхандарьинско-Кашкадарьинской зоне (Π_4) 20 января в 08^h46^m зарегистрировано всего одно землетрясение с $K_p=9.2$.

В Кизыл-Кумской зоне (Π_5) произошли два землетрясения: 16 февраля в 09^h04^m с $K_p=9.2$ – в центре зоны и 15 августа в 06^h51^m с $K_p=8.7$ – на востоке, на границе с зоной Π_2 .

В целом по району № 2 наблюдалось небольшое снижение количества землетрясений до $N_\Sigma=53$, но повышение уровня выделенной сейсмической энергии до $\Sigma E=2.027 \cdot 10^{14}$ Дж относительно таковых в 2012 г.: $N_\Sigma=59$, $\Sigma E=0.00877 \cdot 10^{14}$ Дж [1]. По сравнению со средними значениями этих параметров за предыдущие 17 лет (табл. 6), равными $N_{cp}=112$ и $\Sigma E_{cp}=0.8383 \cdot 10^{14}$ Дж, в 2013 г. произошло понижение количества землетрясений почти в 2 раза, а энергии – на два порядка.

Таблица 6. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Юго-Западном Тянь-Шане (№ 2) за 1996–2013 гг.

Год	K_p							N_Σ	$\Sigma E,$ 10^{14} Дж
	9	10	11	12	13	14	15		
1996	126	16	13					155	0.0159
1997	112	16	7					135	0.0097
1998	86	24	4					114	0.0073
1999	73	30	10	3	1			117	0.1437
2000	90	23	11	1		1		126	1.024
2001	85	26	11	2		1		125	1.034
2002	75	29	8	2	1			115	0.1317
2003	94	20	9	2	1			126	0.1319
2004	68	22	9		1			100	0.1119
2005	93	26	3	3	1			126	0.1365
2006	83	22	8					113	0.0110
2007	94	35	10	6	1		1	147	10.17
2008	81	28	7	2	1			119	0.1306
2009	65	29	3	4	1			102	0.1466
2010	59	20	8	2				89	0.0306
2011	22	14	5				1	42	1.007
2012	37	15	7					59	0.0089
Среднее	79	23.2	7.82	1.588	0.4706	0.1765	0.0588	112	0.8383
2013	35	8	6	2		2		53	2.027

Южный Тянь-Шань (район № 3), связанный с Гиссаро-Кокшаальским глубинным разломом на границе Кыргызстана с Таджикистаном и широкой полосой эпицентров в системе хребтов Кунь-Луны на границе Кыргызстана с Китаем, традиционно активен. В 2013 г. здесь суммарное число землетрясений и уровень выделенной сейсмической энергии, по сравнению с таковыми в 2012 г. [1], практически не изменились (табл. 7). Но, по сравнению со средними значениями этих параметров за предыдущие 17 лет, эти параметры заметно ниже – число землетрясений в 2.3 раза, высвобожденная энергия в 34 раза.

Таблица 7. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Южном Тянь-Шане (№ 3) за 1996–2012 гг.

Год	K_p								N_Σ	$\Sigma E,$ 10^{14} Дж
	9	10	11	12	13	14	15	16		
1996	155	68	20	5	1		1		250	10.18
1997	366	247	125	38	2	3	5		786	53.73
1998	354	149	62	16	6	1	1		589	11.84
1999	217	70	26	9					322	0.1252

Год	K_p								N_Σ	$\Sigma E,$ $10^{14} \cdot Дж$
	9	10	11	12	13	14	15	16		
2000	193	67	30	3					293	0.0686
2001	148	41	17	5					211	0.0726
2002	149	37	18	4	1				209	0.1632
2003	348	102	49	9	4	2	2		516	22.55
2004	219	67	26	6					318	0.0949
2005	201	39	9	3	2				253	0.2449
2006	233	50	16	6	1	1			307	1.183
2007	175	47	19	5	1	1			248	1.175
2008	489	154	49	13	4	2		1	712	102.6
2009	238	98	31	4	1	1			373	1.183
2010	140	39	20	8	2				209	0.3053
2011	84	25	7	6	1				123	0.170
2012	100	30	11	3	3				147	0.345
Среднее	224	78.24	31.47	8.412	1.706	0.647	0.5294	0.0588	345	12.119
2013	93	34	15	4	3				149	0.3593

В Кокшаальско-Кашгарской зоне (III_1) зарегистрировано 99 землетрясений с суммарной энергией $N_\Sigma=2.48 \cdot 10^{13}$ Дж. Все самые сильные события произошли на территории соседнего Китая. Максимальный энергетический класс $K_p=13.2$ имело землетрясение 11 марта в 03^h01^m . По сообщениям в прессе, в Китае по меньшей мере 864 дома были разрушены или повреждены. В Кыргызстане землетрясение ощущалось в Нарыне с интенсивностью до 3 баллов. Ему предшествовали форшоки, наиболее сильные из которых произошли 26 января в 15^h41^m с $K_p=11.5$, 18 февраля в 13^h00^m с $K_p=12.1$ и в 21^h24^m с $K_p=12.0$.

Землетрясение 4 ноября в 08^h04^m с $K_p=11.9$ в приграничном районе сопровождалось двумя афтершоками с энергетическими классами $K_p=8.9$ и 9.3 . Еще один толчок зарегистрирован на востоке зоны 1 декабря в 08^h34^m с $K_p=12.5$.

В Алайско-Гармской зоне (III_2) в 2013 г. произошло 50 землетрясений с суммарной энергией $N_\Sigma=1.11 \cdot 10^{13}$ Дж. Самым сильным было землетрясение с $K_p=12.5$, произошедшее 30 июня в 04^h59^m в южном приграничье. Землетрясение сопровождалось серией афтершоков, три из которых с $K_p \div 11$ (30 июня в 18^h08^m с $K_p=10.8$, 1 июля в 20^h06^m с $K_p=10.9$, 14 июля в 23^h09^m с $K_p=11.0$).

Вывод. Рассматривая сейсмический процесс в целом, можно отметить, что в 2013 г. в регионе наблюдалось значительное увеличение сейсмичности по сравнению с таковой в 2012 г. [1]: в несколько раз повысилась выделенная сейсмическая энергия в районах Северо-Восточного (№ 1) и Юго-Западного Тянь-Шаня (№ 2). В Южном Тянь-Шане (район № 3) количество землетрясений и выделенная сейсмическая энергия были на уровне, близком к ситуации в 2012 г. Эпицентральные зоны и их конфигурация остались без особых изменений в пространстве и во времени.

Л и т е р а т у р а

1. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Гребенникова В.В., Гессель М.О., Тулаганова М.Т. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 104–113.
2. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Михайлова Р.С., Гребенникова В.В., Гессель М.О., Тулаганова М.Т. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ГС РАН, 2017 – С. 97–107.
3. Берёзина А.В. (сост.). Сейсмические станции Кыргызстана в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
4. Гессель М.О., Неворова Н.П. (СОМЭ МОН РК) (сост.). Сейсмические станции Сейсмологической опытно-методической экспедиции Министерства образования и науки Республики Казахстан в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.

5. **Зоиров Ф.Ф. (сост.)**. Сейсмические станции КЭ Института сейсмологии АН РУз в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
6. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений** на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М: Наука, 1982. – 273 с.
7. **Antelope Environmental Monitoring Software** (2019). – URL: <http://www.brtt.com/>
8. **Сабитова Т. и др.** Земная кора и верхняя мантия Тянь-Шаня в связи с геодинамикой и сейсмичностью. – Бишкек: Илим, 2006. – 114 с.
9. **Шацлов В.И., Стихарный А.П.** Отчет о научно-практической работе по расчету обобщенных скоростных моделей земной коры и годографов для регионов Казахстана. – Алматы: Фонды института сейсмологии, 2004. – 54 с.
10. **Захарова А.И., Ибрагимов Р.Н., Матасова Л.М. и др.** Параметры землетрясений и очаговых зон Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1973. – 143 с.
11. **Lahr J.C.** HYPOELLIPSE. A computer program for determining local earthquakes hypocentral parameters, magnitude, and first motion pattern. – U.S.G.S. Open-FileReport.
12. **Раутиан Т.Г.** Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР, №32(199). – М.: Наука, 1964.–С. 88–93.
13. **Михайлова Н.Н., Неверова Н.П.** Калибровочная функция $s(d)$ для определения *MPVA* землетрясений Северного Тянь-Шаня // Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. – Алма-Ата: Наука, 1986. – С. 41–47.
14. **Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р. (по региону), Соколова Н.П. (по Кыргызстану), Гессель М.О. (по Казахстану), Кучкаров К.И. (по Узбекистану) (отв. сост.); Молдобекова С., Першина Е.В., Афонина Л.Р., Неверова Н.П., Проскурина Л.П., Бектурганова Б.Б., Проскурина А.В., Далебаева Ж.А., Досайбекова С.К., Холикова М.А., Зоиров Ф.Ф. (сост.)**. Каталог землетрясений Центральной Азии за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
15. **Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2013** // ФИЦ ЕГС РАН [Сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013
16. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
17. **Global CMT Catalog (GCMT)** [Сайт]. – URL: <http://www.globalcmt.org/>
18. **Фролова А.Г., Гессель М.О., Артёмова Е.В., Лукаш Н.А. (сост.)**. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Центральной Азии в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
19. **Введенская А.В.** Определение полей смещений при землетрясениях с помощью теории дислокаций // Известия АН СССР. – Серия геофизическая. – 1956. – № 3. – С. 34–47.
20. **Suetsugu D.** Source Mechanism. – Tsukuba, Japan: ISEE, 1998. – 103 p.
21. **Reasenberг P.A.** FPFIT, FPLOT and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. US Geol. Surv. Open-File Rep. – 1985. – pp. 85–739.
22. **Муралиев А.М. (по региону) (отв. сост.); Малдыбаева.М.Б.(Кыргызстан), Абдыраева Б.С. (Кыргызстан), Досайбекова С.К. (Казахстан), Кучкаров К.И. (Узбекистан), Холикова М.А. (Узбекистан), Зоиров Ф.Ф. (Узбекистан) (сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
23. **Макросейсмическое обследование эпицентральной зоны землетрясения 28.01.2013** // Фонды Сейсмологической опытно-методической экспедиции Министерства образования и науки Республики Казахстан, Алматы – 2013.
24. **Усманова М.Т., Джураев А., Фролова А.Г., Нурматов У.А., Икрамова Д.А., Саттарова А.М.** Туябугузское землетрясение 25 мая 2013 г. с $K_p=14.1$, $MS=5.2$, $I_0=7$ (Приташкентский район, Узбекистан) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 397–408. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.35
25. **Усманова М.Т., Джураев А., Шерматов М.Ш., Фролова А.Г., Саттарова А.М.** Маржанбулакское землетрясение 26 мая 2013 г. с $K_p=15.0$, $MS=5.9$, $I_0=8$ (Узбекистан, Джизакская область) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 409–420. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.36

METADATA IN ENGLISH

CENTRAL ASIA

**K.E. Abdrahmatov¹, A.G. Frolova¹, A.M. Muraliev¹, A.V. Berezina¹, R. Shukurova¹,
V.V. Grebennikova¹, M.O. Gessel², K.I. Kuchkarov³**

¹*Institute of Seismology of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic,
Bishkek, Kyrgyz Republic, kis@mail.elcat.kg*

²*Seismological Experience-Methodical Expedition of the Committee
of Science of the Ministry of Education and Science
of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan, m_gessel@mail.ru*

³*Institute of Seismology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, Republic of Uzbekistan, complex@uzsci.net*

Abstract. The seismic observations in Central Asia were conducted by networks of three states: Kyrgyzstan, Kazakhstan, Uzbekistan, – consisting of 26, 36 и 20 stations respectively. The catalog for 2013 includes 341 events with $K_p=8.6-14.7$. Focal mechanisms are found for 82 earthquakes with $K_p \geq 9.6$. The strongest event in the catalog with $K_p=14.7$, called Sarydjaz earthquake, occurred on January 28 at 16^h38^m in the territory of Kazakhstan, 240 km southeast of Almaty city. The epicenter is located in a sparsely populated mountainous terrain. In the nearest settlements, no serious damage was found. In general, the seismic process in the region occurred in the background regime. The main seismically active zones and their configuration remained unchanged. Only the level of seismic activity of different zones and the location of the centers of strong earthquakes changed.

Key words: Central Asia, analog and digital stations, epicenter map, recurrence graph, Issyk-Kul lake, Terskei Alatau ridge.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.09

For citation: Abdrahmatov K.E., Frolova A.G., Muraliev A.M., Berezina A.V., Shukurova R., Grebennikova V.V., Gessel M.O., & Kuchkarov K.I. (2019). Central Asia. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 108–119. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.09

References

1. Abdrahmatov, K.E., Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Grebennikova, V.V., Gessel, M.O., & Tulaganova, M.T. (2018). Central Asia region. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), 104–113. (In Russ.).
2. Abdrahmatov, K.E., Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Mikhailova, R.S., Grebennikova, V.V., Gessel, M.O., & Tulaganova, M.T. (2017). Central Asia region. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2011 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2011] (pp. 97–107). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
3. Berezina, A.V. (2019). Seismic stations of Kyrgyzstan network in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
4. Gessel, M.O., & Neverova, N.P. (2019). Seismic stations of Kazakhstan network in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
5. Zoirov, F.F. (2019). Seismic stations of Uzbekistan network in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
6. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabliudenii na seismicheskikh stantsiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabliudenii SSSR.* (1982). [The instruction about an order of production and processing of observations at seismic stations of the Uniform system of seismic observations of the USSR]. Moscow: Nauka Publ., 273 p.
7. Antelope Environmental Monitoring Software (2019). Retrieved from <http://www.brtt.com/>
8. Sabitova, T. and others. (2006). *Zemnaia kora i verkhniaia mantiia Tian'-Shania v sviazi s geodinamikoi i seismichnost'iu.* [Crust and the top mantle of Tien Shan in connection with geodynamics and seismicity]. Bishkek: Ilim Publ., 114 p.
9. Shatsilov, V.I., & Stikharnyi, A.P. (2004). [The report on scientific and practical work on calculation of the generalized high-speed models of crust and geodigraf for regions of Kazakhstan]. Funds of institute of seismology. Almaty, 54 p.

10. Zakharova, A.I., Ibragimov, R.N., Matasova, L.M. and others. (1973). *Parametry zemletriasenii i ochagovykh zon Uzbekistana*. [Parameters of earthquakes and focal zones of Uzbekistan]. Tashkent: Fan Publ., 143 p.
11. Lahr, J.C. (1999). *HYPOELLIPSE: A computer program for determining local earthquake hypocentral parameters, magnitude, and first motion pattern* (p. 119). Denver, Colorado: US Geological Survey.
12. Rautian, T.G. (1964). About determination of earthquake energy at the distances up to 3000 km. *Experimental seismicity. Proceedings of IFE AS USSR (32 (199))*, 88–93.
13. Mikhailova, N.N., & Neverova, N.P. (1986). [Calibration function Δ for definition of MPVA of earthquakes of Northern Tien Shan]. In *Kompleksnye issledovaniia na Alma-Atinskome prognosticheskom poligone* [Comprehensive studies on the Alma-Ata forecasting range] (pp. 41–47). Alma-Ata: Nauka Publ., (In Russ.).
14. Frolova, A.G., Berezina, A.V., Shukurova, R., Sokolova, N.P., Gessel, M.O., Kuchkarov, K.I., Moldobekova, S., Pershina, E.V., Afonina, L.R., Neverova, N.P., Proskurina, L.P., Bekturganova, B.B., Proskurina, A.V., Dalebaeva, Zh., Dosaibekova, S.K., Kholikova, M.A., & Zoirov, F.F. (2019). The catalog of earthquakes of Central Asia for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
15. S RAS, Bulletin of Teleseismic Stations. (2019). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013/
16. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
17. Ekström, G., Nettles, M., & Dziewoński, A.M. (2012). The global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 200, 1-9.
18. Frolova, A.G., Gessel, M.O., Artemova, E.V., & Lukash, N.A. (2019). Macroseismic effect of notable earthquakes in settlements of Central Asia in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
19. Vvedenskaia, A.V. (1956). [Definition of fields of shifts at earthquakes by means of the theory of dislocations]. *Izv. AN TSSR* [Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Physical & Technical, Chemical & Geological Sciences], 3, 34–47. (In Russ.).
20. Suetsugu, D. (1998). *Practice on source mechanism*. IISSE Lecture note, Tsukuba, Japan.
21. Reasenber, P.A. (1985). FPFIT, FPLOT, and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions. *US Geol. Surv. Open-File Rep.*, 85–739.
22. Muraliev, A.M., Maldybaeva, M.B., Abdyaeva, B.S., Dosaibekova, S., Kuchkarov, K.I., Kholikova, M.A., & Zoirov, F.F. (2019). The catalog of mechanisms of the earthquakes sources of Central Asia for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
23. *Macroseismic inspection of the epicentral zone of the earthquake 28.01.2013*. (2013). Funds of the Seismological skilled and methodical expedition of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. Almaty.
24. Usmanova, M.T., Djuraev, A., Frolova, A.G., Nurmatov, U.A., Ikramova, D.A., & Sattarova, A.M. (2019). Tuyabuguz earthquake on May 25, 2013 with $K_p=14.1$, $MS=5.2$, $I_0=7$ (Tashkent district, Uzbekistan). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 397–408. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.35
25. Usmanova M.T., Djuraev, A., Shermatov M.Sh., Frolova, A.G., & Sattarova, A.M. (2019). Marjanbulak earthquake on May 25, 2013 with $K_p=14.1$, $MS=5.2$, $I_0=7$ (Djizakh district, Uzbekistan). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 409–420. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.36