

## СРЕДНЯЯ АЗИЯ и КАЗАХСТАН:

УДК 550.348. (574+575.1+575.2)

### ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ

**К.Е. Абдрахматов<sup>1</sup>, А.Г. Фролова<sup>1</sup>, А.М. Муралиев<sup>1</sup>, А.В. Берёзина<sup>1</sup>, Р. Шукурова<sup>1</sup>,  
Р.С. Михайлова<sup>4</sup>, В.В. Гребенникова<sup>1</sup>, М.О. Гессель<sup>2</sup>, М.Т. Тулаганова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт сейсмологии НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек, [kis@mail.elcat.kg](mailto:kis@mail.elcat.kg)

<sup>2</sup>Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Алматы, [m\\_gessel@mail.ru](mailto:m_gessel@mail.ru)

<sup>3</sup>Институт сейсмологии АН Республики Узбекистан, г. Ташкент, [complex@uzsci.net](mailto:complex@uzsci.net)

<sup>4</sup>Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, [raisa@gras.ru](mailto:raisa@gras.ru)

**Система наблюдений.** В 2011 г. непрерывная регистрация землетрясений на территории Центральной Азии, как и прежде [1, 2], проводилась сетью сейсмических станций трех государств: Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана. Сеть Кыргызстана состояла из 26 сейсмических станций: одной аналоговой, 15 цифровых Института сейсмологии Национальной Академии наук и 10 цифровых телеметрических станций Научной Станции Российской Академии наук [3].

На территории Республики Казахстан работали 35 цифровых станций Сейсмологической Опытной-методической экспедиции (СОМЭ) [4], на территории Республики Узбекистан – 20 цифровых станций Института сейсмологии Академии наук Узбекистана [5]. Схема расположения сейсмических станций Центральной Азии в 2011 г. приведена на рис. 1.

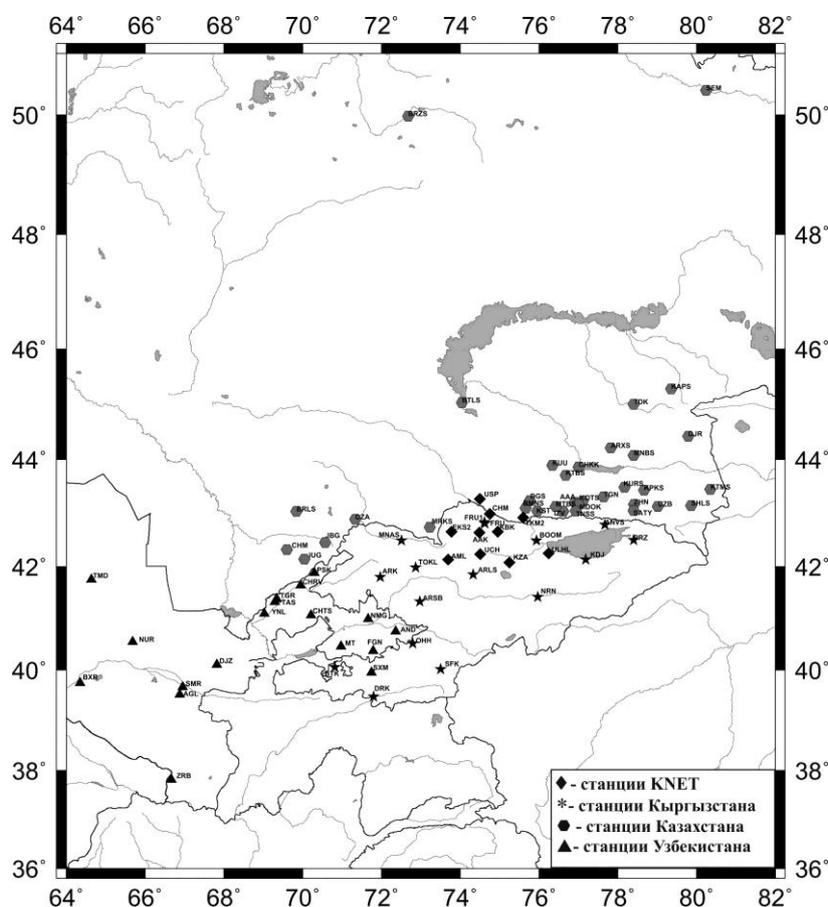


Рис. 1. Схема размещения сейсмических станций на территории Центральной Азии

**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 (№ 1), Юго-Западный (№ 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-Кашкадарьинская ( $II_4$ ) и Кызыл-Кумская ( $II_5$ ). В районе № 3 – 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*»). Основные параметры землетрясения (дата, время, координаты, глубина, класс, магнитуда) определялись на компьютерах SUN с помощью программы «*Hypoellipse*» [7], которая была адаптирована для Центральной Азии согласно утвержденным методам сбора и обработки данных.

В качестве характеристики величины землетрясения использовались энергетический класс  $K_p$  [8] и магнитуда  $MPVA$  по объемным волнам [9].

Определение механизмов очагов землетрясений выполнено по методике А.В. Введенской [10]. В качестве исходных данных использованы знаки первых вступлений  $P$ -волн, зарегистрированных региональной сетью сейсмических станций. Решение механизма очага для каждого индивидуального землетрясения найдено с помощью компьютерных программ [11, 12].

Землетрясения регистрировались без пропусков на уровне  $K_{min} \geq 9$  почти для всей территории Центральной Азии за исключением самых окраинных северо-западных частей региона, где представительный уровень  $K_{min} = 10$  и более.

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  $K_{min} = 7$  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 погрешность определения координат эпицентров землетрясений с дополнительным привлечением некоторых станций Китая осталась, как и прежде [1, 2], в пределах  $\delta = \pm 25$  км, за исключением лишь отдельных землетрясений в окраинных частях этой зоны, для которых погрешность достигает  $\delta = \pm 50$  км.

**Каталог землетрясений** в регионе в 2011 г. содержит  $N_{\Sigma} = 219$  событий с энергетическими классами  $K_p = 8.6-14.1$  [13], что в 1.9 раза ниже числа землетрясений в 2010 г., когда их было  $N_{\Sigma} = 412$  [1].

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

**Таблица 1.** Распределение землетрясений Центральной Азии по классам  $K_p$  в 2011 г.

$K_p$	9	10	11	12	13	14	Сумма
$N(K)$	139	49	20	8	2	1	219
$\lg N$	2.143	1.690	1.301	0.903	0.301	0	

Региональные данные о величине землетрясений ( $K_p$  и  $MPVA$ ) традиционно были дополнены в *ред.* другими оценками, а именно: магнитудами  $MS$  и  $Ms$  по поверхностным волнам из бюллетеней MOS [14] и ISC [15], магнитудами  $MPSP$  и  $m_b$  по объемным волнам из тех же источников, разными локальными магнитудами  $ML$ ,  $m_b$  (BJI),  $m_b$ ,  $m_{pv}$  (NNC),  $ml$  (KNET) из [15], а также моментными магнитудами  $Mw$  и сейсмическими моментами агентств MOS [14], NEIC [15] и GCMТ [16].

Карта эпицентров зарегистрированных в 2011 г. землетрясений показана на рис. 2.

Как видим, наиболее активны центральные районы в пределах зон  $III_1$  и  $III_2$ . Заметна активность и в восточных зонах  $I_1$ ,  $I_2$  и  $III_3$ , тогда как западные зоны  $II_5$ ,  $II_3$  и  $II_4$  асейсмичны.

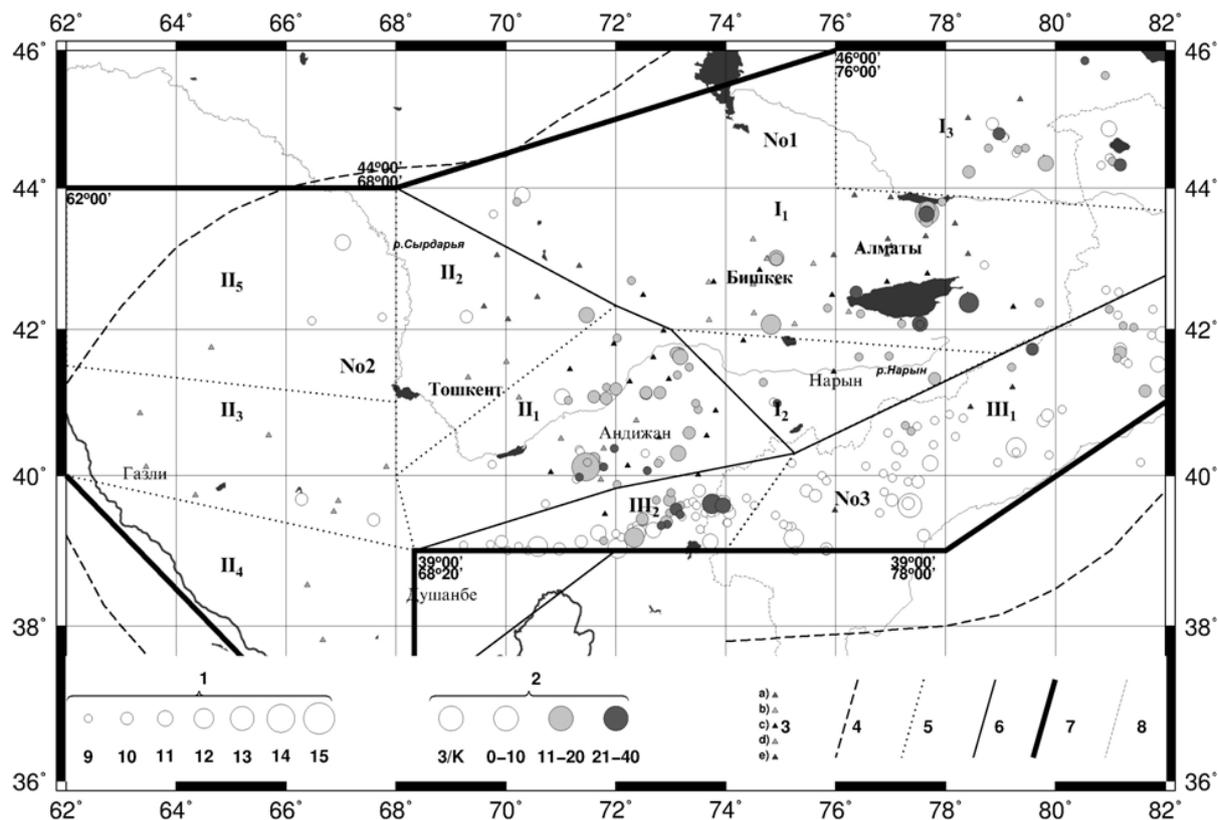


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Центральной Азии за 2011 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция: а) казахская, б) киргизская (телеметрическая сеть), с) киргизская (цифровая сеть), d) узбекская, е) китайская; 4 – изолиния  $K_{min}=8.6$ ; 5–7 – граница зоны, района, региона соответственно; 8 – граница СНГ.

График повторяемости землетрясений с  $K_p \geq 8.6$ , построенный по данным табл. 1, практически прямолинеен и имеет наклон  $|b| = 0.44$  (рис. 3).

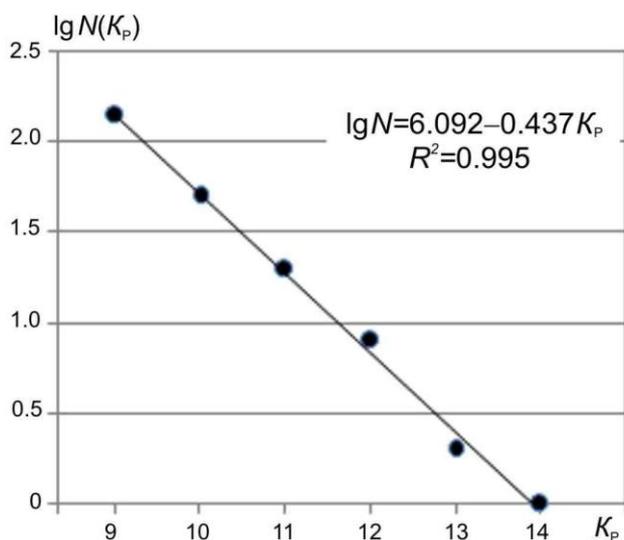


Рис. 3. График повторяемости землетрясений Центральной Азии в 2011 г.

На графике видно, что землетрясения с  $K_{min}=9$  являются представительными для всей территории Центральной Азии. Самое сильное землетрясение 2011 г. с энергетическим классом  $K_p=14.1$  зарегистрировано 19 июля в 19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> в Юго-Западном Тянь-Шане (район № 2), в его Ферганской зоне ( $\Pi_1$ ), и подробно описано в отдельной статье [17] в наст. ежегоднике.

**В дополнительные каталоги** включены сведения о макросейсмическом эффекте для 101-го землетрясения [18], координатах 80-ти сотрясенных населенных пунктов [19] и параметрах сейсмических станций Кыргызстана [3], Казахстана [4] и Узбекистана [5].

**Каталог механизмов очагов** для 43-х землетрясений региона [20] составлен с участием представителей Казахстана и Узбекистана и для 2-х землетрясений –

по данным GCMТ [16]. Кроме того, для 4-х землетрясений добавлены иные варианты решений (всего 8 решений) других агентств (GCMТ, NEIC, MOS). В табл. 2 приведены частично сведения каталога механизмов землетрясений касательно описываемых в тексте событий.

Таблица 2. Параметры механизмов очагов землетрясений за 2011 г. из [20]

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ км	$M_S$ MOS	$M_w$ GCMT	$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
							T		N		P		NP1			NP2		
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	06.02	11 04 34.3	19			9.6	86	243	2	93	2	6	278	47	94	92	43	86
2	01.05*	02 31 28.1	20	4.8	5.2	13.0	67	140	13	261	19	354	254	65	77	103	28	116
3	02.06	21 06 41.6	25			11.6	30	256	53	112	18	357	40	55	10	304	82	145
4	16.06	10 57 24.2	3			10.9	32	249	41	125	32	2	36	41	0	306	90	132
5	21.06	14 47 36.3	17	4.2		11.9	36	85	18	8	48	301	120	20	-160	11	83	-71
6	19.07*	19 35 43.9	17	6.2	6.2	14.1	68	232	13	102	17	8	76	31	61	290	63	107
7	20.08	05 31 20.2	15			11.1	38	267	46	328	18	11	315	78	138	56	49	16
8	15.09	01 50 32.6	15			10.7	66	355	10	109	21	203	312	26	115	105	67	79

Примечание. Знаком (\*) отмечены решения, не описываемые в настоящей статье.

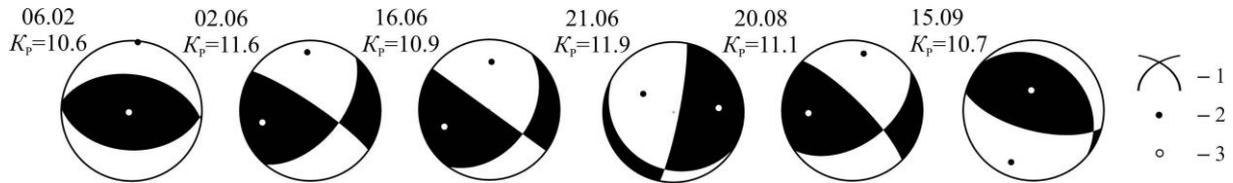


Рис. 4. Стереогаммы наиболее заметных в разных зонах землетрясений региона за 2011 г.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения; зачернены области сжатия.

Построенные по табл.2 стереогаммы даны на рис. 4.

**Сейсмичность.** Сравнение пространственного распределения эпицентров землетрясений с  $K_p \geq 8.6$  для территории Центральной Азии за 2011 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-Шанского, Южно- и Северо-Ферганского, Гиссаро-Кокшаальского высокосейсмичных глубинных разломов.

Общее число землетрясений с  $K_p \geq 8.6$  в трех крупных районах в 2011 г. составило  $N_\Sigma = 219$  с суммарной энергией  $\Sigma E = 1.306 \cdot 10^{14}$  Дж. Сейсмическая энергия рассчитывалась, исходя из самого определения энергетического класса по Т.Г. Раутиан [8]:  $K = \lg E$ , Дж. Распределение числа землетрясений по районам, энергетическим классам и суммарной сейсмической энергии за 2011 г. приведено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений разных классов  $K_p$  и их суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по районам

№	Район	$K_{min}$	$K_p$						$N_\Sigma$	$\Sigma E$ , $10^{14}$ Дж
			9	10	11	12	13	14		
1	Северо-Восточный Тянь-Шань	9	32	11	8	2	1		54	0.129
2	Юго-Западный Тянь-Шань	9	23	13	5			1	42	1.007
3	Южный Тянь-Шань	9–10	84	25	7	6	1		123	0.170
	Всего		139	49	20	8	2	1	219	1.306

В сравнении с ситуацией в 2010 г. [1], суммарное число зарегистрированных в 2011 г. землетрясений с  $K_p \geq 8.6$  почти в половину меньше (219 вместо 412), чем в 2010 г. Однако величина выделенной сейсмической энергии в 2011 г. в 2.8 раза выше энергии в 2010 г. ( $\Sigma E = 1.306 \cdot 10^{14}$  Дж вместо  $\Sigma E = 0.474 \cdot 10^{14}$  Дж), поскольку в 2010 г. не было землетрясений выше 13-го класса (табл. 4).

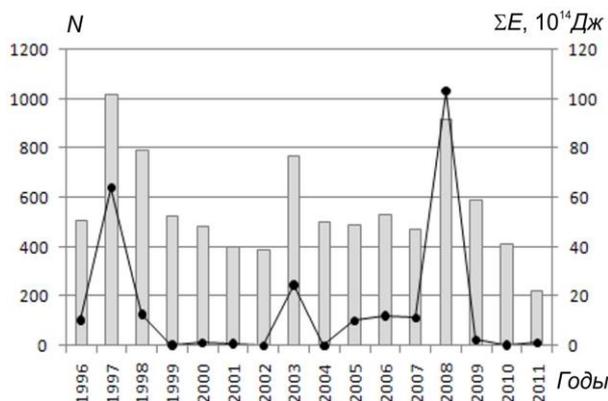
Как видно из табл. 4, средние значения основных характеристик уровня сейсмичности – числа землетрясений ( $N_{cp} = 584$ ) и среднего уровня выделившейся за 15 лет в очагах сейсмической энергии ( $\Sigma E_{cp} = 17.04 \cdot 10^{14}$  Дж) – выше соответствующих значений этих параметров

в 2011 г. в 2.6 и в 13 раз соответственно (табл. 4). В 2011 г. в регионе зарегистрировано минимальное за весь период количество землетрясений с  $K_p \geq 8.6$ . Для данного временного интервала особый интерес представляет легко просматриваемая 5–6-летняя повторяемость максимумов выделенной сейсмической энергии (рис. 5).

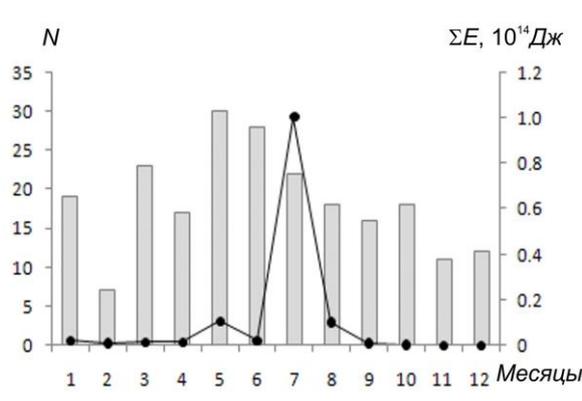
**Таблица 4.** Распределение по годам числа  $N_\Sigma$  землетрясений разных классов  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  на территории региона Центральной Азии с 1996 г. по 2011 г.

Год	$K_p$								$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{14} \text{ Дж}$
	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
Среднее	389.4	127.9	48.5	12.9	3.1	1.2	0.87	0.07	584	17.0406
2011	139	49	20	8	2	1			219	1.306

Максимальный уровень энергии землетрясений в 2011 г. соответствует  $K_p=14.1$  (рис. 6) и характеризует 8-балльное землетрясение [17], произошедшее 19 июля в 19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> в Ферганской зоне ( $\Pi_1$ ), на границе Кыргызстана с Узбекистаном. Два 6-балльных землетрясения произошли, соответственно, 1 мая в 02<sup>h</sup>31<sup>m</sup> с  $K_p=13$  в Северо-Тянь-Шанской зоне ( $I_1$ ) (Северо-Восточный Тянь-Шань) и 11 августа в 10<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=12.7$  в Кокшаальско-Кашгарской зоне ( $\Pi_1$ ) (на территории Китая).



**Рис. 5.** Распределение числа землетрясений  $N_\Sigma$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по годам



**Рис. 6.** Распределение числа землетрясений  $N$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по месяцам за 2011 г.

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

**Район № 1 – Северо-Восточный Тянь-Шань**, разделен на три зоны: Северный Тянь-Шань ( $I_1$ ), Срединный Тянь-Шань ( $I_2$ ) и Джунгарию ( $I_3$ ) (рис. 2). Самой невыразительной по плотности эпицентров является зона ( $I_2$ ), в которой землетрясения с  $K_p \geq 8.6$  зарегистрированы лишь в долине р. Нарын. Всего их четыре, в направлении с запада на восток: 13 марта в 13<sup>h</sup>25<sup>m</sup> с  $K_p=8.9$ , 26 августа в 22<sup>h</sup>36<sup>m</sup> с  $K_p=9.4$ , 26 марта в 23<sup>h</sup>12<sup>m</sup> с  $K_p=8.7$  и самое крайнее в этой цепочке,

оно же самое сильное, – 6 февраля в 11<sup>h</sup>04<sup>m</sup> с  $K_p=9.6$ . Для последнего из них в каталоге механизмов [20] есть решение, согласно которому в его очаге преобладали горизонтальные ( $PL_p=2^\circ$ ) напряжения сжатия  $P$  близмеридиональной ( $AZM=6^\circ$ ) ориентации (табл. 2). В результате по обеим нодальным плоскостям широтного простирания произошел чистый взброс (рис. 4).

Более активно проявилась сейсмичность в зоне ( $I_3$ ) в виде двух сгущений эпицентров на западе (в Джунгарии) и на востоке (уже на территории Китая). Максимальным в Джунгарии явилось землетрясение 15 сентября в 01<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $K_p=10.7$ , а за пределами границы – 1 марта в 00<sup>h</sup>21<sup>m</sup> с  $K_p=10.6$ , т.е. на обеих площадках отмечены почти равные максимумы энергетического уровня. В очаге землетрясения 15 сентября преобладали напряжения сжатия юг–юго-западной ориентации (табл. 2). Движение по более крутой ( $DP_2=67^\circ$ ) плоскости  $NP2$  – почти чистый взброс, по пологой ( $DP_1=26^\circ$ ) плоскости  $NP1$  – надвиг (рис. 4).

Основное же эпицентральное поле района № 1 находится, безусловно, в южной половине зоны ( $I_1$ ), располагаясь вокруг оз. Иссык-Куль, южнее и севернее Бишкека и северо-восточнее Алматы. Вблизи оз. Иссык-Куль отметим землетрясение 2 июня в 21<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=11.6$ , локализованное на востоке. Согласно табл. 2, в его очаге незначительно преобладают напряжения сжатия северной ( $AZM=357^\circ$ ) ориентации (табл. 2). По обоим диагональным нодальным плоскостям произошли сдвиги, левосторонний по  $NP1$  и правосторонний – по  $NP2$ , с элементами взброса (рис. 4).

Такой же величины ( $K_p=11.6$ ) землетрясение зарегистрировано южнее Бишкека (9 апреля в 12<sup>h</sup>30<sup>m</sup>). Однако самым сильным событием в этой зоне и в районе № 1 явилось упомянутое выше 6-балльное землетрясение 1 мая в 02<sup>h</sup>31<sup>m</sup> с  $K_p=12.6$  на южном побережье Капчагайского водохранилища, получившее название Капчагайского. По данным СОМЭ РК, интенсивность сотрясений грунта в эпицентральной зоне в населенных пунктах Экпенди (8 км), Казотком (8 км) составила 6 баллов по шкале MSK-64 [21], в Алматы – 4 балла. За ним последовала интенсивная серия афтершоков [22], жители Алматы пережидали их вне жилых помещений. Оно детально описано в отдельной статье наст. ежегодника [23] вместе с механизмом его очага из [20]. Территория севернее Алматы практически асейсмична.

Суммарное число землетрясений в районе № 1, равное  $N_\Sigma=54$ , в 2.1 раза ниже числа землетрясений ( $N_\Sigma=114$ ) в 2010 г. Однако уровень сейсмической энергии, равный  $\Sigma E=0.129 \cdot 10^{14}$  Дж, лишь чуть ниже соответствующего уровня  $\Sigma E=0.138 \cdot 10^{14}$  Дж в 2010 г. Если сравнить показатели числа землетрясений и суммарной энергии в 2011 г. со средними их значениями за 15 лет (табл. 5), то число землетрясений в 2011 г. в 1.6 раз ниже ( $N_\Sigma=54$  вместо  $N_\Sigma=89$ ), а высвобожденная энергия – ниже в 19 раз.

**Таблица 5.** Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  в Северо-Восточном Тянь-Шане (№ 1) за 1996–2011 гг.

Год	$K_p$								$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{14}$ Дж
	9	10	11	12	13	14	15	16		
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
Среднее	61.6	18.47	5.87	2.13	0.93	0.33	0.20		89	2.456
2011	32	11	8	2	1				54	0.1294

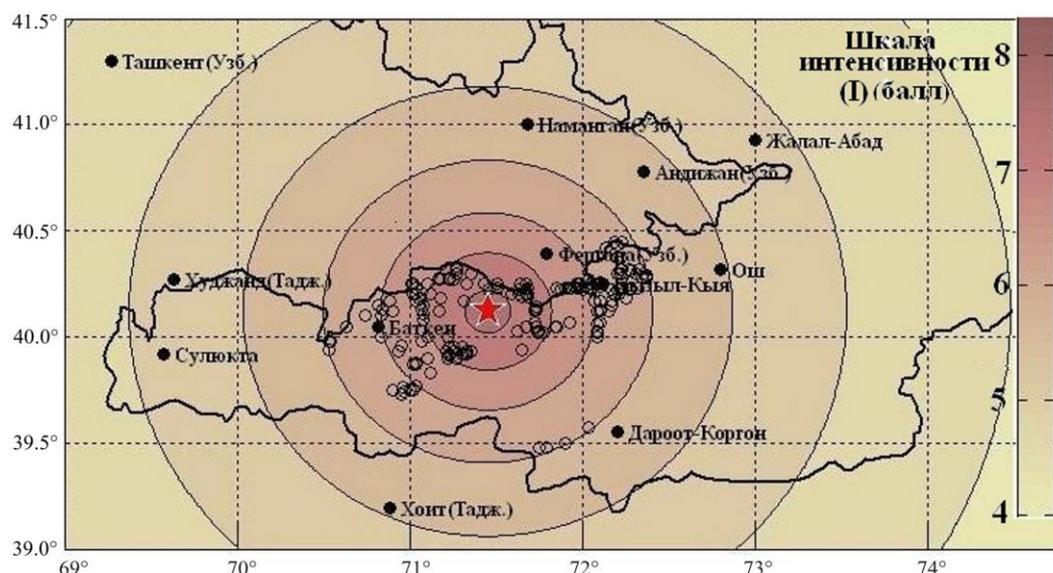
В целом в Северо-Восточном Тянь-Шане наблюдалось понижение уровня сейсмической активности по сравнению с таковым в 2010 г. [1].

**В Юго-Западном Тянь-Шане (№ 2)**, согласно карте эпицентров землетрясений с  $K_p \geq 8.6$  на рис. 2, в четырех его западных зонах очень низкий уровень сейсмической активности, т.к. в зоне (II<sub>4</sub>) нет ни одного эпицентра, в зонах (II<sub>2</sub>) и (II<sub>3</sub>) лишь по два эпицентра и в зоне (II<sub>5</sub>) – три эпицентра. Конкретно в Приташкентско-Чимкентско-Каратауской зоне (II<sub>2</sub>) максимальным было землетрясение 20 августа в 05<sup>h</sup>31<sup>m</sup> с  $K_p=11.1$ . Для землетрясения 20 августа в каталоге механизмов [20] имеется решение, приведенное в табл. 2 и на стереограмме (рис. 4). Напряжения сжатия в его очаге северной ( $AZM=11^\circ$ ) ориентации, угол с горизонтом равен  $PL_p=18^\circ$ ; напряжения растяжения под несколько большим углом ( $PL_r=38^\circ$ ) ориентированы широтно ( $AZM=267^\circ$ ) (табл. 2). Такая система напряжений вызвала по обеим нодальным плоскостям сдвиги: правосторонний сдвиг произошел по крутой ( $DP_1=78^\circ$ ) плоскости  $NP1$ , левосторонний – по более пологой ( $DP_2=49^\circ$ ) плоскости  $NP2$ , но с заметными компонентами взброса. Макросейсмических данных по этому землетрясению нет.

В Самаркандско-Газлийской зоне (II<sub>3</sub>), на ее юго-востоке, были зарегистрированы два землетрясения 10-го класса: 4 июля в 06<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $K_p=9.6$  и 26 августа в 14<sup>h</sup>37<sup>m</sup> с  $K_p=9.8$ . В Сурхандарьинско-Кашкадарьинской зоне (II<sub>4</sub>) в 2011 г. не зарегистрировано ни одного землетрясения с  $K_p \geq 8.6$ . В Кызыл-Кумской зоне (II<sub>5</sub>) в течение года было всего три толчка: один произошел 16 июня в 10<sup>h</sup>57<sup>m</sup> с  $K_p=10.9$  и два, с  $K_p=8.8$  и 9.4, зарегистрированы 16 апреля в 02<sup>h</sup>06<sup>m</sup> и 2 мая в 07<sup>h</sup>42<sup>m</sup> соответственно. Для землетрясения 16 июня в [20] есть решение механизма очага, согласно которому напряжения сжатия и растяжения равновелики, т.к. имеют равные углы с горизонтом –  $PL_p=PL_r=32^\circ$ . Подвижка по вертикальной плоскости  $NP2$  – сдвиг правосторонний, по наклонной  $NP1$  – левосторонний.

Максимальный уровень сейсмической активности, как и ранее [1, 2], наблюдался в Ферганской зоне (II<sub>1</sub>), в ее восточной и северо-восточной частях. Именно здесь, к юго-западу от Андижана, 19 июля в 19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> произошло упомянутое выше самое сильное в регионе землетрясение года с энергетическим классом  $K_p=14.1$ . Глубина  $h_p$  землетрясения по фазе  $pP$  равна 19 км. Оно ощущалось в населенных пунктах Советский (13 км), Алга (13 км), Халмион (17 км) и др. с интенсивностью 8 баллов и сопровождалось афтершоками [13]. Этому землетрясению, названному Канским, в наст. ежегоднике посвящена отдельная статья [17], где описано, в том числе, и решение его механизма по [20].

Для него авторами произведен расчет значений возможных сотрясений в ближайших населенных пунктах (рис. 7, табл. 6,) на основе метода оперативного определения интенсивности сотрясений, прежде всего, для МЧС, предложенного в работах [24, 25].



**Рис. 7.** Карта расположения эпицентра (звездочка) Канского землетрясения 19 июля 2011 г. в 19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> с  $\varphi=40.12^\circ N$ ,  $\lambda=71.45^\circ E$ ,  $MPVA=6.5$ ,  $K_p=14.1$ ,  $h=17$  км,  $I_0=8$  баллов [13] и расчетных круговых изосейст

**Таблица 6.** Макросейсмические сведения (расчетные и наблюдаемые) о Канском землетрясении 19 июля 2011 г. в 19<sup>h</sup>35<sup>m</sup> для пунктов высоких баллов

Населенные пункты	Область	Район	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$r, км$	$I_{расч}$	$I_{набл}$
Адыр	Баткенская	Кадамжайский	40.22	71.45	11.1	7.5	
Советский	Баткенская	Кадамжайский	40.17	71.31	12.88	7.5	8.5
Алга	Баткенская	Кадамжайский	40.23	71.5	12.9	7.5	8
Халмион	Баткенская	Кадамжайский	40.2	71.63	17.38	7.4	8
Орозбеково	Баткенская	Кадамжайский	40.05	71.67	19.84	7.3	8
Кыргыз-Кыштак	Баткенская	Кадамжайский	40.3	71.35	21.64	7.2	7
г. Кадамжай	Баткенская	Кадамжайский	40.12	71.72	22.41	7.2	7
Чал-Таш	Баткенская	Кадамжайский	40.14	71.73	23.35	7.2	
г. Айдаркен	Баткенская	Кадамжайский	39.93	71.33	23.32	7.2	7
Кызыл-Булак	Баткенская	Кадамжайский	40.05	71.73	24.5	7.2	
Ормош	Баткенская	Кадамжайский	39.93	71.25	26.84	7.1	7
Джаны-Джер	Баткенская	Кадамжайский	40.27	71.17	28.59	7.1	7
Боз-Адыр	Баткенская	Баткенский	39.98	71.07	35.16	6.9	7
Таян	Баткенская	Баткенский	39.9	71.1	37.95	6.8	7
Марказ	Баткенская	Кадамжайский	40.23	71.9	39.3	6.8	7

Сравнение наблюдаемых значений интенсивности сотрясений с расчетными в двух последних столбцах таблицы свидетельствует о неплохом их согласии. Следовательно, такой расчет, особенно вскоре после землетрясения, является хорошим инструментом оперативной оценки возможной неблагоприятной ситуации на местах и быстрого и адекватного реагирования служб МЧС.

Для построения расчетной карты сейсмических изосейст и таблицы использована заложенная в методику база макросейсмических данных и точных координат населенных пунктов только Киргизии [24]. Создание подобной базы данных для соседних государств и внедрение метода в практику сейсмической службы позволило бы получать достаточно обоснованную оперативную информацию об интенсивности возможных сотрясений для приграничных районов и для всего региона в целом.

В целом по району № 2 наблюдалось понижение количества землетрясений до  $N_\Sigma=42$ , но повышение уровня выделенной сейсмической энергии до  $\Sigma E=1.007 \cdot 10^{14}$  Дж относительно таковых ( $N_\Sigma=89$ ,  $\Sigma E=0.031 \cdot 10^{14}$  Дж) в 2010 г. [1]. По сравнению со средними значениями этих параметров за предыдущие 15 лет (табл. 7), равными  $N_{ср}=120.6$  и  $\Sigma E_{ср}=0.883 \cdot 10^{14}$  Дж, в 2011 г. произошло понижение количества землетрясений, но значительное повышение выделенной суммарной сейсмической энергии.

**Таблица 7.** Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  в Юго-Западном Тянь-Шане (№ 2) за 1996–2011 гг.

Год	$K_p$								$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{14} Дж$
	9	10	11	12	13	14	15	16		
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

Год	$K_p$								$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{14} \text{ Дж}$
	9	10	11	12	13	14	15	16		
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
Среднее	85.6	24.4	8.07	1.8	0.53	0.13	0.07		120.6	0.8827
2011	22	14	5			1			42	1.007

**Южный Тянь-Шань (район № 3)**, связанный с системой Гиссаро-Кокшаальского глубинного разлома на границе Кыргызстана с Таджикистаном и широкой полосой эпицентров в системе хребтов Кунь-Луны на границе Кыргызстана с Китаем, традиционно активен. Однако и здесь наблюдалось значительное понижение как суммарного числа землетрясений (123 вместо 209), так и уровня выделенной сейсмической энергии ( $0.170 \cdot 10^{14} \text{ Дж}$  вместо  $0.305 \cdot 10^{14} \text{ Дж}$ ) в 2011 г. и 2010 г. соответственно (табл. 8).

**Таблица 8.** Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  в Южном Тянь-Шане (№ 3) за 1996–2011 гг.

Год	$K_p$								$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{14} \text{ Дж}$
	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
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
Среднее	241.67	85.0	34.47	8.93	1.67	0.73	0.6	0.07	373	13.7014
2011	84	25	7	6	1				123	0.170

В 2011 г. отмечено одно достаточно сильное землетрясение в Кокшаальско-Кашгарской зоне ( $\text{III}_1$ ). Оно произошло 13 февраля в  $19^{\text{h}}12^{\text{m}}$  с  $K_p=12.0$  на границе Кыргызстана и КНР и является поздним афтершоком Нурина землетрясения 05.10.2008 г. [26], т.е. мощная серия его афтершоков [27] еще продолжается. По расчетным данным [24, 25], оно могло ощущаться в Нуре (10 км) и Кёк-Суу (11 км) с интенсивностью 3.5 балла. Однако подтверждения расчетных сотрясений отсутствуют. Всего поздних афтершоков в годовом каталоге за 2011 г. [13] выявлено 16.

В Алайско-Гармской зоне ( $\text{III}_2$ ) зарегистрировано 3 землетрясения выше 12-го класса. Землетрясение 19 января в  $03^{\text{h}}47^{\text{m}}$  с  $K_p=12.5$ , произошедшее на границе Кыргызстана и Таджикистана, по неподтвержденным расчетным данным [24, 25] могло ощущаться в селах Карамык (54 км) и Дараут-Курган (60 км) с интенсивностью 3 балла. Землетрясение 13 февраля в  $19^{\text{h}}12^{\text{m}}$  с  $K_p=12.0$  с эпицентром на границе Кыргызстана и Китая, согласно [24, 25], по неподтвержденным данным могло ощущаться в селах Нура (10 км) и Кёк-Суу (11 км) с интенсивностью 3.5 балла. Землетрясение 21 июня в  $14^{\text{h}}47^{\text{m}}$  с  $K_p=11.9$ , произошедшее на границе Кыргызстана и Таджикистана, также могло ощущаться [24, 26]. В его очаге несколько преобладают напряжения растяжения (табл. 2). В результате по крутой ( $DP_2=83^\circ$ ) плоскости  $NP_2$  близмеридионального ( $STK_2=11^\circ$ ) простирания подвижка типа сброс с незначительными компонентами левостороннего сдвига, по другой – подвиг (рис. 4).

Рассматривая сейсмический процесс в целом, можно отметить, что в 2011 г. в регионе зарегистрировано самое минимальное количество землетрясений с  $K_p \geq 8.6$  за предыдущие 15 лет наблюдений. По сравнению с ситуацией в 2010 г. [1], понизилась и выделенная сейсмическая энергия в районах Северо-Восточного (№ 1) и Южного (№ 3) Тянь-Шаня. В Юго-Западном Тянь-Шане (№ 2) некоторое повышение уровня выделенной сейсмической энергии относительно такого в 2010 г. произошло за счет Канского землетрясения с  $K_p=14.1$ . 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. **Муралиев А.М., Джанузаков К.Д., Шукурова Р., Гессель М.О., Тулаганова М.Т.** Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016 – С. 127–136.
2. **Джанузаков К.Д., Муралиев А.М., Шукурова Р., Калмыкова Н.А., Холикова М.А.** Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015 – С. 107–113.
3. **Берёзина А.В. (отв. сост.).** Сейсмические станции Института сейсмологии НАН Кыргызской Республики в 2011г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
4. **Гессель М.О., Неверова Н.П. (СОМЭ МОН РК) (сост.).** Сейсмические станции Сейсмологической опытно-методической экспедиции Министерства образования и науки Республики Казахстан в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
5. **Ибрагимов А. (сост.).** Сейсмические станции Института сейсмологии АН Республики Узбекистан в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – 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. **Lahr J.C.** HYPOELLIPSE. A computer program for determining local earthquakes hypocentral parameters, magnitude, and first motion pattern. – U.S.G.S. Open-FileReport.
8. **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.
9. **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.
10. **Введенская А.В.** Определение полей смещений при землетрясениях с помощью теории дислокаций // Изв. АН СССР. Сер. геофизическая. – 1956. – № 3. – С. 34–47.
11. **Suetsugu D.** Source Mechanism. – IISSE, Tsukuba, Japan, 1998. – 103 p.
12. **Reasenberг P.A. and Oppenheimer D.** FPFIT, FPLOT and FPPAGE:Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions // Open-file report 85–739. – Menlo Park, California, 1985. – 109 p.
13. **Фролова А.Г. (по региону), Шукурова Р. (по региону), Берёзина А.В. (по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Гессель М.О. (Казахстан), Тулаганова М.Т. (Узбекистан) (отв. сост.), Молдобекова С., Першина Е.В., Афонина Л.Р., Неверова Н.П., Бектурганова Б.Б., Содикова Н.М., Кучкарова К.И. (сост.).** Каталог землетрясений Центральной Азии за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
14. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год /** Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2011](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2011).
15. **International Seismological Centre (ISC),** On-line Bulletin, Internat. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
16. **Global CMT Catalog Search** – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
17. **Камчыбеков М.П., Усманова М.Т., Фролова А.Г., Джураев А., Егембердыева К.А., Нурматов У.А., Камчыбеков Ы.П., Чаримов Т.А.** Канское землетрясение 19 июля 2011 г. с  $K_p=14.1$ ,  $M_S=6.2$ ,  $I_0=8-9$  (Кыргызстан–Узбекистан) // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 379–391.

18. **Фролова А.Г., Гребенникова В.В., Артёмова Е.В. (сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Центральной Азии в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
19. **Фролова А.Г., Гребенникова В.В., Артёмова Е.В. (сост.).** Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Центральной Азии за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
20. **Муралиев А.М. (отв. сост.), Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С., Полешко Н.Н., Досайбекова С.К., Калмыкова Н.А., Холикова М.А. (сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
21. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
22. **Неверова Н.П. (сост.).** Афтершоки Капчагайского землетрясения 1 мая 2011 г. с  $K_p=13.1$ ,  $M_w=5.2$ ,  $I_0=6$  // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
23. **Михайлова Н.Н., Полешко Н.Н.** Капчагайское землетрясение 1 мая 2011 г. с  $K_p=13.1$ ,  $M_w=5.2$ ,  $I_0=6$  (Казахстан) // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 359–369.
24. **Гребенникова В.В., Миркин Е.Л.** База Данных (БД) "SEISMIC INTENSITY" Кыргызпатент. Авторское свидетельство № 25 от 17 июня 2015 г.
25. **Миркин Е.Л., Гребенникова В.В.** Программа "SEISMICINTENSITY" Кыргызпатент: Авторское свидетельство № 369 от 17 июня 2015 г.
26. **Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Ормуков Ч.** Землетрясение Нура 5 октября 2008 г. с  $K_p=15.4$ ,  $M_w=6.7$ ,  $I_0=8$  (Кыргызстан) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 408–416.
27. **Фролова А.Г., Берёзина А.В., Молдобекова С., Першина Е.В. (отв. сост.).** Афтершоки землетрясения Нура 5 октября 2008 г. с  $K_p=15.4$ ,  $M_w=6.7$ ,  $I_0=8$  (Кыргызстан) за 2008–2010 гг. с  $K_p=5.7–14.5$ . // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – (На CD).