

ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева¹, Р.С. Михайлова², Л.И. Рислинг¹¹Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии,
г. Душанбе, anton_ulubiev@mail.ru²Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gstras.ru

В течение 2001 г. комплексные сейсмические наблюдения проводились, как и в 2000 г. [1], на 18 сейсмических станциях Таджикистана (табл. 1), из которых стабильно, без пропусков, работали всего три: «Душанбе», «Джерино», «Гиссар». Остальные 15 имели перерывы в регистрации различной продолжительности: «Гезан» – 15 дней (с 21 июля по 4 августа), «Султанабад» – 17 дней (с 26 октября по 11 ноября), «Игрон» – 25 дней (с 16 ноября по 10 декабря). С 14 июня по 1 сентября не работала станция «Нурек», «Богизагон» – с 17 февраля по 2 марта, 8–20 июля и 5–14 декабря. С 18 февраля по 24 апреля отсутствуют материалы наблюдений со станции «Шаартуз». С 3 мая по 10 июня и с 27 июня до конца года не было данных со станции «Офтобруй». Станция «Ленинабад» бездействовала 17–30 июня, 2–4 августа и 6–10 октября. Пропуски в регистрации землетрясений на сейсмической станции «Ура-Тюбе» составляют в феврале и мае по 5 дней (2–6 февраля и 11–15 мая) и 15 дней в августе (3–17). Станция «Рогун» функционировала всего 20 дней (с 28 мая по 7 июня и с 23 по 31 августа), а «Жангурт» – 14 дней (с 21 сентября по 4 октября). Станция «Обигарм» проработала всего 3 дня в январе (23–25), 5 дней в марте (1–5), 11 дней в апреле (1–3 и 23–30), 19 дней в мае (1–14 и 27–31), 6 дней в июне (1–6), 12 дней в июле (13–25) и 5 дней в августе (1-го и с 4–7). Со станции «Аккуйли» имеются сейсмограммы только до 14 марта, а со станции «Комароу» – с 1 мая по 10 июня, 21–30 июня, 1–10 октября. Всего один месяц январь, после долгого перерыва (с 31 июля 1994 г.) проработала опорная сейсмическая станция «Хорог».

Таблица 1. Сейсмические станции Таджикистана, работавшие в 2001 г., и их параметры

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура			
	Название	Код межд. рег.	открытия	закрытия	φ° , N	λ° , E	h , м	Тип прибора	Компо- нента	V_{\max}	ΔT_{\max} , с
1	Душанбе	DSH Дшн	03.04.1940		38.567	68.767	815	СКМ СКМ КПЧ СК СК КПЧ	N, E, Z N, E, Z Z Z	10000 400 1500 200	1.0–1.6 1.0–1.6 0.4–10 0.3–9.6
2	Обигарм	OBG Обг	1945 02.10.1993 01.01.1999	02.08.1994	38.717	69.717	1500	СКМ-3	N, E, Z	15000	0.02–1.3
3	Хорог	KHO Хрг	04.01.1951 01.01.2001	31.07.1994	37.483	71.567	2400	СК	N, E, Z	1000	0.4–12
4	Гиссар	GIS Гис	03.05.1955		38.467	68.550	770	СКМ-3	N, E, Z	10000	0.02–1.3
5	Нурек (Лангар)	LNA Лнг	21.02.1964 01.06.1997	21.01.1996	38.400	69.350	760	СКМ-3	N, E, Z	10000	0.02–1.3
6	Джерино	DZE Джр	07.06.1964		38.800	68.833	1200	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.2
7	Богизагон	BGG Бгз	25.11.1964		38.483	69.817	1210	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.3
8	Шаартуз	SHT Шрт	24.09.1966		37.533	68.117	440	СКМ-3	N, E, Z	30000	0.02–1.1
9	Аккуйли	AKL Акл	12.06.1968		38.450	68.617	710	СМ-3	N, E, Z	15000	0.02–1.1
10	Ура-Тюбе	URT Урт	30.08.1970 01.10.1995	01.08.1995	39.850	69.00	1240	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.2
11	Рогун	RGN Ргн	11.10.1966 02.01.1974 01.08.1985	21.04.1968 31.07.1985	38.717 38.683	69.783 69.717	1000 1730	СМ-3	N, E, Z	5000	0.02–0.8

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура				
	Название	Код межд. рег.	открытия	закрытия	φ°, N	λ°, E	$h, м$	Тип прибора	Комп-нента	V_{max}	$\Delta T_{max}, c$	
12	Игрон	IGR	Игр	01.01.1975 26.09.1995	01.08.1995	38.217	69.333	1200	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.0
13	Комароу	KMR	Кмр	21.01.1976 00.04.2000 01.05.2000	24.01.1995 00.06.2000 10.06.2000	39.083	70.200	1320	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.2
14	Кангурт	KNG	Кнг	28.04.1976 16.09.1997 01.01.1998	30.04.1995 15.10.1997	38.250	69.517	520	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.2
15	Гезан	GZN	Гзн	01.12.1980		39.267	67.700	1560	СКМ-3	N, E, Z	30000	0.02–1.2
16	Ленинабад	LNB	Лнб	09.02.1983 08.01.1997	01.09.1996	40.283	69.617	350	СМ-3	N, E, Z	1000	0.02–1.0
17	Офтобруй	OHT	Офт	14.07.1983 01.08.1995	21.01.1995	40.167	70.667	840	СКМ-3	N, E, Z	15000	0.04–1.3
18	Султанабад	SLT	Слт	14.01.1984		38.433	68.917	1150	СМ-3	N, E, Z	2000	0.2–0.9

Кроме указанных станций, в очаговой зоне Фархорского землетрясения 30.10.2000 г. [2] была введена в эксплуатацию временная эпицентральной сейсмической станция «Фархор» (табл. 2), расположенная в 15 км западнее г. Куляба. Она проработала с 21 февраля до 22 октября 2001 г. с перерывом с 9 июня по 23 сентября (табл. 2) и была оборудована стандартным комплектом аппаратуры СМ-3 + ГБ-4. Все сейсмические станции и их коды изображены на рис. 1.

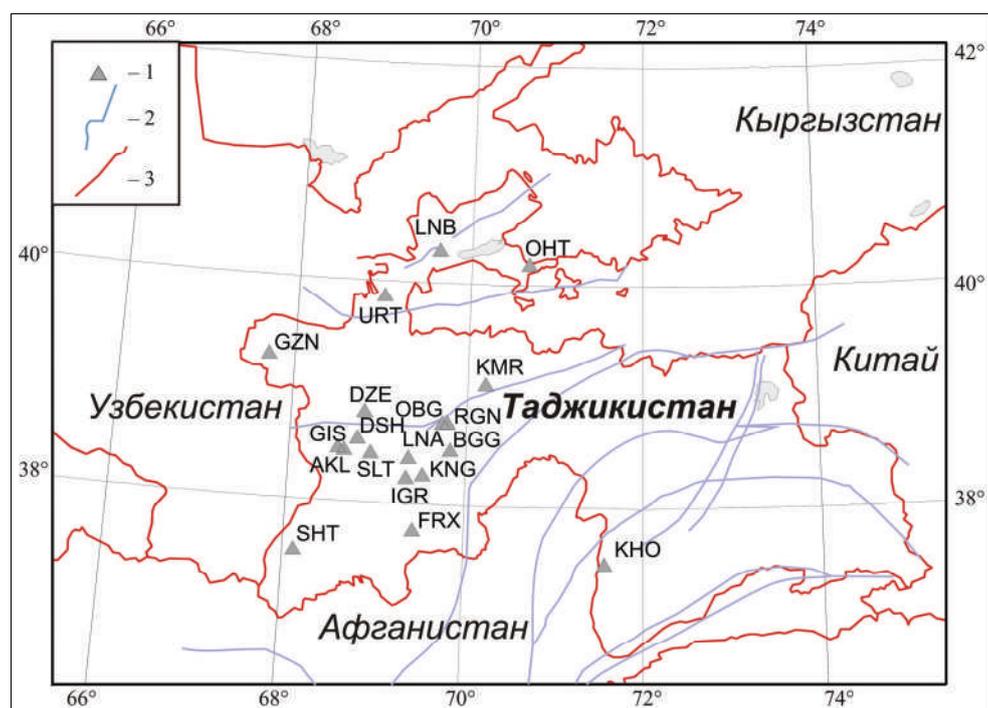


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Таджикистана в 2001 г.

Таблица 2. Период работы и параметры эпицентральной станции «Фархор»

№	Станция	Дата		Координаты			Аппаратура			
		открытия	закрытия	φ°, N	λ°, E	$h, м$	Тип прибора	Комп-нента	V_{max}	$\Delta T_{max}, c$
	Фархор (FRX)	21.02.2001 24.09.2001	08.06.2001 22.10.2001	37.750	69.433	480	СМ-3	N, E, Z	5000	0.2–0.9

В 2001 г. границы исследуемой территории и схема сейсмоактивных зон Таджикистана, по сравнению с таковыми в 2000 г. [1], не изменились (рис. 2). Методика обработки землетрясений осталась прежней [3–5]. Оценка точности определения координат эпицентров проводилась в соответствии с [6–7].

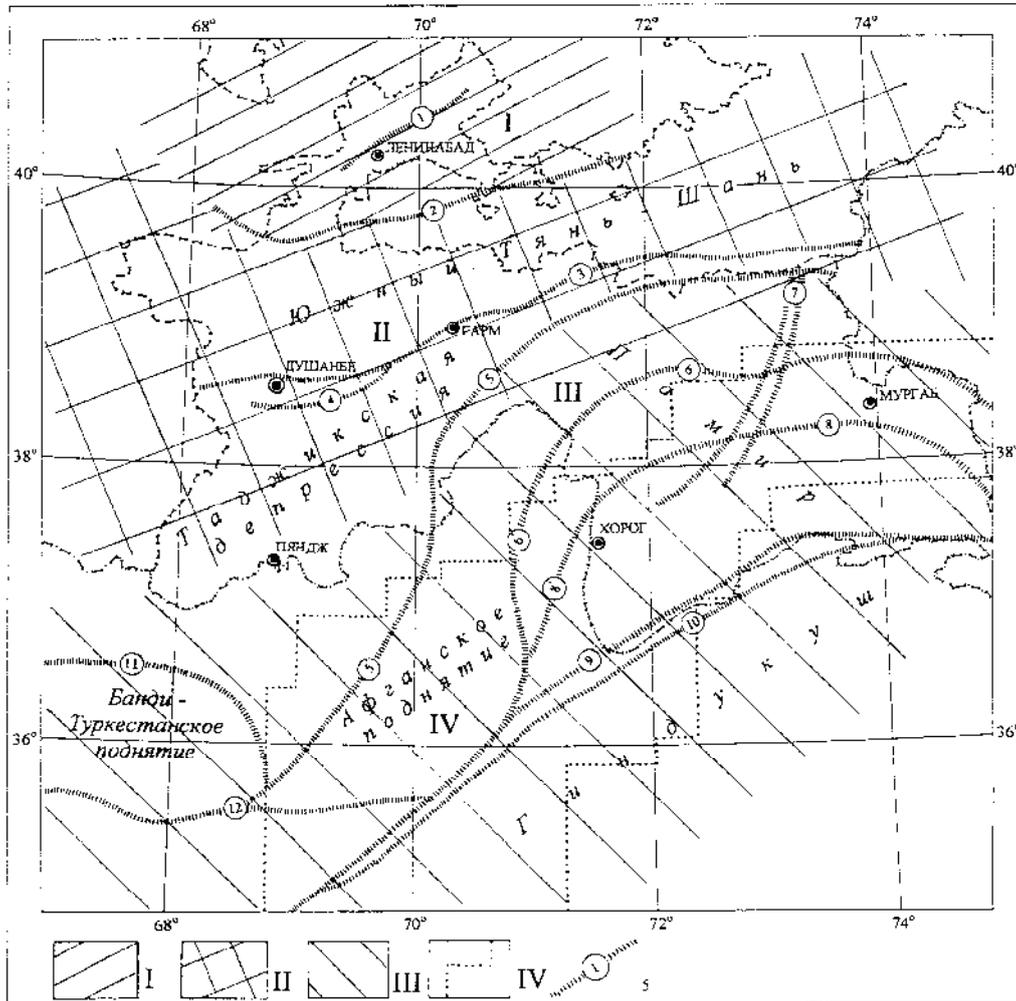


Рис. 2. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и глубинные разломы

I–IV – сейсмоактивные зоны: Юго-Западный Тянь-Шань, Южный Тянь-Шань, Памиро-Гиндукуш (коровые), Памиро-Гиндукуш (глубокие) соответственно; 5 – главнейшие глубинные разломы территории Таджикистана и Северного Афганистана по [8]: 1 – Северо-Ферганский; 2 – Заамин-Хайдараканский; 3 – Южно-Гиссарский; 4 – Илякско-Вахшский; 5 – Дарваз-Заалайский; 5 – Афгано-Северо-Памирский; 6 – Ванч-Акбайтальский; 7 – Каракульско-Сарезский; 8 – Бартанг-Пшартский; 8 – Рушано-Северо-Пшартский; 9,10 – Афгано-Южно-Памирские; 11 – Альбурз-Мормульский; 12 – Андараб-Мирзавалангский.

В результате сводной обработки был составлен каталог землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана и Китая [9], содержащий 1558 землетрясений с $K_p \geq 8.6$, из них 546 мелкофокусных ($h < 70$ км) и 1012 глубокофокусных ($h \geq 70$ км) (рис. 3).

Накопленные числа землетрясений возрастающих глубин показаны на рис. 4. Минимальную глубину $h=0-1$ км имеют 33 события [9]. Наиболее сильные ($K_p \geq 11$) среди этой группы землетрясений зарегистрированы 9 февраля в 07^h23^m с $K_p=10.9$ и 23 марта в 19^h28^m с $K_p=11.0$. Максимальную глубину $h=270$ км имеют шесть событий 10-го класса (23 июля в 09^h25^m с $K_p=9.7$, 28 августа в 08^h03^m с $K_p=9.9$, 4 октября в 10^h16^m с $K_p=10.3$, 22 октября в 10^h20^m с $K_p=10.1$, 8 ноября в 11^h10^m с $K_p=9.7$, 9 декабря в 12^h20^m с $K_p=9.8$) и два события 9-го (27 июля в 07^h21^m с $K_p=8.9$, 11 сентября в 09^h00^m с $K_p=9.5$).

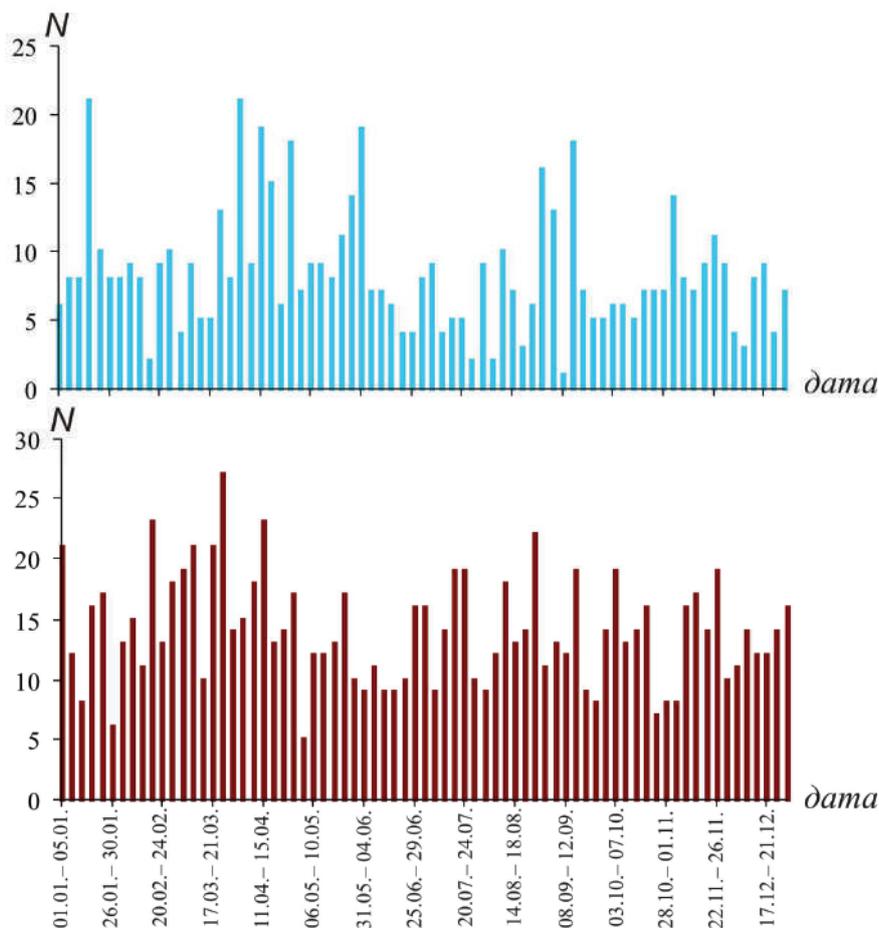


Рис. 3. Распределение во времени числа N коровых (вверху) и глубоких (внизу) землетрясений Таджикистана в 2001 г. по [9]

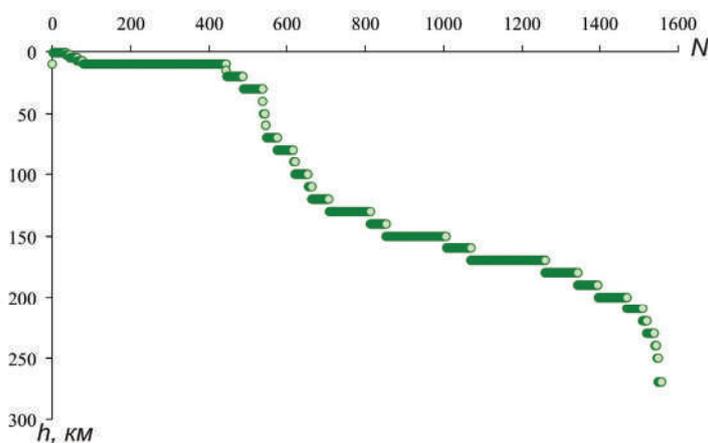


Рис. 4. Накопленные числа землетрясений с увеличением глубины их гипоцентров

Учитывая описанные выше трудности в работе сети сейсмических станций Таджикистана, в исходный каталог [9] *ред.* были добавлены некоторые коровые землетрясения из [10–12], локализованные на территории Таджикистана и вблизи его границ. В результате число коровых землетрясений увеличилось и составило 619 [13], число глубоких не изменилось. Кроме того, как и ранее [1], каталог дополнен значениями магнитуд (M_w , M_S , M_s , $MPSP$, m_b) из бюллетеней [14, 15]. Карта эпицентров всех землетрясений изображена на рис. 5, а распределение чисел землетрясений разных классов и суммарной энергии по районам – в табл. 3.

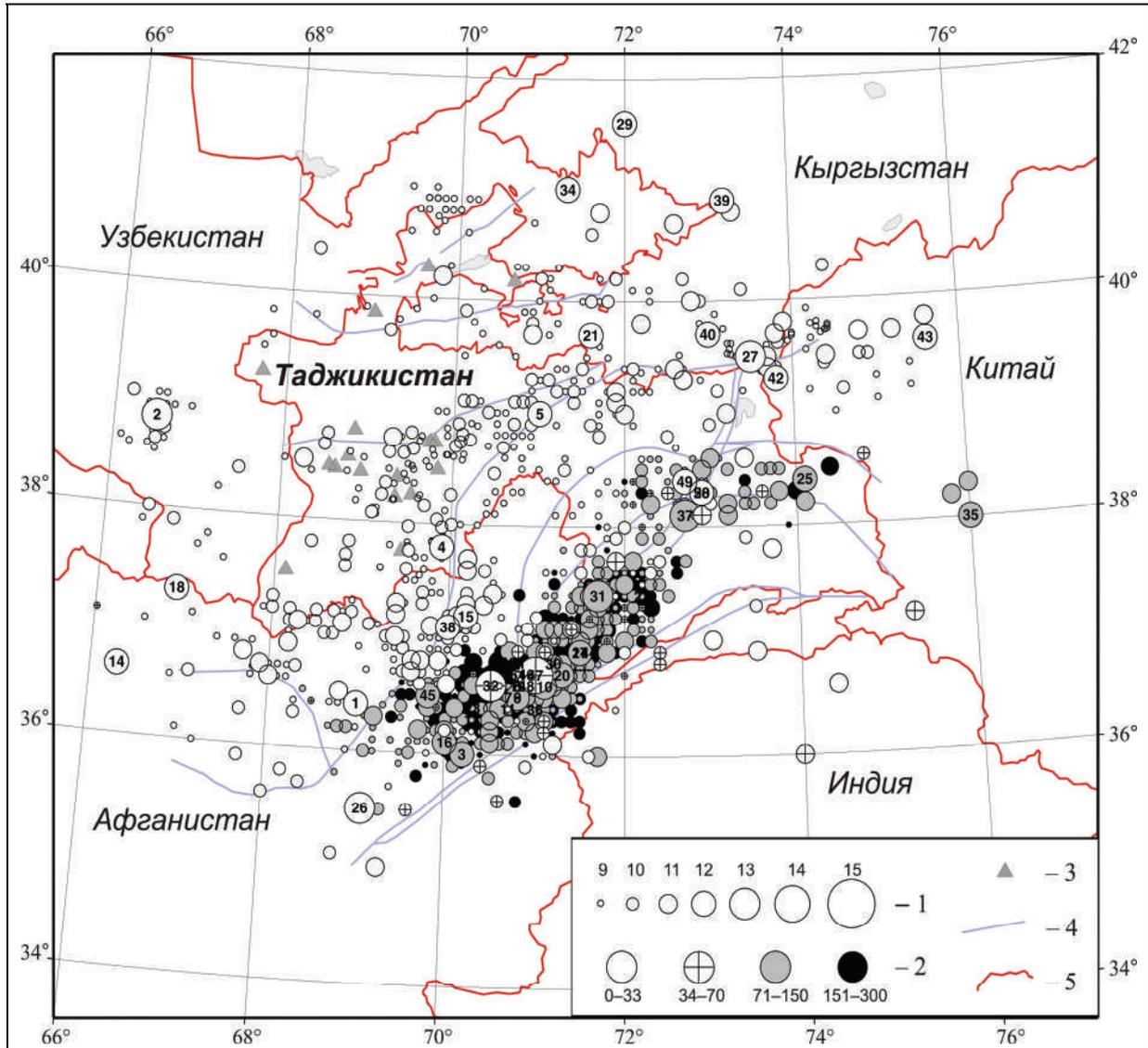


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Таджикистана за 2001 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – разлом; 5 – государственная граница.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам

№	Район	K_p								N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^{15}$, Дж
		9	10	11	12	13	14	15			
1	Юго-Западный Тянь-Шань	32	3	3	3	–	–	–	41	0.0037	
2	Южный Тянь-Шань	184	64	6	2	1	–	–	257	0.0282	
3	Памиро-Гиндукуш (коровые)	176	81	49	11	3	1	–	321	0.0810	
4	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	471	394	117	23	5	1	1	1012	0.9237	
	Всего	863	542	175	39	9	2	1	1631	1.0367	

Сравнение сведений о числах коровых (табл. 4а) и глубоких (табл. 4б) землетрясений разных классов за 1993–2001 г. показывает, что в 2001 г. сейсмическая активность Таджикистана, как по числу землетрясений, так и по суммарной сейсмической энергии, в целом несколько ниже средних значений за предыдущие восемь лет.

Таблица 4а. Распределение числа коровых землетрясений Таджикистана с $h < 70$ км по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 1993–2000 гг.

Год	K_p									N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{15}$, Дж
	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1993	–	426	111	45	13	5	–	–	–	600	0.070
1994	–	286	110	54	17	5	–	–	–	472	0.071
1995	–	320	107	33	15	5	–	–	–	480	0.06
1996	–	178	116	53	9	2	1	–	–	359	0.2795
1997	51	474	163	46	17	2	–	–	–	702*	0.0444
1998	121	872	356	173	44	6	1	1	1	1454*	11.1797
1999	31	349	192	71	24	7	–	–	–	643*	0.0267
2000	–	449	169	51	13	3	1	–	–	686	0.151
Сумма		3354	1324	526	152	35	3	1	1	5396	11.8823
Среднее за 8 лет		419.25	165.5	65.75	19	4.375	0.375	0.125	0.125	674.375	1.485
2001		392	148	58	16	4	1		–	619	0.1129

Примечание. Числа землетрясений с $K_p=8$ здесь и в табл. 4б в графу N_Σ не включены.

Таблица 4б. Распределение числа глубоких землетрясений Таджикистана с $h \geq 70$ км по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 1993–2000 гг.

Год	K_p									N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{15}$, Дж
	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1993	–	1180	250	76	21	9	3	1	1	1541	11.410
1994	–	723	244	74	17	9	2	1	–	1070	1.310
1995	–	819	195	61	15	9	3	1	–	1103	1.380
1996	–	236	238	73	19	3	2	–	–	571	0.219
1997	67	967	458	140	12	9	–	2	–	1588*	2.123
1998	8	816	383	152	28	3	3	1	–	1386*	2.834
1999	10	644	332	110	19	3	1	1	–	1110*	1.164
2000	–	659	358	112	11	2	2	1	–	1145	1.246
Сумма		6044	2458	798	142	47	16	8	1	9514	21.686
Среднее за 8 лет		755.5	307.25	99.75	17.75	5.875	2	1	0.125	1188.87	2.710
2001		471	394	117	23	5	1	1	–	1012	0.9237

Рассмотрим более детально сейсмичность каждого из четырех районов.

Наименьшим уровнем сейсмичности по-прежнему характеризуется район **Юго-Западного Тянь-Шаня (№ 1)** (табл. 3). Особенно это относится к зоне вблизи Северо-Ферганского разлома (рис. 2), где к северу от него (рис. 5) зарегистрированы лишь толчки с $K_p \div 9$. И только на границе с Кыргызстаном следует отметить три землетрясения 12-го класса (рис. 5) 29, 34 и 39, произошедшие 5 июля в 11^h53^m с $K_p=11.6$, 9 августа в 05^h34^m с $K_p=11.8$ и 2 сентября в 20^h25^m с $K_p=12.3$ соответственно.

В **Южном Тянь-Шане (№ 2)** определяющим структурным элементом является Гиссаро-Кокшаальский глубинный разлом (рис. 2), вдоль или вблизи которого локализовано около 30-ти землетрясений 10-го класса, четыре – 11-го и одно – 12-го. 23 марта в 19^h28^m в 55 км юго-западнее г. Душанбе локализовано землетрясение с $K_p=11.0$ на поверхностной глубине $h=0-1$ км, которое имело два афтершока (табл. 5). Отметим еще два толчка с меньшей энергией (с $K_p=9.8$ и 10.5), зарегистрированные 3 апреля в 12^h02^m и 23 августа в 13^h04^m соответственно, которые, однако, проявились в г. Душанбе с интенсивностью 2–3 балла [13].

Таблица 5. Основные параметры афтершоков землетрясения 23 марта в 19^h28^m с $K_p=11.0$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , м	K_p
			φ° , N	λ° , E		
Основной толчок						
	23.03	19 28 54	38.52	68.25	0–1	11.0
Афтершоки						
	23.03	19 45 47	38.52	68.03	0–1	9.2
	24.03	11 45 25	38.57	68.23	7.5	8.9

Максимальное Камашинское-III землетрясение ($K_p=13.4$) произошло 18 января в 08^h41^m, но оно локализовано у западных границ изучаемой территории, в Узбекистане (рис. 5), в 60 км к юго-востоку от г. Карши на глубине $h=10$ км и расположено в очаговой области землетрясений 31.10.1999 г. с $K_p=13.3$ [16] и 20.04.2000 г. с $K_p=13.7$ [17], названных в [18] Камашинскими (I и II). Оно ощущалось в Душанбе (202 км) с интенсивностью 4 балла и сопровождалось афтершоками [13]. Ему посвящена в наст. сб. отдельная статья [19].

В **Памиро-Гиндукушском районе коровых ($h < 70$ км) землетрясений (№ 3)** отмечено увеличение толчков с $K_p \geq 12$ ($N=12$ вместо $N=8$ в 2000 г. [2]).

Наиболее сильным ($K_p=13.6$) в этой зоне было землетрясение 23 ноября в 20^h43^m в северных отрогах Гиндукуша. По данным NEIC [15], оно ощущалось в Пакистане (Чатрале, Исламабаде, Пешаваре), Афганистане (Джалалабаде), Узбекистане (Намангане, Ташкенте). В г. Душанбе интенсивность колебаний составила 3 балла [13]. Механизм очага этого землетрясения [15] рассчитан в Гарвардском центре США (по методу тензора момента центраида) и в NEIC (по методу тензора момента и первым вступлениям P -волн) (табл. 6). Решения близки: землетрясение произошло под действием сжимающих напряжений, ориентированных на юго-восток. Обе плоскости залегают достаточно круто, углы падения составляют $DP_1=41-58^\circ$ и $DP_2=49-66^\circ$ соответственно. Простираения обеих плоскостей – северо-восток–юго-запад (рис. 6). Тип движения в очаге – взброс с компонентами сдвига: в случае HRVD и NEIC по $NP1$ – правостороннего, по $NP2$ – левостороннего, в случае P -волн – по $NP1$ – левостороннего, по $NP2$ – правостороннего. В этой же зоне ранее, 30 июля в 20^h27^m, отмечен толчок с $K_p=12.9$ (32 на рис. 5).

Таблица 6. Параметры механизма очага землетрясения 23 ноября в 20^h43^m с $K_p=13.6$ (метод ТМЦ по HRVD, метод ТМ и P -волн по NEIC)

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
HRVD ТМЦ	23.11	20 43 06.3	100	6.1	60	239	29	41	8	135	254	45	133	22	59	56
NEIC ТМ	23.11	20 43 03.6	107	6.1	55	244	31	34	14	133	257	41	141	18	66	56
NEIC P -волны	23.11		102		57	229	0	0	5	131	14	58	50	252	49	136

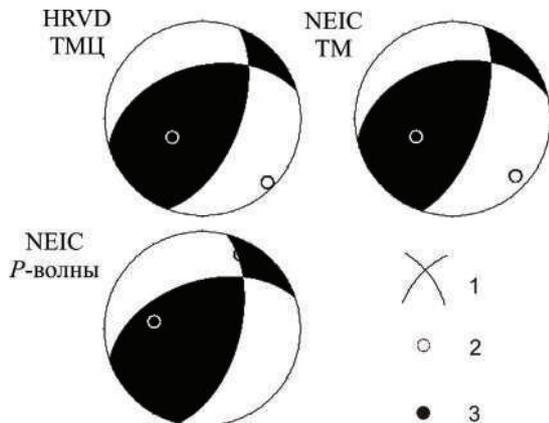


Рис. 6. Стереогаммы механизма очага землетрясения 23.11.2001 г. в проекции нижней полусферы

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

Юго-западнее от рассмотренных землетрясений интересно событие 26 на рис. 5 на территории Афганистана, приуроченное к Андараб-Мирзавалангскому разлому. Оно зарегистрировано 1 июня в 14^h00^m с $K_p=12.6$. Механизм его очага рассчитан по методу тензора момента центроида в Гарвардском центре США (табл. 7). Землетрясение произошло под действием превалирующих сжимающих напряжений, ориентированных на северо-запад. Тип движения в очаге – взброс с компонентами сдвига (по $NP1$ – правостороннего, по $NP2$ – левостороннего). Простираения плоскости $NP1$ на восток–юго-восток, а $NP2$ – на восток–северо-восток (рис. 7), плоскость $NP1$ более пологая ($DP=33^\circ$), чем $NP2$ ($DP=61^\circ$).

На границе Таджикистана и Кыргызстана в Центральной части Заалайского хребта 19 июня в 02^h41^m произошло землетрясение с $K_p=13.0$ (27 на рис. 5). Там же следует отметить два толчка (40 и 42), зарегистрированные 4 сентября в 16^h27^m с $K_p=11.6$ и 16 сентября в 11^h13^m с $K_p=11.8$.

Отметим одно землетрясение меньшей энергии с $K_p=11.9$, зарегистрированное 2 января в 16^h22^m, которое, однако, имеет решение механизма очага (табл. 7). Согласно этому решению, движение в его очаге возникло под действием преобладания напряжений сжатия. Ось сжатия ориентирована на юго-восток ($AZM=141^\circ$), ось растяжений близмеридиональна ($AZM=355^\circ$). Пологая ($DP=20^\circ$) нодальная плоскость $NP1$ имеет близмеридиональное направление, крутопадающая ($DP=79^\circ$) плоскость $NP2$ простирается на восток–северо-восток (рис. 7). Тип движения по пологой плоскости – надвиг с компонентами левостороннего сдвига, по крутой – взброс.

Таблица 7. Параметры механизмов очагов землетрясений 2 января в 16^h22^m с $K_p=11.9$ и 1 июня в 14^h00^m с $K_p=12.6$ (метод ТМЦ по HRVD)

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
HRVD	02.01	16 22 40.4	33	5.3	53	355	17	242	32	141	187	20	34	65	79	107
HRVD	01.06	14 00 39.7	30	5.0	69	85	14	217	15	310	60	33	117	209	61	74

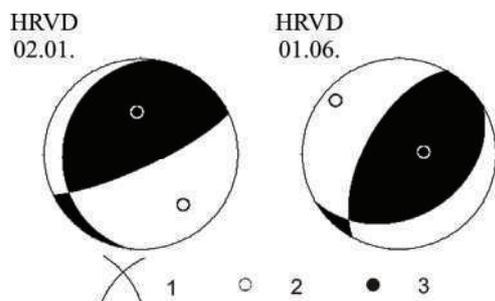


Рис. 7. Стереограмма механизма очага землетрясения 2 января и 1 июня 2001 г. в проекции нижней полусферы

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

В Памиро-Гиндукушском районе (№ 4) локализовано 1012 землетрясений с $K_p \geq 9$ на глубинах $h=70-270$ км. Основная их часть располагалась за пределами республики на территории Афганистана (рис. 5). Традиционно район глубокофокусных землетрясений подразделяется по плотности эпицентров на три подзоны: Афганскую, Хорогскую и Мургабскую. Распределение землетрясений с $K_p \geq 12$ по подзонам дано в табл. 8.

Таблица 8. Распределение сильных ($K_p \geq 11.6$) глубоких землетрясений

Подзона	K_p				N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{15}$ Дж
	12	13	14	15		
Афганская	19	3	1	1	24	1.149
Хорогская	1	1	–	–	2	0.011
Мургабская	3	1	–	–	4	0.013

Большинство глубокофокусных землетрясений произошло в Афганской подзоне Гиндукуша. Сильнейшим здесь, как и на всей исследуемой территории, было землетрясение 25 февраля в 02^h22^m с $K_p=14.9$ [13], $M_w=6.1$ [15], зарегистрированное 856ю станциями мира. По данным HRVD, его моментная магнитуда составила $M_w=6.1$. По данным NEIC, оно ощущалось в Индии, Пакистане, Афганистане, Узбекистане и Казахстане [15]. В Таджикистане интенсивность сотрясений составила 3–4 балла [13]. Главный толчок предвлялся форшоками и сопровождался афтершоками с глубинами очагов от 130 до 210 км, т.е. подвижки прошли в слое мощностью 80 км (табл. 9).

Таблица 9. Основные параметры форшоков и афтершоков землетрясения 25 февраля в 02^h22^m

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , м	K_p	№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , м	K_p
			φ°, N	λ°, E						φ°, N	λ°, E		
Форшоки							14	23.02	05 47 08	36.4	70.5	130	9.2
1	15.02	23 12 36	36.4	70.7	210	9.2	15	23.02	20 40 42	36.4	70.9	140	8.6
2	16.02	11 31 09	36.7	70.8	170	9.6	16	24.02	00 43 11	36.4	70.9	180	9.5
3	17.02	14 26 15	36.5	70.8	130	10.3	Основной толчок						
4	18.02	07 43 15	36.5	70.8	180	10.0		25.02	02 22 00	36.5	70.7	210	14.9
5	18.02	08 50 56	36.5	70.9	180	9.1	Афтершоки						
6	18.02	17 38 11	36.7	70.9	230	9.6	1	25.02	02 54 04	36.5	70.9	150	11.2
7	18.02	19 36 51	36.7	71.0	210	11.1	2	01.03	20 57 47	36.4	70.6	180	10.2
8	18.02	23 29 31	36.7	70.7	180	10.0	3	02.03	23 53 19	36.6	70.4	210	9.5
9	19.02	05 25 40	36.4	70.6	180	9.5	4	04.03	14 01 26	36.5	70.9	160	8.9
10	19.02	13 29 04	36.5	70.5	160	10.3	5	04.03	19 02 11	36.6	70.9	210	9.2
11	20.02	02 58 59	36.5	70.3	190	9.7	6	04.03	22 21 23	36.4	70.7	170	9.2
12	20.02	17 30 55	36.5	70.5	160	10.5	7	05.03	17 46 32	36.4	70.9	150	9.2
13	22.02	00 20 21	36.5	70.7	200	10.3	8	06.03	02 02 52	36.5	70.8	140	11.6

Энергетическая ступень между основным событием и максимальными толчками из форшоков и афтершоков составила:

$$\Delta K_\phi = 14.9 - 11.1 = 3.8, \Delta K_a = 14.9 - 11.6 = 3.3.$$

В [15] имеются три решения механизма его очага, рассчитанные по методу тензора момента центроида в HRVD и по методу тензора момента и первым вступлениям P -волн в NEIC (табл. 10). Они практически одинаковы. Землетрясение произошло под действием сжимающих напряжений. Обе нодальные плоскости имеют крутое залегание, углы наклона к горизонту близки ($DP_1=45-49^\circ$ и $DP_2=48-52^\circ$). Нодальная плоскость $NP1$ имеет простирание на северо-восток–восток по методам ТМС, ТМ и северо-запад–запад по P -волнам. Вторая плоскость $NP2$ простирается близширотно (рис. 8). Тип движения в очаге – взброс с компонентами сдвига (в случае HRVD и NEIC по $NP1$ – левостороннего, по $NP2$ – правостороннего, в случае P -волн – по $NP1$ – правостороннего, по $NP2$ – левостороннего).

Вторым по величине энергии землетрясением в Афганской подзоне было землетрясение с $K_p=13.7$ 22 мая в 09^h15^m. Оно ощущалось в Таджикистане [13] и Пакистане [15]. Имеется решение механизма его очага (табл. 11), рассчитанного по методу тензора момента центроида в Гарвардском центре США [20]. Согласно этому решению, землетрясение произошло под действием сжимающих напряжений, ориентированных на восток–юго-восток. Тип движения в очаге – взброс с компонентами правостороннего сдвига по плоскости $NP1$, левостороннего – по плоскости $NP2$. Обе плоскости залегают достаточно круто, углы падения составляют $DP=44$ и 64° соответственно. Плоскость $NP1$ простирается с юго-запада на северо-восток, другая $NP2$ – близмеридиональна (рис. 9). Кроме этого в Афганской подзоне на глубинах 120–270 км зарегистрировано два толчка с $K_p \div 13$ (8 марта в 20^h50^m с $K_p=12.6$, 17 апреля в 11^h17^m с $K_p=13.1$) и 19 толчков с $K_p \div 12$. Из этих землетрясений только одно 12-го энергетического класса, зарегистрированное 13 ноября в 16^h35^m на глубине 180 км, ощущалось в г. Душанбе (280 км) с интенсивностью 2 балла [13]. В целом количество выделившейся энергии этой зоны уменьшилось незначительно при общем увеличении толчков с $K_p=12-13$.

Таблица 10. Параметры механизма очага землетрясения 25 февраля в 02^h22^m с $K_p=14.9$, $M_w=6.1$

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
HRVD ТМЦ	25.02	02 22 02	193	6.1	66	260	24	83	1	353	60	49	57	285	51	122
NEIC ТМ	25.02	02 21 59.6	203	6.2	73	262	17	83	0	253	66	47	66	279	48	114
NEIC P-волны	25.02				69	289	0	0	4	189	300	45	120	81	52	63

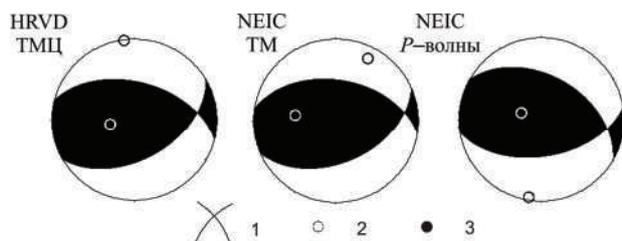


Рис. 8. Стереогаммы механизма очага землетрясения 25.02.2001 г. в проекции нижней полусферы

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

Таблица 11. Параметры механизмов очагов глубоких землетрясений 22 мая в 09^h15^m с $K_p=13.7$ и 24 июля в 11^h40^m с $K_p=13.0$

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
HRVD ТМЦ	22.05	09 15 21.2	206	5.2	55	215	32	10	12	108	232	44	141	352	64	54
HRVD ТМЦ	24.07	11 40 30	190	5.1	33	54	22	308	49	191	196	24	339	305	82	247

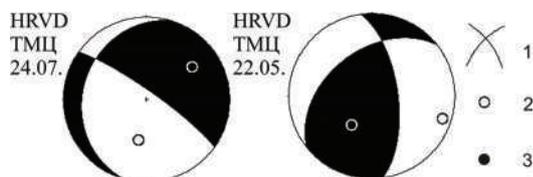


Рис. 9. Стереогаммы механизма очага землетрясения 22 мая и 24 июля в проекции нижней полусферы

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

В Хорогской подзоне максимальный энергетический класс $K_p=13.0$. Землетрясение такой величины отмечено 24 июля в 11^h40^m на глубине $h=150$ км. Оно проявилось в г. Душанбе с интенсивностью сотрясений до 3 баллов. Имеется решение [15] механизма его очага (табл. 11). Согласно этому решению, движение в очаге землетрясения 24 июля возникло под действием преобладающих напряжений растяжения, ось сжатия (P) ориентирована на юг, ось растяжения (T) – на северо-восток. Пологая ($DP=24^\circ$) нодальная плоскость $NP1$ имеет близмеридиональное направление, крутопадающая ($DP=82^\circ$) плоскость $NP2$ простирается с северо-запада на юго-восток (рис. 9). Тип движения по пологой плоскости $NP1$ – подвиг с компонентами левостороннего сдвига, по крутой плоскости $NP2$ – сброс с компонентами правостороннего сдвига. Ощутимым (2–3 балла) из этой подзоны было также землетрясение 6 мая в 22^h52^m на глубине 170 км с $K_p=11.9$ [13].

В Мургабской подзоне отмечены четыре толчка, из них три с $K_p \div 12$ и одно с $K_p \div 13$, глубина очагов – 110–150 км. Землетрясение с $K_p=12.8$ произошло 28 августа в 19^h40^m на глубине $h=110$ км вблизи о. Сарез. Оно ощущалось в г. Душанбе (340 км) – 3–4 балла, в г. Хороге (120 км) с интенсивностью 2 балла. Два толчка 12-го класса были зафиксированы 2 июля в 22^h52^m с $K_p=11.6$ и $h=120$ км, 26 мая в 11^h58^m с $K_p=11.9$ на глубине $h=150$ км в 12 км юго-восточнее г. Мургаб, третий, с $K_p=11.6$, произошел 12 августа в 02^h30^m за пределами Таджикистана, в Западном Куньлуне Китая на глубине $h=120$ км.

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 114–121.
2. Джураев Р.У. Фархорское землетрясение 30 октября 2000 года с $K_p=13.1$, $I_0=6$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 288–294.
3. Кулагин В.К. Строение земной коры Вахшского района Таджикской ССР по сейсмическим данным. Канд. дис. – Иркутск: Фонды Иркутского Гос. Ун-та, 1970. – 150 с.
4. Кулагина М.В., Шакиржанова Г.Н., Рябовалова О.Т. Результаты опробования годографов для определения координат гипоцентров мелкофокусных землетрясений Таджикистана // Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1984 году. – Душанбе: Дониш, 1988. – С. 99–133.
5. Лукк А.А., Нерсесов И.Л. Глубокие Памиро-Гиндукушские землетрясения // Землетрясения в СССР в 1966 году. – М.: Наука, 1970. – С. 118–136.
6. Введенская Н.А. О точности определения очага землетрясений методом засечек. (Тр. ГЕОФИ АН СССР. – №30(157)). – М.: АН СССР, 1955. – С. 127–136.
7. Мирзоев К.М., Баринова А.Я., Голубятников В.Л., Шакиржанова Г.Н., Михайлова Р.С., Джанузакоев К.Д., Садилов Ф.С., Михайлова Н.Н. Сейсмическая обстановка в Средней Азии и Казахстане в 1979 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1979 году. – Душанбе: Дониш, 1981. – С. 7–37.
8. Ачиллов Г.Ш., Бабаев А.М., Мирзоев К.М., Михайлова Р.С. Сейсмогенные зоны Памира // Геология и геофизика Таджикистана. № 1. – Душанбе: Дониш, 1985. – С. 117–138.
9. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан. Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 2001 г. с $K_p \geq 8.6$. – Обнинск: Фонды ГС РАН от 27.12.2006 г. 27 с.
10. Джанузакоев К.Д. (по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А. (Казахстан), Гиязова Ш.Ш. (Узбекистан), Сопиева К., Жунусова Ж., Айбашева К., Шипулина С.А., Умурзакова Р.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Каймачникова Н.И., Гайшук Л.Н., Тулегенова М.К., Абдыкадыров А.А. Центральная Азия. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
11. Закиров М.С. (отв. сост.), Соколов М.В., Бахриддинов С., Халикова М.А., Гиясова Ш.Ш. Каталог землетрясений Узбекистана за 2001–2005 гг. – Ташкент: АН РУ, 2006. – С. 26–34.
12. Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Тачов Б., Мамедязова М.Т., Халлаева А.Т., Коржукова Т.А., Дурасова И.А., Клычева Э.Р., Эсенова А., Петрова Н.В., Мустафаев Н.С. Копетдаг. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
13. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
14. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2001 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2001–2002.
15. Bulletin of the International Seismological Centre for 2001. – Berkshire: ISC, 2002–2003.
16. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – (На CD).
17. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – (На CD).
18. Михайлова Р.С. Камашинское-II землетрясение 20 апреля 2000 года с $M_w=5.3$, $I_0=5-6$ (Узбекистан) // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 254–264.
19. Михайлова Р.С. Камашинское-III землетрясение 18 января 2001 года с $M_w=5.3$, $I_0=5-6$ (Узбекистан) // (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
20. Чепкунас Л.С., Михайлова Р.С. (сост.). Таджикистан. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).