

ТАДЖИКИСТАН

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

Система наблюдений. Сеть сейсмических станций Таджикистана в 2005 г. представлена 15 станциями (рис. 1). К 11 станциям, работавшим в 2004 г. [1] («Душанбе», «Джерино», «Нурек», «Шаартуз», «Гиссар», «Игрон», «Гезан», «Богизагон», «Уратюбе», «Рогун», «Большуан»), восстановили работу еще четыре: «Ленинабад» – с 1 января, «Комароу» – с 3 апреля, «Карасу» – с 8 сентября, «Гарм» – с 14 декабря. Стабильно без пропусков в течение года работала только станция «Душанбе», у станции «Джерино» простой составил два дня (5–6 апреля), а «Нурек» (Лангар) не работала 23–24 сентября и 17–20 октября. Остальные станции работали крайне нестабильно. Ниже перечислены пропуски времени регистрации для разных станций: «Богизагон» (2–22 января, 13–25 февраля, 11–14 марта, 16–21 марта, 7–8 апреля, 17–26 апреля, 16–26 мая, 11 июня–2 июля, 11–12 августа, 21 августа–5 сентября, 28–30 сентября, 23 октября–5 ноября, 18–22 ноября, 23–25 ноября, 26–31 декабря), «Гезан» (29–31 января, 27 марта–13 апреля, 19–22 апреля, 14–18 июня, 1 июля–3 августа, 3 сентября–7 октября, 24 октября–3 ноября, 28 ноября–24 декабря), «Игрон» (3 апреля–4 июня, 6–10 июня), «Гиссар» (1–8 января, 30 января–7 февраля, 15–16 февраля, 19–31 марта, 5–6 апреля, 14–20 мая, 24 мая–25 июня, 6–7 июля, 21–31 июля, 10 августа, 12–15 октября, 21–25 октября, 1–3 ноября, 1–31 декабря), «Рогун» (14 января–19 апреля, 15–23 мая, 1 июня, 4–13 июня, 21 июня–31 декабря), «Уратюбе» (17–19 января, 20 января–14 апреля, 12–13 мая, 20 мая–12 июня, 23–24 июня, 4 июля, 19 июля, 19 сентября–10 октября, 6 ноября, 12 ноября–13 декабря), «Шаартуз» (1 января–17 февраля, 22–22 февраля, 1–15 мая), «Большуан» (1 января–14 марта, 11 мая–31 декабря), «Ленинабад» (12 февраля–6 апреля, 1 мая, 5 июня–8 июня, 1–8 июля, 12–13 июля, 1–6 августа, 10 августа), «Комароу» (1–10 июня, 8–18 июля, 1–15 августа, 29 августа), «Карасу» (3–5 октября, 11 октября–8 ноября, 25–28 ноября), «Гарм» (21 декабря, 23–24 декабря, 26–28 декабря, 30 декабря).

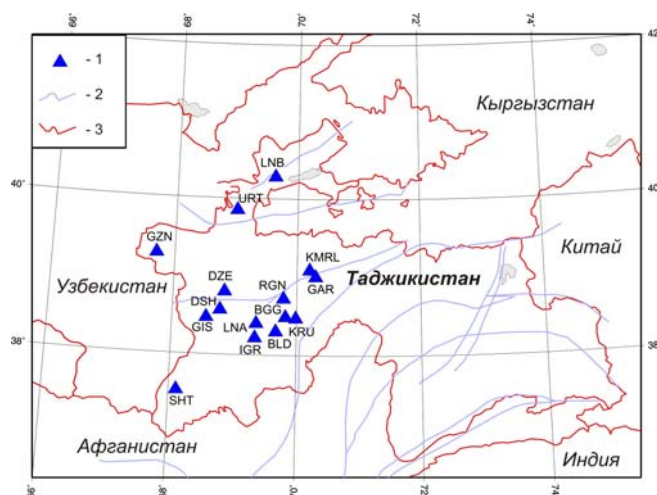


Рис. 1. Сейсмические станции на территории Таджикистана в 2005 г.

1 – сейсмическая станция, 2 – глубинный разлом I порядка, 3 – государственная граница. Коды и названия станций: URT – «Уратюбе»; GZN – «Гезан»; DZE – «Джерино»; RGN – «Рогун»; DSH – «Душанбе»; GIS – «Гиссар»; LNA – «Нурек» (Лангар); BGG – «Богизагон»; IGR – «Игрон»; BLD – «Большуан»; SHT – «Шаартуз»; GAR – «Гарм»; KRU – «Карасу»; LNB – «Ленинабад»; KMR – «Комароу».

На всех сейсмических станциях была плохая служба времени из-за частого непрохождения сигналов точного времени. По этой причине материалы наблюдений станций использовались не в полной мере и вследствие этого привязка станций велась по фиктивной волне $S-P$. Такая система наблюдений обеспечила представительную регистрацию землетрясений с $K_{\min}=10$ на всей территории Таджикистана, за исключением самых окраинных северо- и юго-восточных частей, где уровень K_{\min} повышается до $K_{\min}=11$ (по существующей методике [2]).

В целом границы исследуемой территории (в пределах координат $36-40^{\circ}N$, $67-75^{\circ}E$ и $40-41^{\circ}N$, $69-71^{\circ}E$) и схема сейсмоактивных зон Таджикистана (рис. 2) не изменились, по сравнению с установленными в 1995 г. [3], но обработка землетрясений частично проводилась и вне указанных границ. Так, в частности, в 2005 г. были обработаны свыше 1000 афтершоков катастрофического Пакистанского землетрясения с $MS=7.6$ [4], произошедшего 8 октября 2005 г. с $\varphi=34.52^{\circ}N$, $\lambda=73.64^{\circ}E$ далеко от южных границ Таджикистана, но вызвавшего сотрясения до 5–6 баллов на его территории [5].

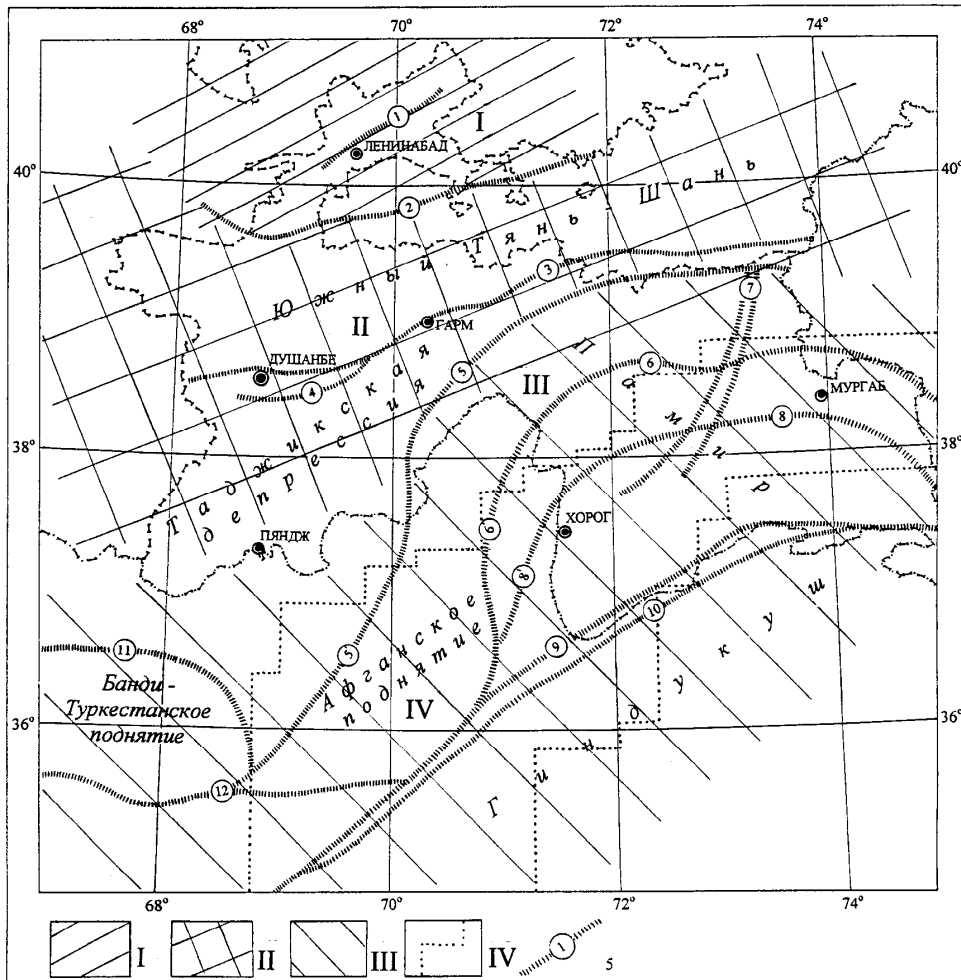


Рис. 2. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и глубинные разломы

I–IV – сейсмоактивные зоны: Юго-Западный Тянь-Шань, Южный Тянь-Шань, Памиро-Гиндукуш (коровые), Памиро-Гиндукуш (глубокие соответственно; 5 – глубинный разлом и его номер.

Главнейшие глубинные разломы территории Таджикистана и Северного Афганистана по [6]: 1 – Северо-Ферганский; 2 – Заамин-Хайдараканский; 3 – Южно-Гиссарский; 4 – Илякско-Вахшский; 5 – Дарваз-Заалайский; 5 – Афгано-Северо-Памирский; 6 – Ванч-Акбайталский; 7 – Каракульско-Сарезский; 8 – Бартанг-Пшартский; 8 – Рушано-Северо-Пшартский; 9, 10 – Афгано-Южно-Памирские; 11 – Альбурз-Мормульский; 12 – Андараб-Мирзавалангский.

Методика обработки землетрясений осталась прежней [1]. В результате сводной обработки составлен каталог землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов Узбеки-

стана, Кыргызстана, Афганистана и Китая [7]. Всего было локализовано 2931 землетрясение с $K_p \geq 8.6$ (1356 глубокофокусных землетрясений Памиро-Гиндукуша с $h=70-250$ км и 1575 мелкофокусных с $h=0-69$ км). В этот каталог в ред. добавлены два небольших массива землетрясений объемом $N_1=32$ и $N_2=57$. К первым относятся разрозненные события из [8] на севере и северо-востоке Таджикистана, ко вторым – афтершоки землетрясения 8 октября из [9].

Включение их в каталог предполагает состыковку энергетической классификации в добавленных массивах с энергетическими классами K_{td} в оригинале каталога Таджикистана [7]. При сравнении энергетических классов землетрясений 2005 г., записанных и обработанных одновременно сетями сейсмических станций Центральной Азии и Таджикистана, было выявлена тенденция завышения классов K_{td} относительно K_{ca} . Поэтому было построено корреляционное поле совместных определений (K_{td}, K_{ca}) за 2005 г., объем которого составил 95 пар (рис. 3, а).

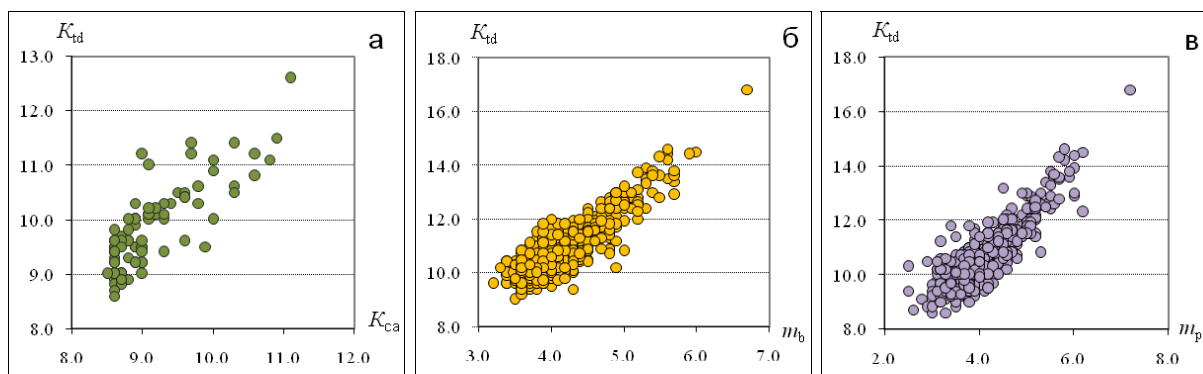


Рис. 3. Корреляционное поле взаимосвязи энергетических классов K_{td} землетрясений Таджикистана с классами K_{ca} (а), $m_b(ISC)$ (б) и $m_{pv}(NNC)$ (в)

Найденное по этим данным методом ортогональной регрессии линейное уравнение связи имеет вид:

$$K_{td} = 1.34 K_{ca} - 2.44. \quad (1)$$

Его следует считать промежуточным, т.к. оно является рабочей ступенькой для правильного вливания добавленных землетрясений на севере и северо-востоке Таджикистана и нуждается в дальнейшем уточнении параметров на большем объеме статистических данных.

Для 57 добавленных афтершоков ситуация иная, т.к. их величина в бюллетенях ISC [9] оценена в магнитуах $m_b(ISC)$ и/или в $m_{pv}(NNC)$. Соотношение между K_{td} и $m_b(ISC)$ было установлено специально по совокупности сведений об афтершоках Пакистанского землетрясения 8 октября. Корреляционное поле пар значений $[m_b, K_{td}]$ включает 733 афтершока (рис. 3, б). Уравнение связи между этими параметрами имеет вид:

$$K_{td} = 1.32 + 2.3 m_b(ISC) \quad (2)$$

и было использовано для пересчета магнитуд m_b афтершоков Пакистанского землетрясения в классы K_{td} .

Третье корреляционное поле пар значений $[m_{pv}, K_{td}]$ получено для 709 пар землетрясений. Его вид изображен на рис. 3, в. Уравнение связи между этими параметрами получено в виде:

$$K_{td} = 3.26 + 1.79 m_{pv}(NNC) \quad (3)$$

и использовано для пересчета m_{pv} в классы K_{td} для тех землетрясений из бюллетеня ISC [9], когда значение $m_b(ISC)$ отсутствовало, но было значение $m_{pv}(NNC)$.

Остановимся еще на одном моменте, касающемся энергетического класса Пакистанского землетрясения 8 октября. Общеизвестна трудность оценки энергетического класса для очень сильных землетрясений, поскольку номограмма Т.Г. Раутиан применима лишь до $K_p \div 15$ [10]. Единственным выходом в такой ситуации может быть лишь пересчет магнитуды в энергетический класс. Согласно [9], три главных мировых агентства (ISC, MOS, HRVD) дали одинаковую

магнитуду для этого землетрясения $MS=Ms=Mw=7.6$. Тогда расчетный энергетический класс по стандартной формуле Т.Г. Раутиан:

$$K=4+1.8 M \tag{4}$$

равен $K_p=17.7^*$, что почти на порядок выше указанного в [7] значения ($K_p=16.8$).

Вторым моментом является тот факт, что, по данным оригинала каталога землетрясений Таджикистана [7], координаты Пакистанского землетрясения равны: $\varphi=34.70^\circ N$, $\lambda=73.30^\circ E$, $h=20$ км. Эпицентр главного толчка расположен далеко от сейсмических станций Таджикистана и обработка едва «дотянулась» до него, поэтому в оригинале каталога [7] всем его афтершокам, число которых свыше 1000, были поставлены одинаковые координаты, равные координатам главного толчка. Эта вынужденная неточность была устранена *ред.* в публикуемом каталоге [11]. Для всех афтершоков Пакистанского землетрясения поставлены координаты из бюллетеней ISC [9]. Кроме того, каталог [11] был традиционно дополнен в *ред.* значениями магнитуд $M_w, MS, Ms, MPSP, m_b$ из [9, 4].

Итоговый каталог [11] Таджикистана содержит 3020 землетрясений в диапазоне $K_p=8.6-17.7^*$. По сравнению с каталогом землетрясений в 2004 г. [12], число коровых землетрясений увеличилось на 1157 событий, число глубоких – на 158. При этом энергия землетрясения 8 октября, равная $E=5.012 \cdot 10^{17}$ Дж, составляет 97.5% от суммарной годовой. Сведения об оцутимости имеются в каталоге для 15 землетрясений. Решения механизмов очагов землетрясений Таджикистана, представленные в [13], выбраны из двух источников [9, 14].

Среди коровых землетрясений сильнейшим явилось упоминавшееся выше катастрофическое Пакистанское землетрясение южнее границ Таджикистана 8 октября в 23^h38^m с $M_w=7.6$ [9]. Максимальная интенсивность сотрясений $I_0=10$ баллов. По данным NEIC [9], по меньшей мере, 86000 человек погибли, более 69000 ранены. Сильнейшие разрушения возникли в районе Музаффарабада (Кашмир), где здания разрушены полностью, а также в районе г. Ури, где разрушено 80% города. По меньшей мере, свыше 32 тыс. зданий уничтожены в Анантнаге, Барамуле, Джамми и Шринагари (Кашмир). Здания уничтожены в Абботтабаде, Гужранвале, Гужрате, Исломабаде, Лахоре и Равалпинди (Пакистан). Оно описано в отдельной статье [5] наст. сб.

Для глубоких землетрясений максимальное по энергии было землетрясение 12 декабря в 21^h47^m с $K_p=16.0$, $M_w=6.5$ без единого афтершока.

Суммарные числа землетрясений разных классов за 2005 г., как коровых, так и глубоких, приведены в табл. 1 а, б в сопоставлении с аналогичными данными за 1993–2004 гг.

Таблица 1 а. Числа коровых ($h=0-69$ км) землетрясений Таджикистана разных классов K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 1993–2005 гг.

Год	K_p									N_Σ	$\Sigma E, 10^{15} \text{ Дж}$
	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
2001		392	148	58	16	4	1			619	0.1129
2002		326	391	159	29	8	4			917	0.5654
2003		442	180	78	24	7	1			732	0.2182
2004		383	179	77	19	6	1			665	0.4422
Сумма		4514	2043	821	221	54	9	1	1	7664	12.7788
Среднее за 12 лет		410.4	185.7	74.6	20.1	4.9	0.8	0.1	0.1	696.7	1.162
2005		615	646	271	87	31	12		$1_{K=17.7}$	1663	503.62

Примечание. Здесь и в табл. 1б знаком * отмечены N_Σ без 8-го класса.

Таблица 1 б. Числа глубоких ($h=70-300$ км) землетрясений Таджикистана разных классов K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 1993–2005 гг.

Год	K_p										N_{Σ}	$\Sigma E,$ 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	
2001		471	394	117	23	5	1	1		1012	0.9237	
2002		244	600	132	21	4	1		1	1003	25.4070	
2003		699	411	93	16	4				1223	0.0584	
2004		673	400	101	17	5	1		1	1198	8.358	
Сумма		7458	3863	1140	202	60	18	9	2	12752	48.0751	
Среднее за 12 лет		678.0	351.2	103.6	18.4	5.4	1.6	0.8	0.2	1159.3	4.3705	
2005		834	389	103	25	2	2		1	1356	10.18	

Карта эпицентров всех землетрясений дана на рис. 8, распределение землетрясений по крупным сейсмоактивным зонам – в табл. 2.

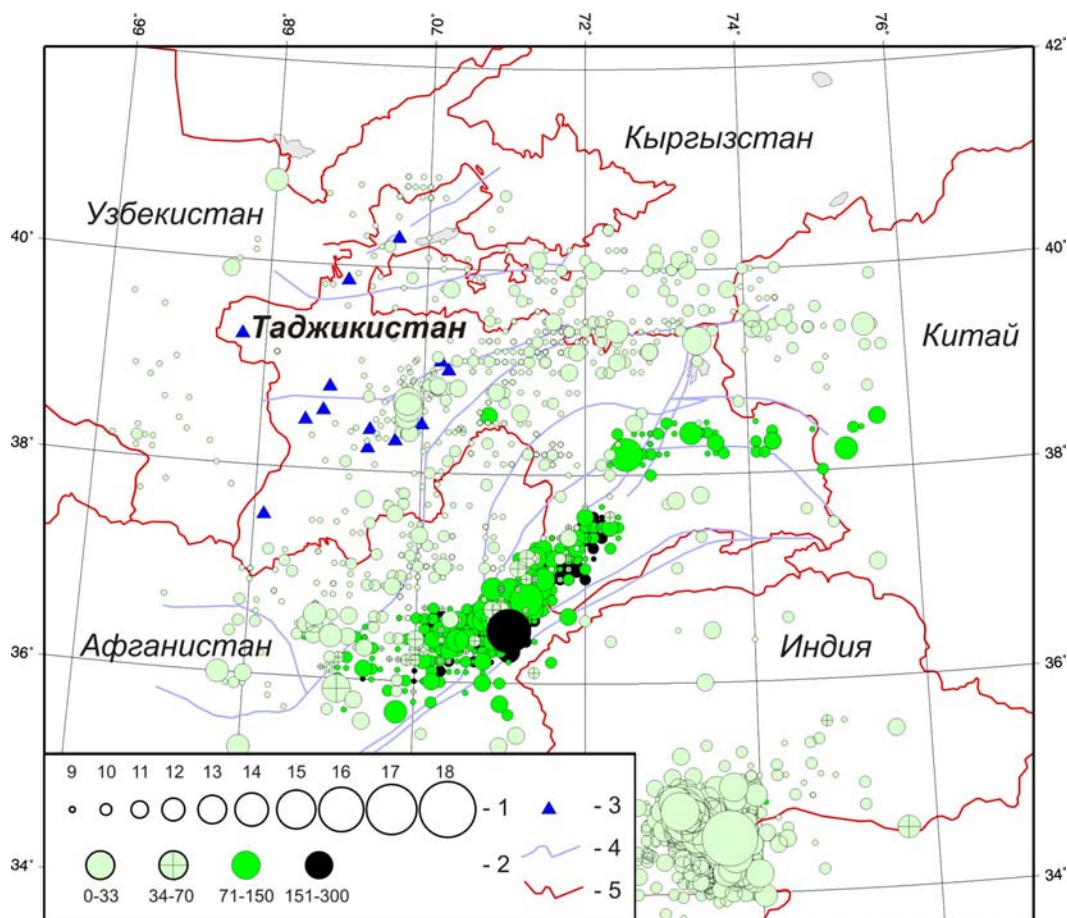


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Таджикистана за 2005 г.

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

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по зонам I–IV за 2005 г.

№	Зона	K_p								N_{Σ}	$\Sigma E,$ Дж
		9	10	11	12	13	14	16	18		
I	Юго-Западный Тянь-Шань	28	3		1					32	$8.461 \cdot 10^{11}$
II	Южный Тянь-Шань	253	56	18	1	2				330	$1.257 \cdot 10^{13}$
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	334	587	253	85	29	12		1	1302	$5.036 \cdot 10^{17}$
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	834	389	103	25	2	2	1		1356	$1.018 \cdot 10^{16}$
	Всего	1450	1035	374	112	33	14	1	1	3020	$5.138 \cdot 10^{17}$

Рассмотрим более детально сейсмичность каждой из четырех зон.

На территории **Юго-Западного Тянь-Шаня (I)** обработано 32 землетрясения (табл. 2). Практически все они находятся в Ходжентской области Таджикистана. Максимальный энергетический класс $K_p=11.9$ имело землетрясение на северо-западе зоны, зарегистрированное 26 сентября в 20^h20^m ($\varphi=40.8^\circ N$ и $\lambda=68.0^\circ E$). Согласно [13], в его очаге одна из плоскостей разрыва ($NP1$) простирается на восток–северо-восток, другая ($NP2$) – на северо-запад (рис. 5). Обе плоскости достаточно крутые с $DP_1=57^\circ$, $DP_2=46^\circ$. Первая падает на юг–юго-восток, вторая – на северо-восток. Подвижки по обеим плоскостям типа взброс с компонентами левостороннего сдвига по $NP1$ и правостороннего – по $NP2$. Механизмы очагов определены в этой зоне еще для двух землетрясений, зарегистрированных с одинаковыми координатами ($\varphi=40.40^\circ N$ и $\lambda=72.30^\circ$) и в один и тот же день – 7 июля в 10^h16^m с $K_p=10.0$ и в 16^h41^m с $K_p=9.7$. Тем не менее, по данным [13], в их очагах реализовались разные подвижки: в 10^h16^m – нормальный сброс по крутой плоскости $NP2$ юг–юго-восточного простирания с компонентами правостороннего сдвига и левосторонний сдвиг по более пологой плоскости $NP1$ северо-восточного простирания с компонентами сброса, а 16^h41^m – сдвиг с компонентами взброса (рис. 5).

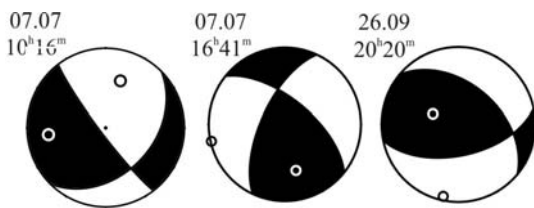


Рис. 5. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 7 июля в 10^h16^m с $K_p=8.9$, в 16^h41^m с $K_p=9.4$ и 26 сентября в 20^h20^m с $K_p=12.0$ в проекции нижней полусферы

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

В пределах **Южного Тянь-Шаня (II)** произошло 330 землетрясений. Наиболее активной частью зоны ($N=93$) является *Душанбинско-Вахшский район* ($\varphi=37^\circ50'–39^\circ15'$, $\lambda=68^\circ00'–70^\circ00'$). Начиная с 26 сентября сейсмическая обстановка несколько активизировалась вблизи Рогунской ГЭС, где возникли два землетрясения с $K_p \geq 13$: 26 сентября в 16^h41^m с $K_p=12.7$, $h=7.5$ км и в этот же день в 21^h49^m с $K_p=12.6$, $h=7.5$ км. Их эпицентры с координатами ($38.63^\circ N$ и $69.82^\circ E$) и ($38.69^\circ N$ и $69.80^\circ E$) находятся на расстоянии 7 км. Землетрясения произошли юго-западнее эпицентральной зоны землетрясения 2002 г. [15, 16]. Оба землетрясения ощутимы: первое с интенсивностью 4–5 баллов в Богизагоне (20 км), 3–4 балла – в Душанбе (92 км); второе – в Богизагоне – 4 балла (22 км), в Душанбе – 3 балла (92 км).

В течение суток здесь зарегистрировано 118 последующих толчков с $K_p=5–11$ (табл. 3). Сильные афтершоки равной величины ($K_p=11.1$) зарегистрированы 28 сентября в 19^h46^m с $h=10$ км и 30 сентября в 03^h30^m с $h=1$ км. Эпицентральной поле афтершоков приняло юго-восточное направление. Эпицентры этих толчков пространственно приурочены к Илякско-Вахшскому разлому I порядка (7 на рис. 2).

Таблица 3. Распределение $N(K)$ афтершоков после двух землетрясений 26 сентября с $K_p=12.7$ и 12.6

K_p	5	6	7	8	9	10	11
$N_{\text{афт}}$	42	42	20	8	2	2	3

В этой же эпицентральной зоне 14 октября в 14^h54^m зарегистрирован ощутимый толчок с $K_p=11.6$, вызвавший сотрясения с $I=4$ балла в Нуруке (10 км) и 2 балла – в Душанбе (92 км).

В Гармском районе ($\varphi=38^{\circ}20'-39^{\circ}25'$, $\lambda=70^{\circ}00'-71^{\circ}30'$) общее число землетрясений свыше 50. Наибольшее значение $K_p=10.8$ приписано землетрясению 7 октября в 13^h41^m с $h=5$ км. К другим заметным ($K_p \geq 10.0$) толчкам относятся четыре землетрясения, записанные 12 марта в 04^h37^m с $K_p=10.6$, $h=10$ км, 12 апреля в 23^h32^m с $K_p=10.0$, $h=10$ км; 8 мая в 19^h46^m с $K_p=10.1$, $h=5$ км и 1 октября в 02^h23^m с $K_p=10.4$, $h=10$ км. Все они приурочены к верхним слоям земной коры.

В Памиро-Гиндукушской зоне (III) коровые землетрясения проявились с высокой плотностью в области, непосредственно примыкающей к южной государственной границе между меридианами $\lambda_1=68.0^{\circ}E$, $\lambda_2=71.0^{\circ}E$, и с очень низкой плотностью на юге Памира, где локализовано всего 15 землетрясений, из которых четыре на уровне 11-го класса. Все они реализовались во втором полугодии: 21 июля в 11^h33^m, 2 октября в 14^h12^m, 9 ноября в 17^h58^m и 5 декабря в 16^h42^m с $K_p=11.0$, 10.8, 11.1 и 10.6 соответственно. В области же с высокой плотностью максимальный уровень энергетического класса соответствует $K_p=12.2$ и характеризует землетрясение 22 июня в 07^h48^m. По данным Гарварда, его моментная магнитуда равна $M_w=4.8$ [9]. В его очаге преобладали напряжения сжатия с $PL_p=15^{\circ}$ восток–северо-восточного направления ($AZM=57^{\circ}$), которые привели к подвижке типа взброс с компонентами левостороннего сдвига по крутой ($DP_2=70^{\circ}$) близмеридиональной ($STK_2=190^{\circ}$) плоскости $NP2$ и типа правостороннего сдвига с компонентами взброса по более пологой ($DP_1=44^{\circ}$) близширотной ($STK_1=78^{\circ}$) плоскости $NP1$. С близкой энергией ($K_p=12.1$) зарегистрировано землетрясение 11 июля в 05^h45^m. Всего же в этой области реализовалось 164 землетрясения, которые достаточно равномерно распределены по площади.

В северной части Памира, входящей в зону III, основная масса землетрясений локализована вблизи Дарваз-Заалайского разлома на всем его протяжении от границы с Китаем до границы с Афганистаном (5 на рис. 2). Максимальное здесь землетрясение с $K_p=12.6$ возникло 23 июня в 03^h04^m на востоке, в приграничном районе с Китаем. Согласно [13], в его очаге преобладали напряжения растяжения, ориентированные в юго-западном направлении (азимут 219° , угол с горизонтом 20°) (рис. 6). Подвижка по близширотной ($STK=100^{\circ}$) крутой ($DP=75^{\circ}$) плоскости $NP1$ – сброс с компонентами правостороннего сдвига, по близмеридиональной ($STK=353^{\circ}$) плоскости $NP2$ – левосторонний сдвиг с элементами сброса. Отметим также землетрясение 13 декабря в 09^h50^m с $K_p=12.5$ в центральной части этой области. Для него также в [13] есть решение механизма очага. Здесь преобладали напряжения сжатия, ориентированные на север (азимут 0° , угол с горизонтом 19°). Подвижка по крутой ($DP=76^{\circ}$) плоскости $NP2$ северо-восточного простирания – взброс, осложненный левосторонним сдвигом, а по плоскости $NP1$ юго-восточного простирания – правосторонний сдвиг с элементами взброса. Там же локализованы два землетрясения с $K_p=11.5$, записанные 18 августа в 03^h55^m и 13 декабря в 09^h39^m. Для первого из них имеется решение механизма очага [14], согласно которому преобладали напряжения растяжения ($PL_T=23^{\circ} < PL_p=31^{\circ}$). В результате по близвертикальной ($DP=85^{\circ}$) плоскости $NP1$ северо-восточного ($STK=35^{\circ}$) простирания произошел левосторонний сдвиг-сброс, а по плоскости $NP2$ юго-восточного простирания – правосторонний сдвиг с небольшими компонентами сброса (рис. 6).

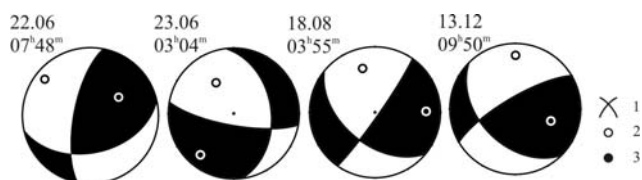


Рис. 6. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 22 июня 07^h48^m с $K_p=12.2$, 23 июня в 03^h04^m с $K_p=12.6$, 18 августа в 03^h55^m с $K_p=11.5$ и 13 декабря в 09^h50^m с $K_p=12.5$ в проекции нижней полусферы

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

В Памиро-Гиндукушской зоне (IV) глубокофокусных землетрясений локализовано 1356 с $K_p \geq 8.6$ на глубинах $h=70-250$ км. Их пространственное распределение представлено на рис. 4. Основная часть глубокофокусных землетрясений располагалась на территории Афганистана. Традиционно эта зона подразделяется по плотности эпицентров на три подзоны: Афган-

скую ($\varphi \approx 36.9^\circ\text{N}$), Хорогскую ($\varphi \approx 37.9^\circ\text{N}$) и Мургабскую ($\varphi \approx 38.8^\circ\text{N}$). Такое деление целесообразно, так как, согласно [17], они характеризуются разным видом распределения землетрясений по глубине. Землетрясения с $K_p \geq 12$ по подзонам распределились следующим образом (табл. 4).

Таблица 4. Распределение сильных глубоких землетрясений с $K_p \geq 12$

№	Подзона	K_p				N_Σ	$\Sigma E,$ 10^{16} Дж
		12	13	14	16		
1	Афганская	20	1	1	1	23	1.0130
2	Хорогская	3					0.0103
3	Мургабская	2					0.0002
	Всего	25	1	1	1	28	1.0135

Как всегда, большинство ($N=911$) глубокофокусных землетрясений произошло в **Афганской подзоне Гиндукуша** ($\varphi_i \leq 36.9^\circ$) [11]. Землетрясения подзоны расположены компактно и образуют в плане фигуру типа эллипса с осями $70 \times 250 \text{ км}$ (рис. 4). Максимальный энергетический класс – $K_p=16.0$, как и в 2004 г. [1]. Землетрясение такой энергии зарегистрировано 12 декабря в $21^{\text{h}}47^{\text{m}}$ на глубине $h=200 \text{ км}$. Более точное определение его глубины, выполненное агентством ISC (табл. 5) по глубинной фазе pP , дало несколько большую глубину – $h_{pP}=224 \pm 0.4 \text{ км}$ [9].

Таблица 5. Основные параметры Гиндукушского землетрясения 12 декабря 2005 г. с $K_p=16.0$, $M_w=6.5$ по данным Таджикистана в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	$t_0,$ ч мин с	$\delta t_0,$ с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ°, N	$\delta\varphi^\circ$	λ°, E	$\delta\lambda^\circ$	$h,$ км	$\delta h,$ км		
ТАДЖИКИСТАН	21 47 48	1.6	36.5	0.2	71.1	0.2	200		$K_p=16.0$	[11]
MOS	21 47 44.7	0.8	36.42		71.13		224		$MPSP=6.0/94$	[4]
ISC	21 47 44.7	0.1	36.41	0.01	71.10	0.01	224 224*	0.4*	$m_b=6.0/305, *h_{pP}$	[9]
NEIC	21 47 46.1	0.1	36.36		71.09				$m_b=6.0/189, M_w=6.5$	–"
HRVD	21 47 46.1	0.1	36.45		71.06				$M_w=6.5/91$	–"
IDC	21 47 45.8	0.2	36.37		71.22		221	1	$m_b=5.7/53$	–"
BJI	21 47 43.9		36.54		71.12				$m_b=6.6, m_B=6.2$	–"
NNC	21 47 48.5	2.8	36.80		71.03		210	23		–"

Как видим, разные решения его эпицентров (табл. 5) весьма согласованы между собой, за исключением агентства NNC в Казахстане.

По данным NEIC [9], в результате этого землетрясения, несмотря на его большую глубину, погибли 5 человек (в Тили), 1 человек ранен (в Джалалабаде), убиты свыше 300 голов рогатого скота и разрушены 100 домов в Бадахшане. Интенсивность сотрясений составила $I=5$ баллов в Чарикаре, в Кабуле – 4 балла, в Баграми – 3 балла, также ощущалось в Азадабаде и Баглане (Афганистан). В Пакистане сильные сотрясения имели место в Читрале, 5 баллов – в Лахоре и Равалпинди, 4 балла – в Аттабаде и Исламабаде, ощущалось в Балакоте, Мансехре и Пешаваре. В Кашмире оползни блокировали несколько дорог вблизи Багха, ощущалось в Гилгите и Муцаффарабаде. В Индии разрушены несколько домов в Барамуле, Фарьябаде и Ури, ощущалось с интенсивностью 4 балла в Чандигаре, было заметно в Армитсарее Нью-Дели. Ощущалось в Таш-Кумуре и Оше 5 баллов (Кыргызстан), 4 балла – в Ташкенте (Узбекистан), в Каши (Китай) [9]. В Таджикистане оно ощущалось в Душанбе и Нуреке с интенсивностью $I=5$ баллов, Джиргатале – 4–5 баллов, Игроне – 4 балла, в Гарме – 3–4 балла [11].

Параметры механизма его очага, представленные в табл. 6 и на рис. 7, получены агентствами HRVD, NEIC [9] и практически тождественны. Землетрясение возникло в условиях существенного превалирования близмеридиональных напряжений сжатия, что вызвало по обеим нодальным плоскостям подвижки типа взброс с компонентами правостороннего сдвига по

плоскости $NP1$ и левостороннего – по $NP2$. В обоих решениях простирание плоскостей $NP1$ (279 и 278°) и $NP2$ (80 и 83°) – близширотное.

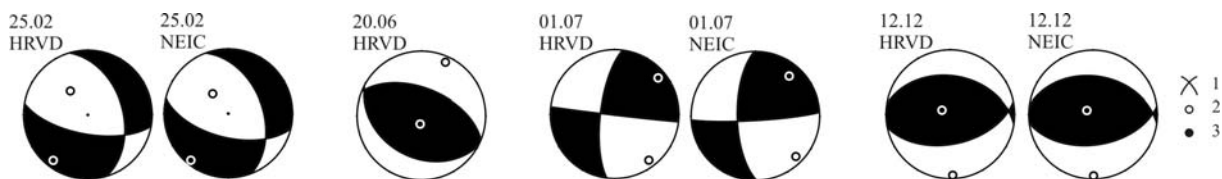


Рис. 7. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 25 февраля в 23^h04^m с $M_w=5.7$, 20 июня в 02^h32^m с $M_w=5.3$, 1 июля в 03^h48^m с $M_w=5.6$ и 12 декабря в 21^h27^m с $M_w=6.5$ в проекции нижней полусферы

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

Таблица 6. Параметры механизмов очагов глубоких землетрясений за 2005 г.

№	Дата, д м ч мин с	t_0 , с	h^* , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
				M_w	$MPSP$	m_b		T		N		P		NP1			NP2			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
1	25.02	23 04 02	113	5.7	6.2	6.0	13.6	12	217	35	119	53	324	343	45	-36	100	66	-129	HRVD
								8	219	31	124	58	321	339	46	-45	104	60	-126	NEIC
2	20.06	02 32 59	235	5.3	5.1	5.1	13.4	80	188	3	294	10	24	118	35	80	292	55	87	HRVD
3	01.07	03 48 28	82	5.6	5.4	5.4	13.8	13	51	72	276	12	144	187	72	1	97	89	162	HRVD
								20	40	67	253	12	135	179	67	6	86	84	157	NEIC
4	12.12	21 27 48	224	6.5	6.0	6.0	16.0	78	299	10	87	6	178	279	40	106	80	52	77	HRVD
								81	305	7	89	5	180	278	40	102	83	51	80	NEIC

Примечание. Глубина h дана по фазе pP из [9].

Как и в 2004 г., землетрясений с $K_p=15$ не зарегистрировано. Землетрясение 14-го энергетического класса произошло 1 июля в 03^h48^m на промежуточной глубине $h=130$ км, а по данным ISC [17] и того меньше – $h_{pP}=82 \pm 1.7$ км. Согласно NEIC [17], оно ощущалось в Кабуле (Афганистан), Читрале, Дире и Пешаваре (Пакистан). В Душанбе оно вызвало колебания с интенсивностью $I=2-3$ балла. Напряжения сжатия и растяжений в его очаге почти равновелики (табл. 6), что привело к сдвиговым подвижкам по обеим плоскостям (рис. 7). Компоненты взброса присутствуют, но они незначительны. Простирания плоскостей $NP1$ близмеридиональны ($STK_1=187^\circ$, $STK_2=179^\circ$), $NP2$ – близширотны ($STK_1=97^\circ$, $STK_2=86^\circ$).

По сравнению с [1], здесь уменьшилось число толчков 13-го энергетического класса (вместо пяти только один с $K_p=13.4$), зафиксированный 20 июня в 02^h32^m на глубине $h=200$ км по [11] и $h^*=235 \pm 0.5$ км – по [9]. По данным NEIC [9], оно ощущалось в городах Чарикар, Кабул (Афганистан), Читрал, Пешавар (Пакистан). В столице Таджикистана, – г. Душанбе – интенсивность колебаний $I=2-3$ балла [11]. Для него имеется два варианта параметров механизма его очага (табл. 6), согласно которым очаг сформировался в условиях преобладания напряжений сжатия, ориентированных на север–северо-восток. Подвижки по обеим нодальным плоскостям $NP1$ и $NP2$ – почти чистый взброс.

Максимальное ($K_p=13.6$) землетрясение **Хорогской подзоны** произошло 25 февраля в 23^h04^m . Интенсивность сотрясений в его эпицентре составила $I_0=5$ баллов, а в Душанбе $I_i=3-4$ балла. По данным [4], оно вызвало сотрясения с $I=3$ балла в Андижане и Ташкенте (Узбекистан). Очаг расположен вблизи границы с Мургабской подзоной на глубине $h=100$ км по [11] и $h_{pP}=113 \pm 1.2$ км по [9]. Для него имеются два близких решения механизма его очага по данным HRVD и NEIC [9], представленные выше в табл. 6, которые существенно отличаются от всех механизмов глубоких очагов зоны IV, поскольку в его очаге преобладали не напряжения сжатия, а ориентированные на юго-запад напряжения растяжения, причем существенно ($PL_T=12^\circ$ или 8° ; $PL_P=53^\circ$ или 58°). В результате в очаге произошел сброс с компонентами правостороннего сдвига по плоскости $NP2$ и левосторонний сдвиг с компонентами сброса – по плоскости $NP1$ (рис. 7). Простирание плоскостей близширотное – для $NP2$, и север–северо-западное – для $NP1$.

В **Мургабской подзоне** ($\varphi=38.0-38.9^\circ$) отмечено, как и в [1], всего два толчка с $K_p \geq 12$, глубина очагов – 80–90 км (23 сентября в 05^h06^m с $K_p=12.2$, $h=80$ км и 24 декабря в 01^h06^m с $K_p=12.0$ и $h=90$ км) [11].

В целом сейсмический процесс на территории Таджикистана в 2005 г. был спокойным, но районы к югу от государственных границ подверглись значительным воздействиям от глубоких и особенно от корового Пакистанского землетрясений 8 октября с $MS=7.6$, сильнеешего за последние 100 лет [18].

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 118–129.
2. Михайлова Р.С., Бибарсова Д.Г., Аранович З.И., Ахалбедашвили А.М., Джанузакон К.Д., Яковлев В.Н., Михайлова Н.Н., Шакиржанова Г.Н., Рахимов А.Р., Матасова Л.М. Опыт оценки уровня K_{min} представительных землетрясений отдельных районов и всего региона Средней Азии и Казахстана // Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1982 году. – Душанбе: Дониш, 1984. – С. 25–42.
3. Саломов Н.Г., Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И., Шакиржанова Г.Н., Джураев Р.У. Таджикистан за 1993–1995 годы // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 49–58.
4. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2005 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2005–2006.
5. Михайлова Р.С., Рогожин Е.А., Улубиева Т.Р., Овсюченко А.Н. Пакистанское землетрясение 8 октября 2005 г. с $M_w=7.6$, $I_0=9-10$ (южнее Таджикистана). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
6. 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.
7. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Улубиев А.Н., Хусейнова Г.А. Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 2005 г. с $K_p \geq 8.6$ ($N=2931$). – Обнинск: Фонды ГС РАН от 07.09.2010 г. – 53 с.
8. Джанузакон К.Д. (отв. сост. по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А. (Казахстан), Холикова М.М. (Узбекистан), Сопиева К., Шукурова Р.Б., Шипулина С.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Гайшук Л.Н., Тулегенова М.К., Джалилова С.С. Каталог землетрясений Центральной Азии за 2005 год ($N=488$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. Bulletin of the International Seismological Centre for 2005. – Berkshire: ISC, 2007.
10. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
11. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Хусейнова Г.А. Каталог землетрясений Таджикистана за 2005 год ($N=3020$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Хусейнова Г.А. Каталог землетрясений Таджикистана за 2004 год ($N=1863$) // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – (На CD).
13. Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2005 год ($N=17$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
14. Муралиев А.М. (отв. сост.), Молдыбаева М.Б., Полешко Н.Н., Каймачникова Н.И., Гязова Ш.Ш., Садыкова Н. Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии за 2005 год ($N=107$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
15. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 153–167.
16. Джураев Р.У. Талхак-Чашминское землетрясение 9 января 2002 года с $M_w=5.2$, $I_0=6-7$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 316–322.
17. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 77–84.
18. Маркин В.А. Самое сильное землетрясение за 100 лет // Земля и Вселенная. – 2005. – № 6. – С. 78.