

ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева¹, Р.С. Михайлова², Л.И. Рислинг¹, Г.А. Хусейнова³¹Геофизическая служба АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, tanya_55_08@mail.ru²Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gsras.ru³Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, seismtadj@rambler.ru

Система наблюдений. В 2007 г. непрерывная регистрация землетрясений Таджикистана и сопредельных государств проводилась 12 аналоговыми сейсмическими станциями Института сейсмостойкого строительства и сейсмологии (ТИССС) АН РТ (позднее переименованный в Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии (ИГССС)) и 5 цифровыми широкополосными сейсмическими станциями Геофизической службы академии наук Республики Таджикистан (ГС АН РТ).

В аналоговой сети ИГССС из 38 сейсмических станций в 1993 г. [1] осталось к 2007 г. 12, уменьшившись еще на две, по сравнению с сетью в 2006 г. [2], из-за закрытия станций «Рогун» и «Карасу». В полном объеме работали четыре станции: «Гезан», «Нурек», «Богизагон» и «Душанбе». С середины февраля по март отсутствовал материал со станции «Гиссар» и с августа по 28 сентября со станции «Игрон». Пять месяцев (с января по май) не работала станция «Джерино». Отсутствуют данные со станции «Шаартуз» с января по март и июнь-июль месяцы. С 20 февраля по апрель, а также август и декабрь нет данных со станции «Большджуан». Полгода (март–май, сентябрь–декабрь) не функционировала станция «Ура-Тюбе». Нестабильной была работа на станциях «Ленинабад» и «Гарм». Со станции «Ленинабад» нет сейсмограмм за февраль–март, июль и сентябрь–декабрь, а в остальные месяцы станция работала от 12 до 20 дней. Четыре месяца (с января по апрель) полностью отсутствует материал со станции «Гарм». Более стабильно эта станция работала только три месяца – август, сентябрь и декабрь. Параметры всех аналоговых станций даны в табл. 1.

Таблица 1. Параметры аналоговых сейсмических станций ИГССС в 2007 г.

№	Станция		Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код		φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	КомпONENTА	V_{max}	$T, с$
1	Душанбе	Дшн	03.04.1940	38.57	68.78	815	СКМ-3 СК	N, E, Z N, E, Z	10000 1500	1.00–1.6 0.40–10
2	Гарм	Грм	01.01.1949	39.00	70.32	1370	СКМ-3	N, E, Z	40000	0.02–1.4
3	Гиссар	Гис	03.05.1955	38.47	68.55	770	СКМ-3	N, E, Z	10000	0.02–1.3
4	Большджуан	Блд	01.01.1959	38.30	69.67	900	СКМ-3	N, E, Z	15000	0.02–1.3
5	Нурек	Нрк	21.02.1964	38.40	69.35	760	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.3
6	Джерино	Джр	07.06.1964	38.80	68.83	1200	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.2
7	Богизагон	Бгз	25.11.1964	38.48	69.82	1210	СКМ-3	N, E, Z	10000	0.02–1.3
8	Шаартуз	Шрт	24.09.1966	37.53	68.12	440	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.1
9	Ура-Тюбе	Урт	30.08.1970	39.85	69.00	1240	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.2
10	Игрон	Игр	01.01.1975	38.22	69.33	1200	СКМ-3	N, E, Z	20000	0.02–1.0
11	Гезан	Гзн	01.12.1980	39.27	67.70	1560	СКМ-3	N, E, Z	30000	0.02–1.2
12	Ленинабад	Лнб	09.02.1983	40.28	69.62	350	СМ-3	N, E, Z	1000	0.02–1.0

Сеть цифровых станций (табл. 2) создавалась с 2005 г. НПО «PMP International» при поддержке Швейцарского агентства по развитию и сотрудничеству и при содействии канадской фирмы «Нанометрикс» в рамках проекта по возрождению сети сейсмических наблюдений в

Таджикистане [3]. На базе этих цифровых станций и аналоговой станции «Душанбе» была создана Геофизическая служба академии наук Республики Таджикистан.

Таблица 2. Сведения о цифровых станциях ГС АН РТ в хронологии их открытия

№	Название	Код	Дата открытия (закрытия)	Координаты		
				φ°, N	λ°, E	$h_y, м$
1	Гарм	GARM	05.10.2005	39.000	70.316	1305
2	Шааргуз	SHAA	22.10.2005	37.562	68.122	868
3	Гезан	GEZN	02.11.2006	39.283	67.715	1485
4	Игрон	IGRN	18.11.2006	38.220	69.326	1284
5 а	Душанбе	DUSH	24.10.2005 (16.08.2007)	38.569	68.781	786
5 б	Чуян-Гарон	CHGR	05.11.2007	38.656	69.158	1049

Примечание. Станции «Душанбе» и «Чуян-Гарон» имеют одинаковый номер, поскольку цифровая аппаратура была снята 16 августа в Душанбе и 5 ноября начала регистрацию землетрясений в пос. Чуян-Гарон.

Каждая из этих станций состоит из трехкомпонентного измерительного сейсмометра Trillium-40, аналогово-цифрового преобразователя Trident (табл. 3), приемопередатчика Cygnus, солнечных панелей в буферном режиме с аккумуляторами и спутниковой антенны VSAT. Сейсмометр записывает все колебания земной поверхности в широком диапазоне частот, затем Trident преобразовывает эту информацию из аналоговой в цифровую и передает ее на приемопередатчик Cygnus. Далее через спутник информация попадает на центральную сейсмическую станцию в г. Душанбе, где установлены два компьютера. Один компьютер служит для сбора и хранения данных, а другой – для анализа и обработки. На обоих компьютерах установлено программное обеспечение фирмы Nanometrics.

Таблица 3. Данные об аппаратуре цифровых станций ГС АН РТ в 2007 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосигграф – отсчет/(м/с)
Гарм	Trident+Trillium-40	BH (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Шааргуз	Trident+Trillium-40	BH (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Гезан	Trident+Trillium-40	BH (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Игрон	Trident+Trillium-40	BH (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Душанбе	Trident+Trillium-40	BH (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Чуян-Гарон	Trident+Trillium-40	BH (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$

Вся цифровая сейсмическая система работает в режиме TDMA – множественный доступ с временным разделением, т.е. каждая станция вещает в строго определенный промежуток времени. Связь удаленных станций с центральной станцией в г. Душанбе происходит с помощью космического спутника «Intelsat». Передача информации происходит непрерывно в масштабе реального времени.

Для обработки и анализа сейсмических данных используются следующее программное обеспечение: CoreEarthworm – программу для автоматической обработки землетрясений, включающей в себя программу Nuproinverse, где собраны годографы и геологические характеристики региона, и Oacle – базу данных для хранения сейсмической информации и программу для обработки сейсмической информации вручную [4].

В целом система наблюдений (рис. 1) обеспечила представительную регистрацию землетрясений с $K_{\min}=9$ на всей территории Таджикистана, за исключением самых окраинных северо- и юго-восточных частей, где уровень K_{\min} повышается до $K_{\min}=10$ (по существующей методике [5]).

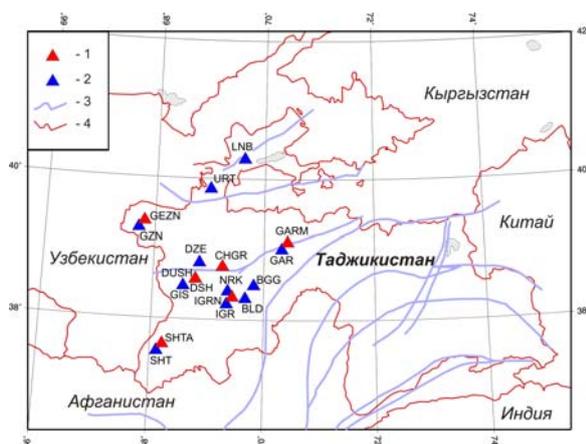


Рис. 1. Сейсмические станции на территории Таджикистана в 2007 г.

1, 2 – сейсмическая станция, цифровая и аналоговая соответственно; 2 – глубинный разлом I-го порядка; 3 – государственная граница.

ров (времени в очаге δt_0 , координат эпицентра $\delta \varphi$, $\delta \lambda$, глубины очага δh). Чтобы хоть как-то восполнить эти пробелы, ошибки были рассчитаны в *ред.* как половина разности численных значений соответствующих параметров в оригинале каталога и в бюллетенях ISC [9], и только для тех землетрясений, которые были в обоих источниках. Кроме того, традиционно *ред.* добавлены в оригинал каталога новые графы со значениями магнитуд и некоторых других параметров из материалов следующих агентств: MOS (M_S/n , $MPSP/n$), ISC (M_s/n , m_b/n , h_{pP} , δh_{pP}), GCMT (M_w/n , M_0), NEIC (M_w , M_0), NNC (m_b , mpv), ВJI (M_b , ML), NDI (ML , MD), ЦА (K_p).

Расширена также в каталоге информация о макросейсмическом эффекте ощутимых землетрясений за счет новых сведений из каталога Центральной Азии (ЦА) [10] и бюллетеней ISC [9], MOS [11] в сопровождении обязательных ссылок на соответствующий источник. Приведем два примера.

1-й пример. Для землетрясения 21.07.2007 г. в 22^h44^m с $K_p=13.4$ графа «Макросейсмика» в [8] имеет вид «Рашт (Гарм), Казнок, Качаманди, Кайалисурх, Кулоба, Хост 5 баллов; Душанбе (158 км) 2–3 балла», т.е. дана информация из семи населенных пунктов – шести с $I_i=5$ баллов (без эпицентральных расстояний) и столицы Душанбе $I_i=2-3$ балла с $\Delta=158$ км. Позже в *ред.* поступила статья Р.У. Джураева [12] с результатами макросейсмического обследования этого землетрясения в 40 населенных пунктах с $I_i \leq 4$ балла, без Душанбе, но с включением всех названных выше пунктов. Однако сверка сведений из оригинала статьи [12] с оригиналом каталога [8] показала, что в [8] балльность неправильная, т.к. в Кулоба, Казнок и Качаманди 6–7 баллов, в Калаи-Сурх и Хост – 6 баллов, 5 баллов только в Гарме. Кроме того, с ошибкой дано название населенного пункта Кайалисурх, т.к. должно быть Калаи Сурх. Ошибочно и расстояние до Душанбе – вместо 158 км расчет дает 141 км. В новой версии каталога землетрясений Таджикистана [13] *ред.* включила 40 населенных пунктов из [12] с $\Delta \leq 40$ км, Душанбе из [8] с $\Delta=141$ км и три населенных пункта Кыргызстана (Карамык (110 км), Хайдаракан (110 км) – 3–4 балла; Баткен (120 км) – 3 балла) из каталога Центральной Азии [10] с $\Delta=110-120$ км, т.е. всего 44 населенных пункта. Для всех пунктов в файле «Макросейсмический эффект» [14] даны географические координаты.

2-й пример. Для землетрясения 08.01.2007 г. в 17^h21^m с $K_p=14.1$ графа «Макросейсмика» в [8] имеет вид «Худжанд 4 балла; Душанбе (175 км), Гезан, Игрон 3–4 балла», т.е. дана информация из четырех населенных пунктов – один с $I_i=4$ балла и трех $I_i=3-4$ балла. Расстояние указано только для Душанбе – $\Delta=175$ км, а пересчетное $\Delta=177$ км, т.е. ошибки в расстоянии почти нет. Еще есть сведения в обзорной статье по Центральной Азии [15]: Каравшин (5–10 км) – 7–8 баллов; Карасу (30 км) – 6–7 баллов; Баткене (65 км), Сулюкте (65 км) – 5–6 баллов; Самаркандыке (40 км) – 5 баллов; Хайдаракане (80 км) – 4–5 баллов. Краткое описание проявлений землетрясения дано еще в [9]: «Разрушены около 130 домов и повреждены угольные шахты в Шурабе, также повреждены 57 зданий в Ворухе. Ощущалось с интенсивностью

4 балла в Худжанде и Душанбе (Таджикистан), 5 баллов – в Ташкенте и Карши (Узбекистан), 2 балла – в Чимкенте и Таразе (Казахстан)». Отметим сразу нелогичное нарушение очередности в списке городов, когда «5 баллов» стоит между четырьмя и двумя баллами. Здесь явная опечатка, городам Узбекистана следует приписать 3 балла. Сейсмологический бюллетень ГС РАН [11]: Ташкент – 5 баллов, Душанбе – 4 балла, Чимкент и Тараз – 2 балла. В итоге, исключая повторы пунктов, набралось 17 населенных пунктов [14]. Имеющиеся макросейсмические данные очень скудные (рис. 2) из [16]), но в совокупности все же позволяют приблизительно изобразить макросейсмическое поле главного толчка.

Полученная в результате новая версия каталога землетрясений Таджикистана [13] использована ниже для описания сейсмичности его территории в 2007 г. Границы исследуемой территории и схема 4-х сейсмоактивных зон Таджикистана дана на рис. 3.

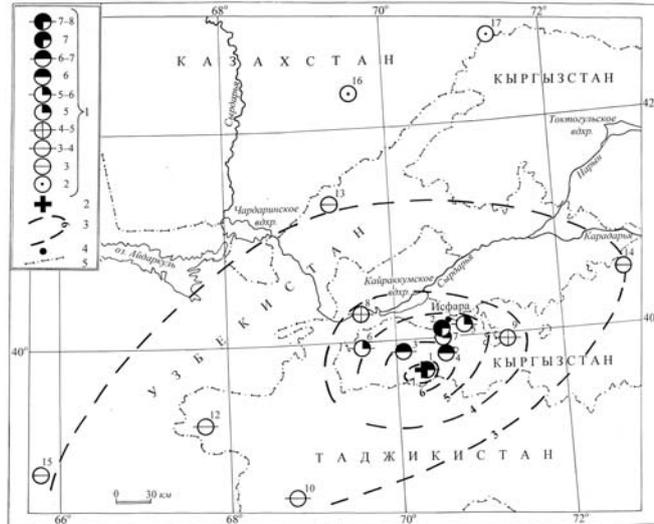


Рис. 2. Карта изосейст Шураб-Каравшинского землетрясения 8 января 2007 г. с $M_w=6.0$

1 – интенсивность сотрясений по шкале MSK-64 [17]; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – приближенный контур изосейсты; 4 – населенный пункт; 5 – государственная граница.

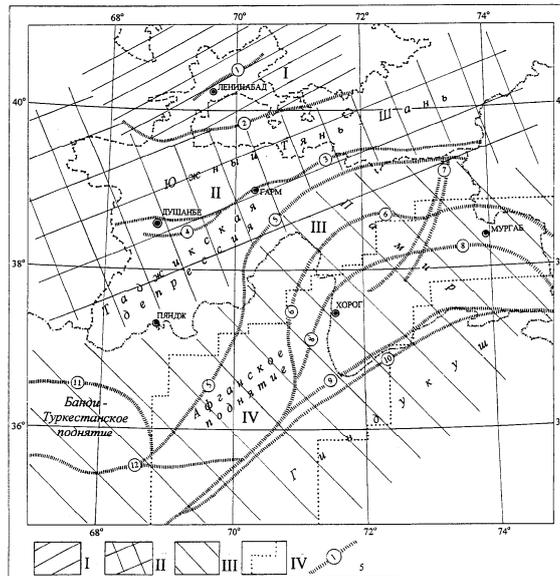


Рис. 3. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и глубинные разломы

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 [18]: 1 – Северо-Ферганский; 2 – Заамин-Хайдараканский (Южно-Ферганский); 3 – Южно-Гиссарский (Гиссаро-Кокшаальский); 4 – Илякско-Вахшский; 5 – Дарваз-Заалайский (Дарваз-Каракульский); 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.

По данным этого каталога на изучаемой территории всего локализовано 2634 землетрясения с $K_p=8.6-14.3$ и $h=3-250$ км, из них 1947 глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения с $h=70-250$ км и 687 – мелкофокусные толчки. Распределение землетрясений по крупным сейсмоактивным зонам дано в табл. 4.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по крупным зонам I–IV за 2007 г.

№	Зона	K_p						N_Σ	$\Sigma E,$ Дж
		9	10	11	12	13	14		
I	Юго-Западный Тянь-Шань	30	30	1	2	3	1	67	$0.512 \cdot 10^{14}$
II	Южный Тянь-Шань	202	38	19	2	4	1	266	$1.754 \cdot 10^{14}$
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	152	111	66	18	7	0	354	$1.084 \cdot 10^{14}$
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	1235	620	46	43	2	1	1947	$2.724 \cdot 10^{14}$
	Всего	1619	799	132	65	15	3	2634	$6.074 \cdot 10^{14}$

В зонах II и III число землетрясений уменьшилось в 1.2 и в 1.8 раза соответственно, а в I и IV возросло в 1.6 и 1.5 раза соответственно. Меньше всего энергии выделилось, как и в 2006 г., в Юго-Западном Тянь-Шане (зона I). Суммарная энергия возросла в I, II и IV зонах в 340, в 5.5 и 6.7 раз соответственно. Лишь в зоне III энергия уменьшилась в 1.6 раза. Сильных землетрясений с $K_p \geq 12.6$ произошло $N=17$. Максимальный энергетический класс в 2007 г. – 14-й как для коровых, так и для глубоких (табл. 5). Коровое землетрясение такой энергии зарегистрировано 8 января в $17^h 21^m$ на территории Кыргызстана вблизи границы с Таджикистаном [13, 16], глубокофокусное – 3 апреля в $03^h 35^m$ на территории Афганистана, в Баграме [9, 13]. Эти землетрясения ощущались на территории Таджикистана от 4–5 до 7 баллов. В Душанбино-Вахшском районе 21 июля произошло землетрясение с $K_p=13.4$, $I_0=6-7$ в районе Гарма. Всего в 2007 г. на территории Таджикистана ощущались 34 землетрясения с интенсивностью от 2 до 7 баллов.

Таблица 5. Основные параметры землетрясений Таджикистана с $K_p \geq 12.6$ за 2007 г.

№	Дата, д м	$t_0,$ ч мин с	Гипоцентр				K_p	Магнитуда				
			φ°, N	λ°, E	$h,$ км	$h_{pP},$ км		M_w	M_S	M_s	$MPSP$	m_b
1	08.01	17 21 49	39.60	70.30	10	18	14.1	6.0	6.0	6.0	6.0	5.8
2	31.01	10 52 32	39.80	70.20	10	42	12.8	5.2	4.7	4.7	5.3	5.0
3	02.02	22 02 41	38.80	71.60	10	42	12.8	5.2	4.7	4.7	5.4	5.2
4	05.02	18 29 00	40.80	72.00	10	38	13.0			3.8	4.7	4.4
5	11.02	04 39 08	36.50	72.70	10	49	13.5	5.1	4.4	4.5	5.0	4.8
6	03.04	03 35 08	36.50	70.60	200	222	14.3	6.2			5.7	5.7
7	15.04	13 59 23	39.30	72.90	10	3.6	12.6	5.0	4.2	4.3	5.3	5.0
8	15.04	22 20 09	39.20	74.90	10	41	12.8	4.9	4.2	4.2	4.9	4.6
9	22.06	04 51 22	37.10	69.10	10	19	12.7	5.3	5.0	5.1	5.3	5.2
10	21.07	22 44 12	38.94	70.33	5	17	13.4	5.2	5.0	4.9	5.8	5.5
11	25.07	06 21 32	36.20	70.30	120	127	12.7	5.0			4.7	4.6
12	31.07	02 47 05	39.20	71.40	10	13	12.7	5.0	4.3	4.3	5.3	4.9
	08.08	00 37 04	37.0	71.50	100	114	12.0	5.1			5.3	5.0
13	26.10	06 50 06	35.20	76.80	10	25	13.1	5.2	4.7	4.7	5.4	5.2
14	22.11	00 18 24	39.60	75.80	30		13.0			3.6	4.2	4.0
15	26.12	04 45 23	40.40	73.00	10	24	12.7	5.1	4.7	4.7	5.5	5.1
16	31.12	18 23 30	41.00	71.90	10	18	14.0	5.0	4.4	4.3	5.1	4.8
17	31.12	19 26 19	41.10	71.90	10	18	13.0		4.0	4.0	4.8	4.6

При рассмотрении табл. 5 можно отметить ряд особенностей. Во-первых, видно включение землетрясений (4, 13–17) вне границы ответственности, определяемой изначально в пределах координат $36-40^\circ N$, $67-75^\circ E$ и $40-41^\circ N$, $69-71^\circ E$ [1]. Во-вторых, заметно завышение значений энергетических классов относительно их магнитуд для землетрясений (4, 14, 17), и, наоборот, по той же причине занижение класса до 12.0 для землетрясения (без номера) 8 августа с $M_w=5.1$, для которой расчетный класс равен 13.2. По-видимому, это сложности перехода к цифровым записям.

Почти для всех сильных землетрясений были найдены параметры механизмов их очагов [19], приведенные в табл. 6. Стереогаммы даны на рис. 4 и будут использованы при описании событий по районам.

Таблица 6. Параметры механизмов очагов землетрясений Таджикистана с $K_p \geq 12.6$ за 2007 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h^* , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
				Mw	MS	Ms		T		N		P		NP1			NP2			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
1	08.01	17 21 49	23	6.0	6.0	6.0	14.1	26	47	62	248	9	141	187	65	13	91	78	155	GCMT
1	08.01	17 21 49	16	6.0	6.0	6.0	14.1	12	57	76	264	6	148	102	86	167	193	77	4	NEIC
2	31.01	10 52 32	20	5.2	4.7	4.7	13.0	69	33	20	219	2	129	199	47	61	57	50	117	GCMT
3	02.02	22 02 41	17	5.2	4.7	4.7	12.8	68	46	22	237	4	145	213	45	58	75	53	118	GCMT
5	11.02	04 39 08	26	5.1	4.4	4.5	13.5	2	80	34	171	56	348	141	53	-135	19	56	-47	GCMT
	12.03	12 44 42	21	5.0	4.5	4.3	11.9	86	342	2	227	3	137	225	42	88	48	48	92	GCMT
6	03.04	03 35 08	223	6.2	6.3		14.3	57	31	24	163	22	264	30	32	141	155	71	64	GCMT
6	03.04	03 35 08	222	6.2	6.3		14.3	60	29	25	172	16	270	31	36	136	160	66	62	NEIC
7	15.04	13 59 23	18	5.0	4.2	4.3	12.6	62	64	28	250	2	159	223	49	52	93	53	126	GCMT
8	15.04	22 20 09	26	4.9	4.2	4.2	12.8	12	88	71	217	14	355	131	71	-179	41	89	-19	GCMT
9	22.06	04 51 22	31	5.3	5.0	5.1	12.7	51	103	12	358	37	259	299	14	30	180	83	102	GCMT
9	22.06	04 51 22	31	5.2	5.0	5.1	12.7	48	78	7	175	41	271	175	87	83	59	7	154	NEIC
10	21.07	22 44 12	12	5.2	5.0	4.9	13.4	50	32	39	227	7	131	185	51	35	71	63	135	GCMT
11	25.07	06 21 32	131	5.0			12.7	71	64	15	281	11	188	260	36	64	111	58	108	GCMT
12	31.07	02 47 05	18	5.0	4.3	4.3	12.7	84	191	4	55	4	325	50	41	83	239	49	96	GCMT
	08.08	00 37 04	127	5.1			12.0	32	163	34	48	40	284	309	34	-8	45	86	-124	GCMT
13	26.10	06 50 06	12	5.2	4.7	4.7	13.1	10	139	64	28	24	233	274	66	-10	8	80	-156	GCMT
	06.11	02 15 47	126	5.5	4.2		12.4	13	41	64	160	22	306	85	65	-174	352	84	-25	GCMT
	02.12	11 57 05	241	5.2			12.5	52	271	5	7	38	101	221	8	124	7	83	85	GCMT
15	26.12	04 45 23	25	5.1	4.7	4.7	12.7	77	91	12	286	3	195	273	43	72	117	49	106	GCMT
16	31.12	18 23 30	20	5	4.4	4.3	14	74	323	12	102	10	195	299	37	110	94	56	75	GCMT

Примечание. Глубина h дана из решения механизма GCMT или NEIC [9].

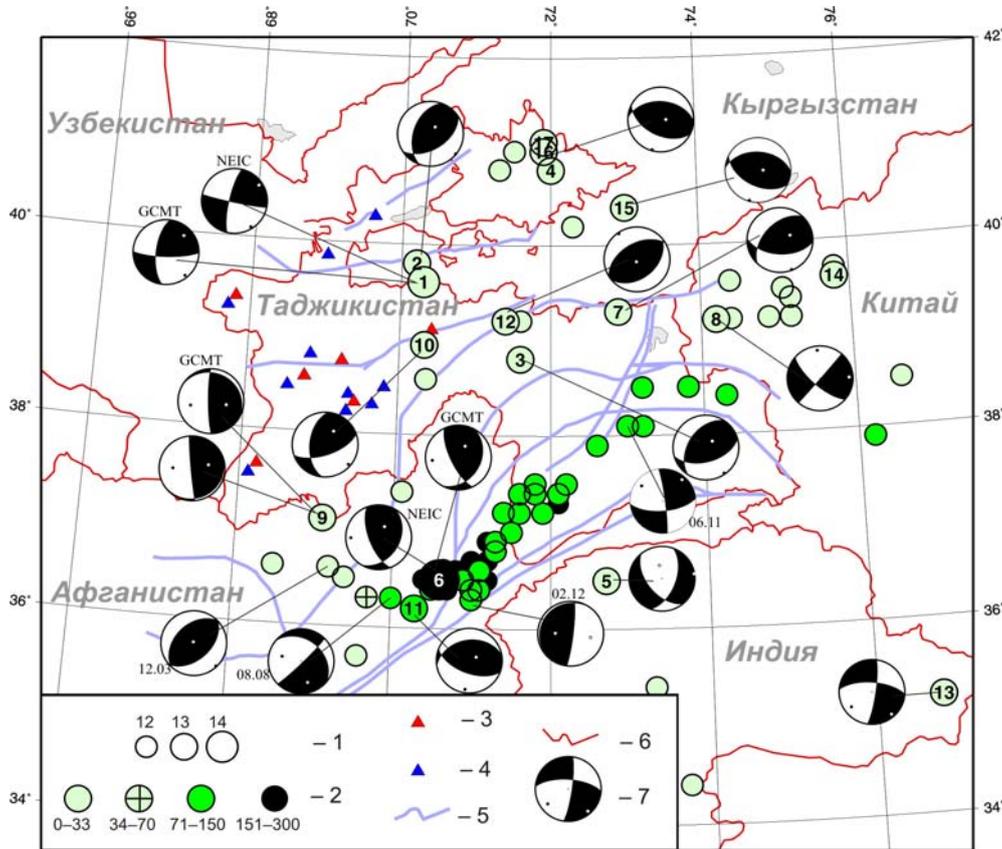


Рис.4. Карта эпицентров сильных ($K_p \geq 12.6$) землетрясений Таджикистана за 2007 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – глубинный разлом I-го порядка; 5 – государственная граница; 6 – стереограмма механизма очага, нижняя полусфера, зачернена область волн сжатия; 7 – стереограмма механизма очага, нижняя полусфера, зачернена область волн сжатия.

Сейсмичность исследуемой территории представлена на годовой карте эпицентров всех землетрясений каталога на рис. 5.

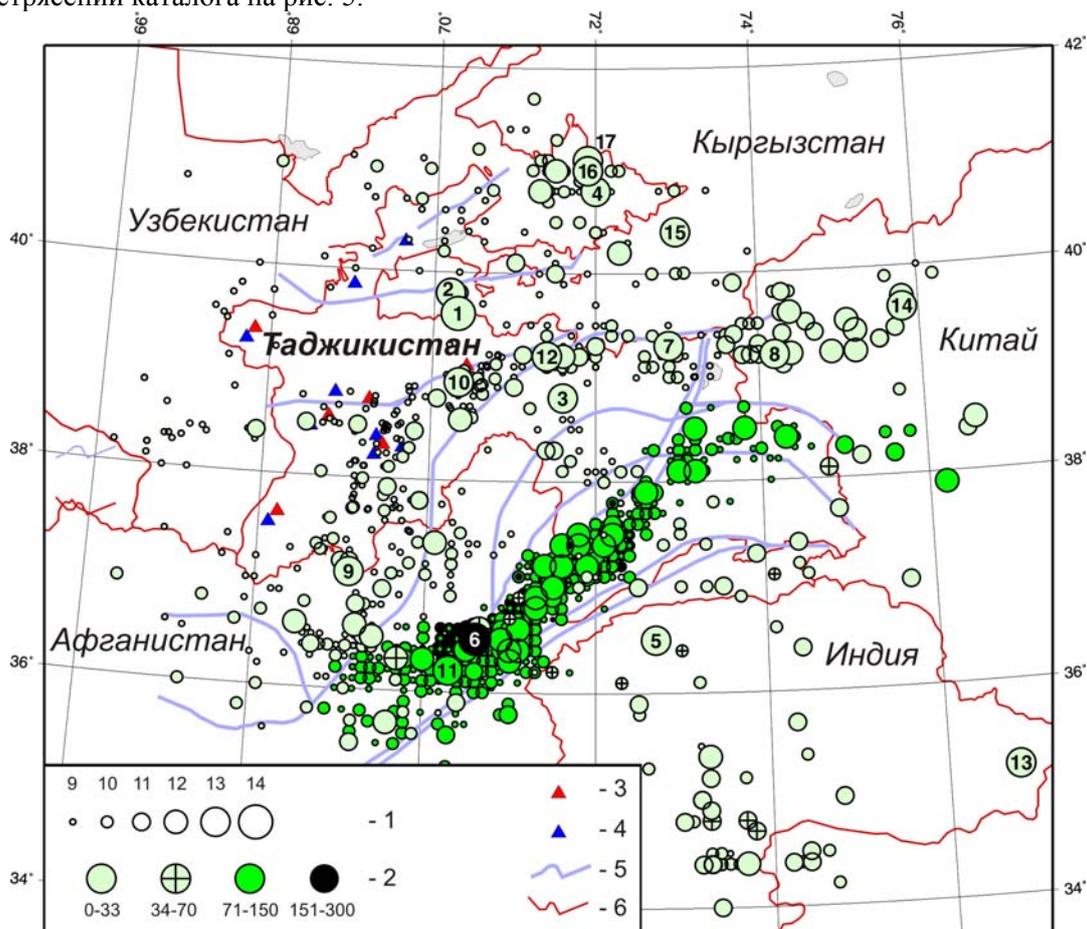


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Таджикистана за 2007 г.

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

Рассмотрим более детально сейсмичность каждой из четырех зон, привлекая карту всех (рис. 5) и сильных землетрясений (рис. 4) с нанесенными стереограммами для тех из них, которые имеют решение механизма очага.

В Юго-Западном Тянь-Шане (I) в 2007 г. сейсмическая активность повысилась как по числу землетрясений (67 (табл. 4) вместо 42 [2]), так и особенно по суммарной энергии ($\Sigma E=5.12 \cdot 10^{13}$ Дж вместо $\Sigma E=1.50 \cdot 10^{11}$ Дж). Здесь с 24 января по 5 февраля были зарегистрированы два толчка с $K_p=12$ (24 января в 17^h36^m с $K_p=12.4$, 27 января в 01^h53^m с $K_p=11.6$) и один – с $K_p=13$ (5 февраля в 18^h29^m с $K_p=13.0$). В конце года – 31 декабря – с разницей в один час (в 18^h23^m и 19^h26^m) произошли землетрясения с $K_p=14$ и 13. Эти землетрясения произошли к северу от г. Ферганы на расстоянии от 50 до 75 км в Ферганской долине на территории Узбекистана и имеют почти совпадающие координаты. Они сопровождалась повторными толчками с $K_p=9-10$. Из этой группы очагов только землетрясение (16) с $K_p=14$ имеет решение механизма очага. Оно возникло в условиях существенного превалирования напряжений почти горизонтального ($PL_p=10^\circ$) сжатия с близмеридиональной ($AZM=195^\circ$) ориентацией. Движение в очаге – почти чистый взброс по обеим нодальным плоскостям.

На территории **Южного Тянь-Шаня (II)** зарегистрированы землетрясение (1) с $K_p=14$ (8 января в 17^h21^m с $K_p=14.1$), четыре толчка (2, 10, 12, 15) с $K_p=13$ (31 января в 10^h52^m с $K_p=13.0$; 21 июля в 22^h44^m с $K_p=13.4$; 31 июля в 02^h47^m с $K_p=12.7$; 26 декабря в 04^h45^m с $K_p=12.7$) и два толчка с $K_p=12$ (26 июня в 19^h16^m с $K_p=11.8$, 2 октября в 12^h25^m с $K_p=11.8$).

Землетрясения (1, 2, 15) приурочены к Северо-Ферганскому (рис. 5), а (10, 12) – к Гиссаро-Какшаальскому разломам. Рассмотрим их отдельно.

Землетрясения (1, 2) возникли несколько южнее очаговой зоны известного [20] Исфара-Баткенского землетрясения 31.01.1977 г. с $K_p=15$. Очаги современных ощутимых событий 8 и 31 января пространственно приурочены к Центральной части Южно-Ферганского (Заамин-Хайдарканского) разлома на территории Кыргызстана в 10 и 20 км от границы с Таджикистаном. Первый из них – главный толчок с $K_p=14.1$ ($I_0=7-8$), второй – максимальный афтершок с $K_p=13.0$ ($I_0=5-6$). Они ощущались на территории Таджикистана от 2–3 до 4 баллов. Описание всей серии событий дано в отдельной статье настоящего сборника [21]. После возникновения толчка с $K_p=14$ и до толчка с $K_p=13$ здесь зарегистрировано 166 повторных толчков с $K_p=6-11$, а после толчка 31 января и до конца июня здесь зарегистрировано еще 96 афтершоков [21]. Их распределение по K_p дано в табл. 7.

Таблица 7. Распределение афтершоков землетрясения 8 января и 31 января по K_p

K_p	6	7	8	9	10	11	Всего
$N_{\text{афт}}$ до 31.01	12	98	33	16	3	4	166
То же, после 31.01	13	53	20	7	2	1	96
Всего	25	151	53	23	5	5	262

Землетрясение (15) возникло в северо-восточной части Северо-Ферганского разлома. В его очаге преимущественное влияние горизонтальных ($PL_p=3^\circ$) напряжений сжатия такой же близмеридиональной ориентации ($AZM=195^\circ$), как и в очаге землетрясения (16). Движение в очаге – чистый взброс.

В зоне влияния Гиссаро-Кокшаальского разлома отметим землетрясение (12), зарегистрированное 31 июля в 02^h47^m с $K_p=12.7$ ($I_0=5-5.5$) в районе Джиргаталя. Землетрясение возникло в условиях горизонтального сжатия север–северо-западной ориентации, приведшего к взбросовой подвижке в очаге по обеим нодальным плоскостям (табл. 6, рис. 4). За сутки до события и спустя 14^h после него здесь зафиксирован форшок и повторный толчок с $K_p=9$.

В 2007 г. на территории **Душанбино-Вахшского и Гармского районов** в пределах зоны II зарегистрировано 113 землетрясений с $K_p \geq 9$, из них 13 ощутимых. Их распределение по энергетическим классам дано в табл. 8.

Таблица 8. Распределение землетрясений Душанбино-Вахшского района по K_p

K_p	9	10	11	12	13	Всего
$N(K)$	89	14	8	1	1	113

26 июня в 19^h16^m в 20 км от Тавильдары отмечен толчок с $K_p=11.8$, он был ощутим в Душанбе (139 км) с $I=2$ балла [13].

Затем 21 июля в 22^h44^m произошло землетрясение с $K_p=13.4$ с $I_0=6-7$ баллов в районе Гарма, получившее название Гармского-V. Эпицентр этого землетрясения расположен в 8 км к юго-востоку от Рашта (Гарма) в центральной части Гиссаро-Кокшаальского разлома. Землетрясение обследовано, построена карта изосейст, ему посвящена отдельная статья в настоящем сборнике [22]. Землетрясение сопровождалось афтершоками [23]. Всего до конца года повторных толчков зарегистрировано 201 с $K_p=5.3-10.2$ (табл. 9).

Таблица 9. Распределение афтершоков Гармского-V землетрясения 21 июля

K_p	5	6	7	8	9	10	Всего
$N(K)$	9	135	36	11	7	3	201

15 февраля в 14^h13^m зарегистрировано ощутимое землетрясение с $K_p=11.5$ ($I_0=5-6$). Оно ощущалось в к. Джавони (бывший к. Торбулоки) с I до 6 баллов.

В очаговой зоне Гиссарского землетрясения 22.01.1989 г. с $K_p=14.1$, $MLH=5.7$, $I_0=7-8$ [24] 29 марта 2007 г. в 16^h17^m произошло землетрясение с $K_p=11.1$ ($I_0=4-5$), вызвавшее в Душанбе (29 км) сотрясения с $I=2$ балла [13].

В районе Больджуанских землетрясений 10–13 января 2006 г. с $K_p=8.9-10.6$ [25] в конце 2007 г. вновь реализовалась группа толчков – 16 декабря в 02^h28^m с $K_p=9.6$ и в 02^h50^m с $K_p=9.3$; 21 декабря в 06^h43^m с $K_p=9.5$, ощутимых в Больджуане (8 км) с интенсивностью $I=3-4$ балла [13]. 1 июня в 18^h19^m и 6 августа в 18^h12^m в 7 км к западу от Султанабада зафиксированы толчки с $K_p=9.3$ ($I_0=3-4$) и с $K_p=8.6$ ($I_0=3$), которые ощущались в Душанбе ($\Delta=11$ и 15 км) с $I=2$ балла.

В августе 2007 г. повысилась сейсмическая активность юго-восточной части Таджикской депрессии. Сначала 5 августа в 22^h20^m в районе Кулябской впадины зарегистрирован толчок с $K_p=11.5$, затем 24 августа с интервалом времени 12 минут (в 14^h06^m и в 14^h18^m) возникли два землетрясения с $K_p=10.6$ ($I_0=4$) и $K_p=11.5$ ($I_0=4-5$) на глубине 10 км, вызвавшие в г. Куляб (17 км) сотрясения с интенсивностью 2–3 и 3 балла соответственно [13]. Слабый ($K_p=8.6$) толчок отмечен здесь же 26 августа в 15^h30^m . Эпицентры располагались в 15–17 км к юго-востоку от г. Куляб, в долине р. Куляб-Дарья.

В III зоне Памиро-Гиндукушских коровых землетрясений за 2007 г. всего зарегистрировано 354 землетрясения, из них 7 толчков с $K_p=13$ и 18 с $K_p=12$ (табл. 4, рис. 5).

На северо-западе зоны, по Дарваз-Каракульскому разлому, на рис. 5 хорошо видны эпицентры землетрясений (7, 8, 14), из которых первые два очень близки по времени возникновения – 15 апреля в 13^h59^m и в 22^h20^m , хотя по расстоянию разнесены на 112 км. Для них имеется решение механизма очага (табл. 6, рис. 4). Для периферийного землетрясения (14) нет решения механизма его очага.

В очаге землетрясения (7) существенно преобладают ориентированные на юг–юго-восток ($AZM=159^\circ$) напряжения сжатия, т.к. $PL_p=2^\circ \ll PL_T=62^\circ$. Поэтому подвижка в очаге типа взброс, хотя и с небольшими компонентами сдвига – левостороннего по плоскости $NP1$ запад–юго-западного ($STK_1=223^\circ$) простирания, правостороннего – по $NP2$ восточного ($STK_2=93^\circ$) простирания.

Совсем иная система напряжений в очаге землетрясения (8), где напряжения сжатия и растяжения, ориентированные на север ($AZM_p=355^\circ$) и восток ($AZM_T=88^\circ$) соответственно, практически равны ($PL_T=12^\circ \approx PL_p=14^\circ$), что вызвало подвижку типа сдвиг по крутой ($DP=71^\circ$) плоскости $NP1$ юг–юго-восточного простирания ($STK_1=131^\circ$) и типа сдвиг с очень небольшой компонентой сброса – по вертикальной ($DP=89^\circ$) плоскости $NP2$ северо-восточного ($STK_2=41^\circ$) простирания. Компонента сброса обусловлена более горизонтальной ориентацией напряжений растяжения. Это интересно, т.к. в этом районе сбросов вроде быть не должно.

В пределах Северного Памира отмечено землетрясение (3) с $K_p=12.8$ ($I_0=5-6$), зарегистрированное 2 февраля в 22^h02^m в зоне между Дарваз-Каракульским (Дарваз-Заалайским) и Ванч-Акбайтальским разломами глубинными разломами I-го порядка (рис. 5). Система напряжений в его очаге характеризуется значительным превосходством ориентированных на юг–юго-восток ($AZM=145^\circ$) напряжений сжатия ($PL_p=4^\circ \ll PL_T=68^\circ$) и, как результат, взбросовое движение в очаге с незначительными компонентами сдвига, левосторонними по плоскости $NP1$ юг–юго-западного ($STK=213^\circ$) простирания и правосторонними – по $NP2$ восток–северо-восточного ($STK=75^\circ$) простирания.

В северо-восточной части Афганской депрессии в 19 км к югу от г. Пяндж 22 июня в 04^h51^m возник толчок (9) с $K_p=12.7$ ($I_0=4.5-5$). На станции «Душанбе» (165 км) вызванная им интенсивность сотрясений составила 3 балла. Решение механизма очага для этого землетрясения получено в GCMT и NEIC [9] и представлено в табл. 6. Они близки и в обоих решениях одна из нодальных плоскостей имеет близмеридиональное простирание (179 и 175°). Она расположена близвертикально (83 и 87°), по ней произошел почти чистый взброс с очень небольшим правосторонним сдвигом, вторая нодальная плоскость в обоих решениях близка к горизонту – 14 и 7° соответственно. По этой плоскости произошел надвиг с незначительными компонентами левостороннего сдвига.

Сейсмический процесс в Кумсангирском районе шел как фоновый, так и афтершоковый на уровне отдельных ощутимых толчков, которые произошли 21 февраля в 15^h48^m с $K_p=9.9$ и 30 июля в 01^h00^m с $K_p=9.1$ 2007 г. и ощущались с интенсивностью от 2–3 балла.

В Памиро-Гиндукушской зоне (IV) глубокофокусных землетрясений в 2007 г. локализовано 1947 землетрясений с $K_p \geq 9$ на глубинах $h=70-250$ км, причем максимальная глубина

250 км зарегистрирована сразу у десяти землетрясений, девять из которых в афганской части (31 января, 4 и 8 марта, 24 августа в 17^h41^m и 20^h01^m, 26 сентября, 13 и 19 октября, 19 декабря) и один (2 февраля) – в хорогской [13]. Всего ощутимых глубокофокусных Памиро-Гиндукушских землетрясений с интенсивностью от 2 до 4–5 баллов за 2007 г. зарегистрировано 12 с глубин 70–220 км. Максимальная интенсивность $I=4-5$ баллов зафиксирована в Хороге от максимального глубокого землетрясения (6), произошедшего 3 апреля в 03^h25^m с $K_p=14.3$, $M_w=6.2$. Параметры его механизма очага определены в GCMТ и NEIC. Решения в табл. 6 очень близки: по крутым (71 и 66°) плоскостям юг–юго-восточного (155, 160°) простирания подвижка типа взброс с небольшими компонентами левостороннего сдвига, по пологим (32 и 36°) плоскостям север–северо-восточного (30 и 31°) простирания – правосторонний сдвиг с небольшим надвигом. Эти подвижки обусловлены превалированием напряжений сжатия широтной (264 и 270°) ориентации.

Основная часть глубокофокусных землетрясений располагалась за пределами республики на территории Афганистана (рис. 5). Традиционно **Памиро-Гиндукушская зона (IV)** подразделяется по плотности эпицентров на три подзоны: Афганскую ($\varphi \leq 36.9^\circ N$), Хорогскую ($\varphi = 37.0-37.9^\circ N$) и Мургабскую ($\varphi = 38.0-38.8^\circ N$). Такое деление целесообразно, так как эти зоны характеризуются разным видом распределения землетрясений по глубине [26]. Землетрясения с $K_p \geq 12$ по подзонам распределились следующим образом (табл. 10).

Таблица 10. Распределение сильных глубоких землетрясений с $K_p \geq 12$

Подзона	K_p			N_Σ	$\Sigma E,$ $10^{14} Дж$
	12	13	14		
Афганская	27	1	1	29	1.37
Хорогская	11			11	0.11
Мургабская	6			6	0.06

Большинство глубокофокусных землетрясений произошло как всегда в **Афганской подзоне Гиндукуша**. Максимальный энергетический класс этой зоны, как указано выше, равен $K_{max}=14.3$, т.е. на порядок выше, чем в 2006 г. Землетрясение такой энергии, как отмечено выше, зарегистрировано 3 апреля на глубине $h=200$ км и ощущалось в г. Хорог с $I=4-5$ баллов; в Душанбе, Нуреке и Калининабаде – 4 балла; на сейсмической станции «Гезан» – 3–4 балла. Землетрясение тринадцатого энергетического класса (11 на рис. 5) зарегистрировано 25 июля в 06^h21^m на глубине $h=120$ км. На территории республики оно не ощущалось. Согласно табл. 6, подвижка в его очаге по обеим нодальным плоскостям практически чистый взброс с очень незначительными компонентами сдвига, правостороннего по плоскости $NP2$ восток–юго-восточного простирания и левостороннего – по $NP1$ близширотного простирания (рис. 4). В этой же зоне зарегистрировано 27 толчков с $K_p=12$, что вдвое больше, чем в 2006 г. [2]. Из них 13 ощущались в г. Душанбе и Хороге с $I=2-3$ балла.

В **Хорогской подзоне** зарегистрировано 523 землетрясения, из которых 11 землетрясений двенадцатого энергетического класса и одно тринадцатого (19 декабря в 23^h21^m с $h=160$ км). Ощутимыми были два землетрясения, возникшие 3 августа в 10^h54^m с $K_p=11.9$ и 8 августа в 00^h37^m с $K_p=12.0$ на глубине $h=100$ км. Первое из них вызвало сотрясения с $I=3$ балла в Гарме (271 км) и 2 балла – в Душанбе (288 км); второе – с $I=2$ балла – в Душанбе (295 км) [13].

В **Мургабской подзоне** отмечено 69 землетрясений с $h=80-150$ км, при этом на максимальной ($h=150$ км) глубине возникли два слабых землетрясения: 22 января в 06^h25^m с $K_p=8.6$ и 4 июля в 00^h02^m с $K_p=9.3$. Четыре землетрясения имеют равный класс $K_p=11.8$. Они зарегистрированы 20 марта в 08^h50^m на глубине $h=100$ км, 11 мая в 04^h06^m с $h=100$ км, 15 июля в 02^h02^m с $h=140$ км и 2 сентября в 15^h52^m с $h=80$ км. Максимальный класс составил $K_{max}=12.4$ и характеризует толчок 6 ноября в 02^h15^m с $h=90$ км. Именно это землетрясение ощущалось на о. Сарез (21 км) с интенсивностью $I=3-4$ балла, а в Душанбе (370 км) – 2 балла.

В целом уровень сейсмической активности на территории Таджикистана, по сравнению с таковым в 2006 г. [2], повысился и по числу землетрясений (2634 вместо 2266), и по суммарной сейсмической энергии ($6.074 \cdot 10^{14}$ Дж вместо $2.499 \cdot 10^{14}$ Дж). Наиболее интересными проявлениями сейсмичности оказались сильное коровое Шураб-Каравшинское землетрясение на севере

Таджикистана в пограничном с Кыргызстаном районе с $I_0=7-8$ баллов [16] и Гармское-V землетрясение в Раштском (Гармском) районе Таджикистана с $I_0=6-7$ баллов [23]. Оба землетрясения характеризуются редкой несогласованностью в ориентации областей афтершоков с ориентацией зоны максимальной балльности.

Л и т е р а т у р а

1. 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.
2. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 116–124.
3. Негматуллаев С.Х. Современная сеть сейсмического мониторинга Таджикистана // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 125–131.
4. Негматуллаев С.Х., Девонашоев А.Ю., Мирбаева З.Д. Возрождение сети сейсмического мониторинга в Таджикистане // Уменьшение стихийных бедствий и управление этими рисками. – Душанбе: Дониш, 2006. – С. 3–15.
5. Михайлова Р.С., Бибарсова Д.Г., Аранович З.И., Ахалбедашвили А.М., Джанузаков К., Яковлев В.Н., Михайлова Н.Н., Шакиржанова Г.Н., Рахимов А.Р., Матасова Л.М. Опыт оценки K_{\min} представительных землетрясений отдельных районов и всего региона Средней Азии и Казахстана // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1982. – Душанбе: Дониш, 1984. – С. 25–42.
6. Кулагин В.К. Строение земной коры Вахшского района Таджикской ССР по сейсмическим данным. Канд. дис. – Иркутск: Фонды Иркутского гос. ун-та, 1970. – 150 с.
7. 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.
8. Улубиева Т.Р. (отв. сост. ГС АН РТ), Хусейнова Г.А. (отв. сост. ИГССС АН РТ); сост.: Рислинг Л.И., Нилобекова З.М., Туракулова З., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н. (НС АН РТ); Малюта Н.Б., Шараускас Л.М., Давлятова Р. (ИГССС АН РТ). Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 2007 г. ($N=2624$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. Bulletin of the International Seismological Centre for 2007. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2009.
10. Джанузаков К.Д. (отв. сост. по региону), Шукурова Ы.Б. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А. (Казахстан), Холикова М.А. (Узбекистан), Соколова Н.П., Сопиева К., Шипулина С.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Гайшук Л.Н., Тулегенова М.К., Джалилова С.С. Каталог землетрясений Центральной Азии за 2007 г. ($N=486$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
11. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2007 г. / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2007–2008. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2007/
12. Джураев Р.У. Гармское землетрясение 21 июля 2007 года с $K_p=13.4$, $I_0=6$ (Таджикистан) (оригинал). – Фонды ГС РАН от 27.05.2013 г. – 7 с.
13. Улубиева Т.Р. (ГС) (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.М., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н. // Хусейнова Г.А. (ИГССС) (отв. сост.), Шараускас Л.М., Малюта Н.Б., Давлятова Р., Шараускас Н.В. Каталог землетрясений Таджикистана за 2007 г. ($N=2634$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
14. Джураев Р.У., Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах ($n=108$) Таджикистана в 2007 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
15. Джанузаков К.Д., Муралиев А.М., Калмыкова Н.А., Холикова М.А. Центральная Азия. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
16. Михайлова Р.С. Шураб-Каравшинское землетрясение 8 января 2007 г. с $M_w=6.0$, $I_0=7-8$ (Таджикистан–Кыргызстан). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
17. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
18. 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.

19. **Михайлова Р.С. (сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2007 г. ($N=18$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
20. **Негматуллаев С.Х., Маламуд А.С., Михайлова Р.С., Саломов Н.Г., Старков В.И., Сквородкин Ю.П.** Исфара-Баткенское землетрясение 1977 года и возможности оперативного прогноза // Прогноз землетрясений. № 1. – Душанбе: Дониш, 1982. – С. 300–310.
21. **Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С.** Афтершоки ($N=263$) Шураб-Каравшинского землетрясения 8 января 2007 г. с $M_w=6.0$, $I_0=7-8$ (Таджикистан–Кыргызстан). (Таджикистан). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
22. **Джураев Р.У., Михайлова Р.С.** Гармское-V землетрясение 21 июля 2007 г. с $K_p=13.4$, $M_w=5.2$, $I_0=6-7$ (Таджикистан). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
23. **Улубиева Т.Р. (отв. сост.)**. Афтершоки ($N=201$) Гармского-V землетрясения 21 июля 2007 г. с $M_w=5.2$, $K_p=13.4$, $I_0=6-7$ (Таджикистан). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
24. **Джураев Р.У., Шакиржнова Г.Н.** Гиссарское землетрясение 22.01.1989 г. // Землетрясения в СССР в 1989 г. – М.: Наука, 1993. – С. 76–84.
25. **Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Шараускас Л.М., Малюта Н.Б., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Шараускас Н.В.** Каталог землетрясений Таджикистана за 2006 год ($N=2265$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
26. **Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И.** Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 77–84.