

ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева¹, Р.С. Михайлова², Л.И. Рислинг¹¹Геофизическая служба АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, tanya_55_08@mail.ru
²ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, raisa@gsras.ru

Система наблюдений. В 2011 г. непрерывные сейсмологические наблюдения, как и в 2010 г. [1], проводились Геофизической службой Академии наук Республики Таджикистан (ГС АН РТ). Регистрация землетрясений Таджикистана и сопредельных государств осуществлялась в 2011 г., как и ранее [2], семью цифровыми широкополосными сейсмическими станциями Trident+Trillium40: «Чуянгарон», «Гарм», «Гезан», «Игрон», «Шаартуз», «Манем», «Чорух-Дайрон» и одной аналоговой – «Душанбе». Сведения о них приведены в Приложении [3] к наст. ежегоднику. Сеть из цифровых станций в Таджикистане начала создаваться в 2005 г. под руководством академика С.Х. Негматуллаева [4]. Работа выполнена НПО «RMP International» при поддержке Швейцарского агентства по развитию и сотрудничеству (ШАРС) и при содействии фирмы «Нанометрикс» Канады в рамках проекта по возрождению сети сейсмических наблюдений в Таджикистане.

В 2005 г. были открыты цифровые станции «Гарм» (05.10.2005 г.), «Шаартуз» (22.10.2005 г.) и «Душанбе» (24.10.2005 г.); в 2006 г. – «Гезан» (02.11.2006 г.) и «Игрон» (18.11.2006 г.). В 2007 г. цифровой комплект на станции «Душанбе» 16.08.2007 г. был снят и переустановлен с 05.11.2007 г. на станцию «Чуянгарон». В 2008 г. эта сеть пополнилась с 22 июля на юге станцией «Манем» вблизи г. Хорог, с 18 октября – на севере станцией «Чорух-Дайрон», вблизи г. Худжанд (Ленинабад). На этом завершилось формирование сети цифровых станций. Карта расположения сейсмических станций дана на рис. 1.



Рис. 1. Сеть сейсмических станций на территории Таджикистана в 2011 г.

Методика наблюдений. В целом границы исследуемой территории (в пределах координат 36–40°N, 67–75°E и 40–41°N, 69–71°E) и схема сейсмоактивных зон Таджикистана (рис. 2) не изменились, по сравнению с установленными в 1995 г. [5], хотя обработка землетрясений частично проводилась и вне указанных границ.

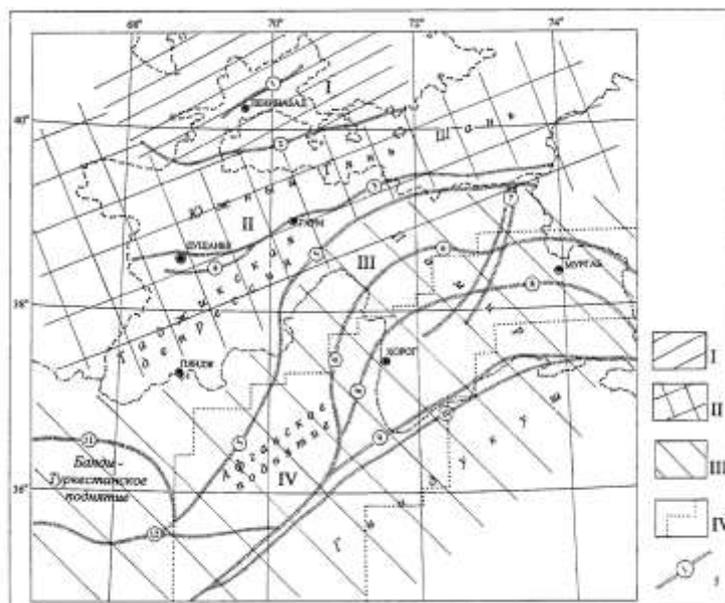


Рис. 2. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и глубинные разломы

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 [6]: 1 – Северо-Ферганский; 2 – Заамин-Хайдараканский; 3 – Южно-Гиссарский; 4 – Илякско-Вахшский; 5 а – Дарваз-Заалайский; 5 б – 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.

Методика обработки цифровых записей землетрясений осталась прежней [7]. 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 используется следующее программное обеспечение: CoreEarthworm – программа для автоматической обработки землетрясений, включающая в себя программу Нуроinverse, где собраны годографы и геологические характеристики региона, и Oracle – базу данных для хранения сейсмической информации и программу для обработки сейсмической информации вручную [8].

В результате сводной обработки составлен каталог землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана, Индии и Китая за 2011 г. [9]. Как и ранее [10], в ред. в него добавлены значения разных магнитуд по поверхностным (M_S , M_s), объемным (M_{PSP} , m_b) волнам и моментная (M_w) магнитуда вместе с сейсмическим моментом M_0 из бюллетеней MOS [11] и ISC [12]. Кроме того, в каталог добавлено значительное число макросейсмических данных из трех источников – каталога землетрясений Центральной Азии [13], сейсмологического бюллетеня ГС РАН [11] и NEIC [14]. В итоге сведения об ощутимости были собраны в ред. для 46 землетрясений. Все макросейсмические данные распечатаны по конкретным населенным пунктам в специальном приложении [15]. Общее число сотрясенных населенных пунктов в 2011 г. составило 76 [16]. В каталоге механизмов очагов 13 землетрясений Таджикистана [17] региональных решений нет, все они заимствованы из других источников [14, 18, 19].

Итоговый каталог землетрясений Таджикистана [9] содержит 3947 землетрясений с $K_p=8.6-15.0$, из них 2691 – глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения с $h \geq 70$ км и 1256 – мелкофокусные с $h < 70$ км, разбросанные по всей территории. Минимальная глубина гипоцентра $h=2$ км присвоена землетрясению 7 июня в $10^h 04^m$ с $K_p=9.5$ в Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО), а максимальная – $h=270$ км – двум землетрясениям с $K_p=9.8$ (15 апреля в $00^h 12^m$ и 18 апреля в $01^h 20^m$), локализованным в мантии в пределах Афганской и Хорогской подзон глубоких очагов. Суммарная энергия всех землетрясений 2011 г., выделенная в их очагах, равна $\Sigma E=1.79 \cdot 10^{15}$ Дж.

Наиболее сильные ($K_p \geq 12.6$) события за 2011 г. представлены в табл. 1. Суммарное их число равно $N_\Sigma = 19$, в 2010 г. их было 17 [1].

Таблица 1. Основные параметры землетрясений Таджикистана с $K_p \geq 12.6$ за 2011 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр					K_p	Магнитуда				
			φ° . N	λ° . E	h , км	h_{pP} , км	$h_{pP} - h$		M_S [11]	M_s [12]	$MPSP$ [11]	m_b [12]	M_w [19]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	01.01	01 56 01	39.80	74.70	20	10	-10	14.1	4.4	4.4	5.2	5.1	4.9
2	19.01	03 46 48	39.50	72.00	10	36	26	12.7	4.2	4.3	5.0	4.9	
3	24.01	02 45 31	38.40	73.00	90	101	11	14.5	6.2*		6.2	6.0	6.1
4	21.03	09 49 02	36.50	70.90	180	194	14	13.7			5.7	5.5	5.8
5	16.04	20 50 04	38.00	76.50	80	124	44	13.1			4.6	4.6	
6	14.05	10 21 31	36.60	71.10	230	236	6	12.7			4.8	4.7	
7	14.05	21 07 21	36.50	70.70	180	207	27	13.9	5.9*		6.0	5.7	6.0
8	17.05	00 30 39	36.70	71.10	230	237	7	12.6			4.9	4.9	
9	23.05	13 22 29	39.70	74.90	10	31	21	13.0		3.7	4.8	4.7	
10	19.07	19 35 42	40.25	71.45	20	19	-1	15.0	6.2	6.2	6.2	6.0	6.2
11	17.08	23 52 03	36.70	69.40	20	36	16	13.0	4.3	4.3	5.3	5.1	4.9
12	19.08	23 49 10	36.20	69.30	90	10	-80	13.0		3.9	5.2	4.7	
13	26.08	20 32 42	36.70	71.00	180	201	21	13.4	5.0*		5.7	5.4	5.3
14	08.09	19 46 49	39.10	70.55	20	33	13	13.0	4.3	4.4	5.1	5.0	4.9
15	14.09	11 26 18	36.50	70.70	180	211	31	12.7			4.3	4.4	
16	07.11	11 59 33	36.70	71.10	200	218	18	14.0			5.6	5.6	5.7
17	01.12	12 48 12	38.30	76.80	20	34	14	13.6	4.4	4.5	5.2	5.2	4.9
18	12.12	15 02 22	36.60	70.80	200	142	-58	12.7			4.9	4.8	
19	28.12	19 19 17	36.60	70.60	190	225	35	12.7			4.6	4.6	

Примечание. В графе 10 знаком * отмечены увеличенные на 0.8 значения магнитуд по поверхностным волнам $M_{S_{MOS}}$ из бюллетеня [11], скорректированные, согласно рекомендациям Н.В. Кондорской [20], за глубину.

Отметим, что в табл. 1 почти для всех землетрясений наблюдается завышение глубин очагов h_{pP} , определенных по глубинной фазе обменных волн pP , относительно региональных глубин h по годографу. Обратная тенденция имеет место лишь для трех землетрясений с номерами № 1, № 12 и № 18. Из них наихудшая ситуация с землетрясением № 12 с региональной глубиной очага $h=90$ км и, следовательно, отнесение его к глубоким очагам, а по обменной волне оно возникло в земной коре, даже приповерхностное с $h=10$ км. Не исключено, что при его обработке была допущена ошибка. Карта эпицентров сильных землетрясений изображена на рис. 3.

На рис. 3 видно, что из 19 сильных землетрясений непосредственно в государственных границах Республики Таджикистан локализованы лишь два –

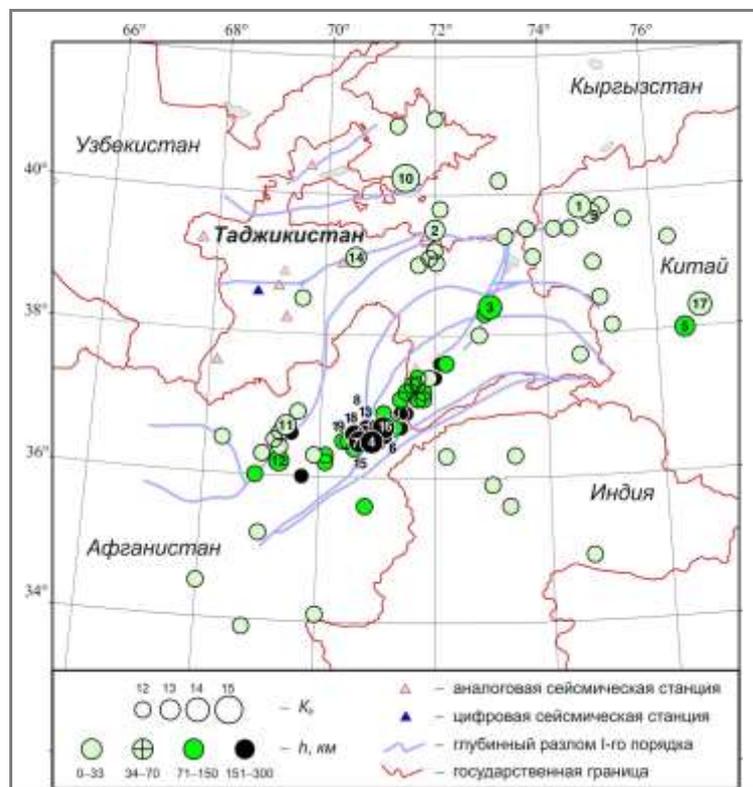


Рис. 3. Карта эпицентров сильных ($K_p \geq 11.6$) землетрясений Таджикистана за 2011 г.

№ 3 и № 14. Первое из них приурочено к меридиональной на Памире сейсмогенной зоне [21] Каракульско-Сарезских разломов (№ 7 на рис. 2), второе – непосредственно к сейсмогенной зоне Южно-Гиссарского (Гиссаро-Кокшаальского) глубинного разлома [22] (№ 3 на рис. 2). Рассмотрим их более детально.

Землетрясение № 3 зарегистрировано 24 января в 02^h43^m с $K_p=14.5$ [9], $MS=5.4$ [11], $Mw_{GCMT}=6.1$ [19] на значительной глубине $h=90$ км. Если учесть поправку +0.8 [20] за глубину, то получим $MS^*=5.4+0.8=6.2$, т.е. величину, близкую к $Mw_{GCMT}=6.1$. С такой глубины оно вызвало сотрясения небольшой интенсивности, но на значительных расстояниях: 3–4 балла по шкале MSK-64 [23] в Хороге (162 км), 3 балла – в Хаите (202 км) и Душанбе (365 км), 2–3 балла – в Оби-Гарме (288 км), ощущалось в Худжанде (быв. Ленинабад) (354 км) [15]. Более того, по данным NEIC [14] (по шкале MM [24]), оно ощущалось еще в нескольких государствах: Узбекистане, Кыргызстане, Казахстане, Китае, Афганистане, Пакистане и Индии (табл. 2):

Таблица 2. Пункты-баллы для землетрясения 24 января в 02^h43^m с $K_p=14.5$ на Северном Памире

	Город	Страна	φ	λ	Δ , км	I_{MSK-64}	I_{MM}
1	Хорог	РТ	37.492	71.558	162	3.5	
2	Хаит	РТ	39.18	70.88	202	3	
3	Osh	КР	40.53	72.78	237		ощ.
4	Kashi	КНР	39.467	75.993	282		ощ.
5	Оби-Гарм	РТ	38.72	69.7	288	2.5	
6	Худжанд	РТ	40.28	69.62	354		ощ.
7	Душанбе	РТ	38.568	68.794	365	3	
8	Istaravshan	РТ	39.91	69	380		ощ.
9	Kunduz	ИРА	36.73	68.87	411		ощ.
10	Shymkent	КР	42.32	69.6	417		ощ.

	Город	Страна	φ	λ	Δ , км	I_{MSK-64}	I_{MM}
11	Tashkent	РУ	41.267	69.217	448		3
12	Abbottabad	ИРП	34.15	73.22	473		ощ.
13	Srinagar	РИ	34.08	74.8	507		ощ.
14	Peshawar	ИРП	34	71.5	508		3
15	Kargil	РИ	34.57	76.1	511		ощ.
16	Islamabad	ИРП	33.67	73.17	525		3
17	Ludhiana	РИ	30.9	75.85	876		ощ.
18	Delhi	РИ	28.7	77.2	1152		2
19	Noida	РИ	28.57	77.32	1170		ощ.

Примечание. В столбце 3: РТ – Республика Таджикистан, КР – Киргизская Республика, КНР – Китайская Народная Республика, ИРА – Исламская Республика Афганистан, РК – Республика Казахстан, РУ – Республика Узбекистан, РИ – Республика Индия, ИРА – Исламская Республика Пакистан.

Все пункты охватывают очень большую территорию примерно в 44 кв. градуса (рис. 4).

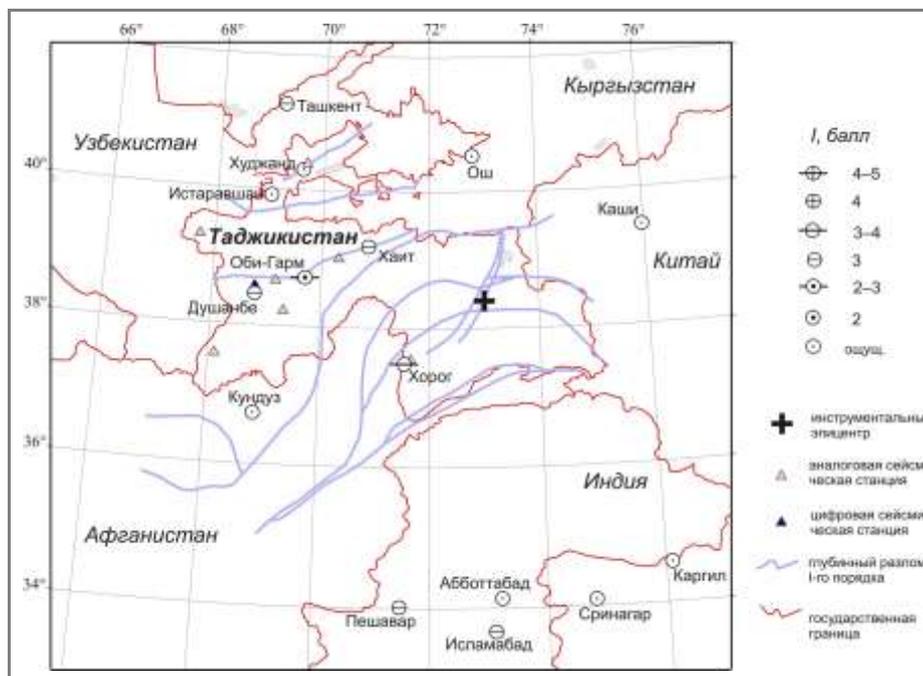


Рис. 4. Пункты-баллы для землетрясения 24 января с $K_p=14.5$, $Mw=6.1$

1 – инструментальный эпицентр; 2 – балльность; 3, 4 – цифровая и аналоговая станция соответственно; 5 – глубинный разлом; 6 – государственная граница.

Для этого землетрясения в [17] есть определения механизма очага по данным GCMT и NEIC, приведенные в табл. 3.

Таблица 3. Параметры механизма очага землетрясения 24 января 2011 г. в 02^h45^m с $K_p=14.1$ (по данным GCMT и NEIC) и 8 сентября 2011 г. в 19^h46^m с $K_p=13.0$ (GCMT)

Дата, д м	t_0 , ч мин с	K_p	Координаты очага			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
			φ°, N	λ°, E	h , км	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
24.01	02 45 31	14.5	38.40	73.00	90	24	85	43	199	38	335	27	81	-47	126	44	-167	GCMT
						28	87	37	200	41	330	26	82	-43	126	37	-167	NEIC
08.09	19 46 49	13.0	39.10	70.55	20	36	201	53	32	5	295	243	69	149	345	61	24	GCMT

Согласно табл. 3, в его очаге преобладали напряжения растяжения, в результате чего по близвертикальным ($81^\circ, 82^\circ$) нодальным плоскостям $NP1$ север–северо-восточного ($27^\circ, 26^\circ$) простирания реализовались сбросы с незначительными компонентами левостороннего сдвига; по пологим ($44^\circ, 37^\circ$) нодальным плоскостям $NP2$ восток–юго-восточного (126° и 126°) простирания – правосторонние сдвиги с элементами сброса (рис. 5).

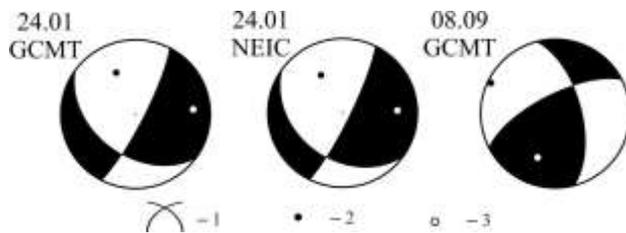


Рис. 5. Стереограммы землетрясения 24 января с $K_p=14.5, M_w=6.1$, и 8 сентября с $K_p=13.0, M_w=4.9$

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

Землетрясение № 14 зарегистрировано 8 сентября в 19^h46^m с $K_p=13.0$ [9]. $M_S=4.3$ [11]. $M_w_{GCMT}=4.9$ [19] на глубине $h=20$ км в Гармском районе Таджикистана. Оно ощущалось с интенсивностью 4–5 баллов в Гарме (22 км), 2–3 балла – в Джерино (150 км), 2 балла – в Нуреке (128 км) и Душанбе (160 км) [15]. Согласно табл. 3, в его очаге преобладали напряжения сжатия близширотной ориентации. По обеим диагональным нодальным плоскостям с близкими наклонами ($69^\circ_{NP1}, 61^\circ_{NP2}$) возникли сдвиго-сбросы (правосторонний сдвиг по $NP1$, левосторонний – по $NP2$).

Остальные события с $K_p \geq 12.6$ локализованы вне границ Таджикистана (рис. 3). Из них наибольший интерес представляет максимальное в каталоге [9] землетрясение с $K_p=15.0$ (№ 10), названное Канским. Оно реализовалось в земной коре 19 июля в 19^h35^m на территории Кыргызстана и Узбекистана. Ему посвящена отдельная статья в наст. ежегоднике [25].

Распределение всех землетрясений 2011 г. по крупным сейсмоактивным зонам I–IV представлено в табл. 4. В скобках указано, в том числе, число землетрясений вне границ ответственности каталога (в пределах координат $36\text{--}40^\circ N, 67\text{--}75^\circ E$ и $40\text{--}41^\circ N, 69\text{--}71^\circ E$).

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по крупным зонам I–IV за 2011 г.

№	Зона	K_p								N_Σ	ΣE . Дж
		9	10	11	12	13	14	15			
I	Юго-Западный Тянь-Шань	159(14)	349(7)	8(4)	2(2)				1	204(27)	$1.003 \cdot 10^{15}$
II	Южный Тянь-Шань	276(25)	98(11)	17(1)	4	2	1			398(37)	$1.27 \cdot 10^{14}$
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	410(6)	151(26)	57(19)	33(10)	2	1(1)			654(62)	$1.25 \cdot 10^{14}$
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	1779(33)	767(34)	84(5)	49(1)	8(3)	4			2691(76)	$5.37 \cdot 10^{14}$
	Всего	2624(78)	1050(78)	166(29)	88(13)	12(3)	6(1)	1		3947(202)	$1.79 \cdot 10^{15}$

Как видим, в 2011 г., относительно ситуации в 2010 г. [1], по всем зонам произошло увеличение числа землетрясений, а именно: в зоне I – 204 вместо 27, в зоне II – 398 вместо 304,

в зоне III – 654 вместо 475; в зоне IV – 2691 вместо 2164. Карта эпицентров всех землетрясений дана на рис. 6.

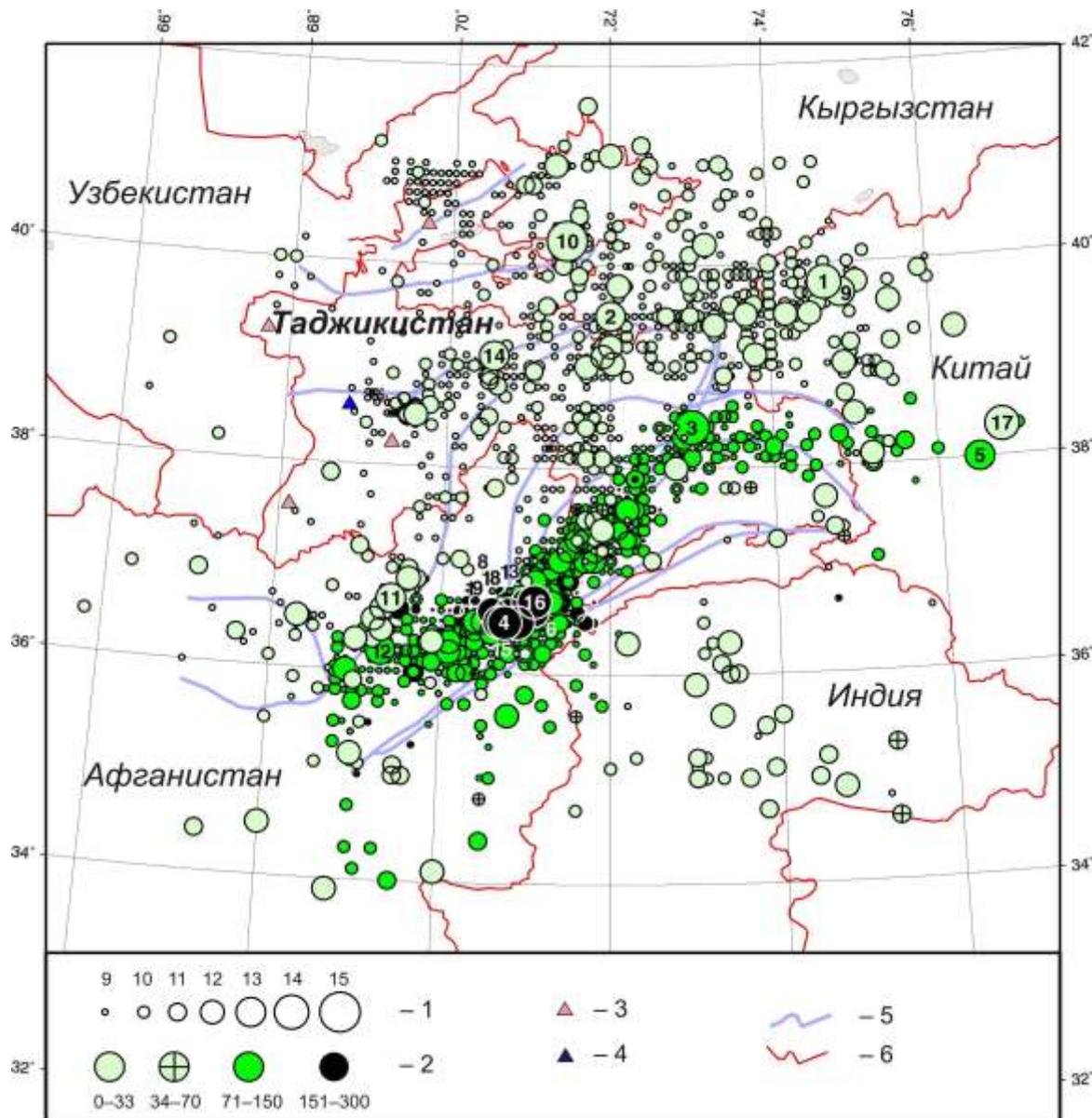


Рис. 6. Карта эпицентров всех 3947 землетрясений Таджикистана и прилегающих территорий за 2011 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3, 4 – сейсмическая станция, цифровая и аналоговая соответственно; 5 – глубинный разлом I-го порядка; 6 – государственная граница.

Рассмотрим детально сейсмичность в каждой из зон I–IV.

На территории **Юго-Западного Тянь-Шаня (I)** сейсмическая активность повысилась почти в 8 раз. В этой зоне зарегистрировано событие с $K_p=15.0$ и группа из двух близких толчков равной энергии ($K_p=11.8$) в Ферганской долине, отмеченных 25 сентября в 19^h18^m и 13 октября в 10^h16^m [9]. Названное выше Канское землетрясение с $K_p=15.0$ произошло на территории Кыргызстана вблизи (5 км) границы с Узбекистаном. Очаг этого землетрясения пространственно приурочен к восточному окончанию Заамин-Хайдарканского разлома (№ 2 на рис. 2). Оно ощущалось до 5 баллов на севере Республики в г. Худжанд (147 км), где погиб один человек, выпрыгнув со 2-го этажа своего дома. В Душанбе (276 км) интенсивность сотрясений не превысила 4 баллов.

В пределах **Южного Тянь-Шаня (II)** максимальный энергетический класс равен $K_p=14.1$. Землетрясение такого класса зарегистрировано 1 января в 01^h56^m в северо-восточной

части изучаемой территории, на территории Китая (рис. 3). Здесь же 23 мая 13^h22^m отмечен толчок с $K_p=13.0$.

В северо-восточной части зоны II, в зоне влияния Гиссаро-Кокшаальского разлома, примерно в 4 км к западу от населенного пункта Джафр и в 22 км к северо-востоку от Гарма, произошло упомянутое выше землетрясение 8 сентября в 19^h46^m с $K_p=13.0$, с глубиной очага 20 км. В эпицентральной зоне отмечены сотрясения с интенсивностью до 5 баллов. С его эпицентральной зоной, ограниченной координатами 38.8–39.1°N и 70.4–70.6°E, в прошлом связаны несколько разрушительных землетрясений Таджикистана: 8-балльное Каратегинское 13.11.1895 г. с $M=5.1$, 7–8-балльное Газорчашминское-I 22.09.1956 г. с $M=4.5$, 6–7-балльное Гармское-III 22.03.1969 г. с $M=5.3$ [26]; 7-балльное Газорчашминское-II 26.02.1983 г. с $M=5.3$ [27].

В зоне влияния центральной части Илякско-Вахшского глубинного разлома зарегистрированы три ощутимые землетрясения: одно с $K_p=12$ и два с $K_p=11$ на глубине 10 км. Землетрясение с $K_p=12.1$ произошло 22 августа в 16^h25^m. Его эпицентр располагался на одинаковом расстоянии (24 км) к юго-востоку от Файзабада, к северо-востоку от Нурека, к юго-западу от Рогуня и в 7 км к востоку от очагов толчков 12 января в 07^h21^m с $K_p=10.6$ и 29 сентября в 01^h11^m с $K_p=11.0$ [9]. В этом районе интенсивность сотрясений в Нуреке, Рогуне, Обигарме и Игроне составила 3–4 балла; в Душанбе – 3 балла. Толчки с $K_p=10.6$ и с $K_p=11.0$ возникли в 17 км к юго-востоку от Файзабада и в 19 км к северо-востоку от Нурека. Интенсивность сотрясений при первом толчке составила в Нуреке 4 балла; при втором – в Файзабаде 3–4 балла и в Душанбе – 2 балла. В очаговых зонах этих трех землетрясений имеем дискретный характер развития сейсмотектонических процессов. Скорость расхождения эпицентров 12 января и 22 августа составила 34 м в сутки.

В западной части Таджикской депрессии, в зоне Илякско-Вахшского разлома, в 8 км к северо-западу от Султанабада и в 11 км к юго-востоку от центра г. Душанбе, отмечен слабый толчок с $K_p=8.9$, который, тем не менее, ощущался в Душанбе с $I=2$ балла.

В относительно асейсмичной юго-западной части Таджикской депрессии 20 апреля в 08^h18^m зафиксировано землетрясение с $K_p=11.5$ на глубине 10 км. Интенсивность сотрясений в г. Курган-Тюбе была 3–4 балла, в Сарбанде – 3 балла [15].

В непосредственной близости от Рогуня (10 и 5 км) 22 февраля и 19 июля отмечены 2 толчка с $K_p=10.7$ и с $K_p=10.4$. Они ощущались в Рогуне с $I=2-3$ балла.

В Раштской (быв. Гармской) долине Нурабадского (быв. Новабадского) района, в 4 км от пос. Дарбанд (быв. Комсомолабад), 27 января возникло небольшое землетрясение с $K_p=8.7$. Ощутимость в Гарме была 3 балла. 11 октября и 29 декабря в районе пос. Тавильдара (примерно 17 км) отмечены два толчка с $K_p=11$. Очаги этих землетрясений пространственно приурочены к центральной части Дарваз-Заалайского разлома (№ 5 а на рис. 2). Второй толчок ощущался в Тавильдаре и в Гарме с $I=4-5$ баллов.

В Памиро-Гиндукушской зоне (III) сейсмичность в пределах земной коры уменьшилась по уровню суммарной сейсмической энергии почти на порядок – с $1.25 \cdot 10^{14}$ Дж до $1.28 \cdot 10^{15}$ Дж (табл. 4). В Афганской депрессии, сейсмической зоне сближения Банди-Туркестанского поднятия и западных отрогов Гиндукуша, между Альбурз-Мормульским и Афгано-Северо-Памирским разломами, отмечено одно ощутимое землетрясение с $K_p=13$ и 8 землетрясений с $K_p=12$. Очаги этих толчков расположены в интервале глубин от 10 до 30 км. Землетрясение с $K_p=13.0$ зарегистрировано 17 августа в 23^h52^m. Его эпицентр и очаги 6 толчков приурочены к центральной части Афгано-Северопамирского разлома (№ 5 б на рис. 2). Глубины гипоцентров толчков составляли 20 км. Землетрясение ощущалось на территории Таджикистана до 2–3 баллов [15].

25 ноября на 70-м меридиане зафиксирован толчок с $K_p=9.2$. Он ощущался в Кулябе с $I=2$ балла. В северо-восточной части Гиндукуша, на территории Пакистана, 25 апреля отмечено землетрясение с $K_p=12.5$, $h=30$ км. Оно ощущалось в Душанбе с $I=2$ балла. На территории западной части Южного Памира, в зоне между западными окончаниями Бартанг-Пшартского и Северо-Гиндукушского разломов, в 15 км к северо-востоку от с. Рошткала и 35 км к юго-востоку от Хорога, 23 марта в 00^h45^m зарегистрировано ощутимое в Хороге (3 балла) землетрясение с $K_p=12.4$. Оно сопровождалось незначительным числом последующих толчков – в течение суток здесь зарегистрировано 9 афтершоков [9]. Из них 3 толчка с $K_p=10$ и 6 толчков 9-го энергетического класса. Далее регистрировались в основном только слабые толчки, один ощутимый в Хороге (2 балла) с $K_p=9.5$ возник 30 марта в 00^h26^m [15]. Интенсивность сотрясений в эпицентре основного толчка составила 4–5 баллов, а афтершоков – до 2–3 баллов.

В северо-западной части Южного Памира отмечен толчок с $K_p \div 12$. В пределах Северного Памира зафиксированы 5 землетрясений с $K_p \div 12$ в зоне между Дарваз-Заалайским и Ванч-Акбайтальским разломами. Эпицентры двух сейсмических толчков с $K_p \div 12$ зафиксированы в 50 и 62 км к юго-востоку от Джиргатая и приурочены к центральной части Дарваз-Заалайского разлома.

На территории Кыргызстана отмечено два толчка: Один с $K_p=12.7$ (19 января в 03^h46^m с $h_{\text{рег}}=10$ км, $h_{\text{гг}}=36$ км) и другой с $K_p=12.0$ (21 июня в 14^h47^m с $h_{\text{рег}}=10$ км, $h_{\text{гг}}=56$ км [9]). Расстояние между эпицентрами – 35 км.

В **Памиро-Гиндукушской зоне (IV)** глубокофокусных землетрясений локализовано 2691 землетрясение с $K_p \geq 8.6$ на глубинах $h=70-270$ км. Их пространственное распределение представлено на рис. 6.

Основная часть глубокофокусных землетрясений располагалась на территории Афганистана. Традиционно вся область глубокофокусных землетрясений подразделяется по плотности гипоцентров на три подзоны: Афганскую ($\varphi \leq 36.9^\circ N$). Хорогскую ($\varphi \leq 37.9^\circ N$) и Мургабскую ($\varphi \leq 38.8^\circ N$). Такое деление целесообразно, так как они характеризуются разным видом распределения землетрясений по глубине (табл. 5).

Таблица 5. Распределение землетрясений по глубинам в пределах Афганской, Хорогской и Мургабской подзон в 2011 г.

h, км	Подзона					
	Афганская		Хорогская		Мургабская	
	Ni	Ni/N	Ni	Ni/N	Ni	Ni/N
70	14	0.0074	7	0.0105		
80	154	0.0817	103	0.1549	68	0.4823
90	24	0.0127	16	0.0241	9	0.0638
100	131	0.0695	104	0.1564	43	0.3050
110	5	0.0026	5	0.0075		
120	5	0.0026	10	0.0150	1	0.0071
130	156	0.0827	90	0.1353	15	0.1064
140	113	0.0599	74	0.1113	4	0.0284
150	168	0.0891	114	0.1714	1	0.0071
160	172	0.0912	13	0.0195		
170	14	0.0074	4	0.0060		
180	308	0.1634	42	0.0632		

h, км	Подзона					
	Афганская		Хорогская		Мургабская	
	Ni	Ni/N	Ni	Ni/N	Ni	Ni/N
190	18	0.0095	2	0.0030		
200	249	0.1321	43	0.0647		
210	148	0.0785	15	0.0223		
220	77	0.0408	4	0.0060		
230	46	0.0244	9	0.0286		
240	35	0.0186	5	0.0075		
250	47	0.0249	4	0.0060		
260						
270	1	0.00005	1	0.0015		
280						
N_Σ	1885	100%	665	100%	141	100%
ΣE	4.11·10 ¹⁴ Дж		12.4·10 ¹² Дж		1.11·10 ¹⁴ Дж	

Как всегда, большинство глубокофокусных землетрясений произошло в Афганской подзоне Гиндукуша (табл. 6).

Таблица 6. Распределение глубоких землетрясений по энергетическим классам в пределах Афганской, Хорогской и Мургабской подзон в 2011 г.

Подзона	K_p							N_Σ
	9	10	11	12	13	14	≥ 12	
Афганская	1258(1078)	523(330)	58(54)	36(30)	7(4)	3(1)	46(35)	1885(1497)
Хорогская	440(430)	192(125)	21(27)	12(5)			12(5)	665 (587)
Мургабская	81(41)	52(23)	5(9)	1(6)	1(1)	1(0)	3(7)	141(80)
Всего	1779(1549)	767(478)	84(90)	49(41)	8(1)	4(1)	61(47)	2691(2164)

Примечание. В скобках для сравнения представлено количество землетрясений в 2010 г. из [1].

Как видим, сейсмическая активность глубоких землетрясений, относительно таковой в 2010 г., повысилась во всех трех подзонах.

Максимальный энергетический класс Афганской подзоны на уровне $K_p \div 14$. Землетрясение такого уровня энергии зарегистрировано три: 21 марта в 09^h49^m с $K_p=13.7$,

$h=180_{\text{пер}}/194_{\text{рр}}$ км, 14 мая в $21^{\text{h}}07^{\text{m}}$ с $K_p=13.9$, $h=180_{\text{пер}}/207_{\text{рр}}$ км и 7 ноября в $11^{\text{h}}59^{\text{m}}$ с $K_p=14.0$, $h=200_{\text{пер}}/218_{\text{рр}}$ км [9]. Они ощущались на территории Таджикистана с интенсивностью от 2 до 4 баллов [15], а также на территории других государств. Для них определены параметры механизмов очагов, приведенные в табл. 7.

Таблица 7. Параметры механизма очага землетрясения 21 марта в $09^{\text{h}}49^{\text{m}}$ с $K_p=13.7$, 14 мая в $21^{\text{h}}07^{\text{m}}$ с $K_p=13.9$ и 7 ноября в $11^{\text{h}}59^{\text{m}}$ с $K_p=14.0$ (по данным GCMТ и NEIC)

Дата, д м	t_0 , ч мин с	K_p	Координаты очага			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
			φ° , N	λ° , E	h , км	T		N		P		NP1			NP2			
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
21.03	09 49 02	13.7	36.50	70.90	180	61	298	21	73	19	171	63	67	67	292	32	134	GCMТ
						60	298	19	68	20	166	60	68	69	287	30	132	NEIC
14.05	21 07 21	13.9	36.50	70.70	180	64	42	6	299	25	206	121	70	97	281	21	72	GCMТ
						63	36	4	296	25	204	118	71	95	283	20	76	NEIC
07.11	11 59 33	14.0	36.70	71.10	200	81	260	1	162	9	72	161	36	88	343	54	91	GCMТ
						75	276	8	157	13	65	145	32	76	342	59	99	NEIC

Оси напряжений сжатия в этих очагах наклонены к горизонту под меньшими углами, чем оси напряжений растяжения, т.е. в этих очагах преобладают напряжения сжатия. Правда, ориентированы они по-разному: близмеридионально в первых двух очагах и на восток–северо-восток – в третьем очаге. Все стереограммы изображены на рис. 7.

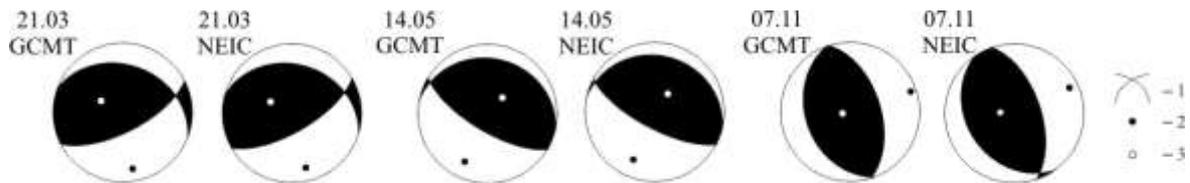


Рис. 7. Стереограммы землетрясений, произошедших 21 марта с $K_p=13.7$, $h=180$ км; 14 мая с $K_p=13.9$, $h=180$ км и 7 ноября с $K_p=14.0$, $h=200$ км

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

Движение типа чистый взброс по обеим нодальным плоскостям реализовалось в очаге максимального ($K_p=14.0$) из них, зарегистрированного 7 ноября. В очагах двух других землетрясений произошли взбросы по близвертикальным нодальным плоскостям, а по наклонным плоскостям – сдвиги для землетрясения 21 марта с $K_p=13.7$ и надвиги – для 14 мая с $K_p=13.9$ (рис. 7).

В Хорогской подзоне зарегистрировано 12 землетрясений 12-го энергетического класса [9]. Землетрясения с $K_p \geq 13$ здесь не отмечены.

Мургабская подзона обычно характеризуется очень слабой сейсмичностью, однако в 2011 г. здесь произошло землетрясение с $K_p \div 14$. Сейсмическая активность в этой подзоне проявилась на территории, расположенной между Ванч-Акбайтальским и Бартанг-Пшартским разломами (рис. 3), где 24 января возник описанный выше толчок с $K_p=14.5$ [9]. Его эпицентр расположен на юго-востоке Северного Памира в 37 км к северо-востоку от оз. Сарез и приурочен к южной части Каракульско-Сарезского разлома. Он ощущался до 3–4 баллов [15].

В целом сейсмический процесс на территории Таджикистана в 2011 г. протекал в фоновом режиме без заметных импульсов активизации.

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2010 г. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016 – С. 137–149.
2. Улубиева Т.Р. (сост.). Сейсмические станции Геофизической службы АН Республики Таджикистан в 2010 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2010 г. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016 – (На CD).

3. **Улубиева Т.Р. (сост.).** Сейсмические станции Геофизической службы АН Республики Таджикистан в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
4. **Негматуллаев С.Х.** Современная сеть сейсмического мониторинга Таджикистана // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 125–131.
5. **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.
6. **Ачилов 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., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А.** Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 133–144.
8. **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.
9. **Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.Г., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н., Артёмова Е.В. (сост.).** Каталог землетрясений Таджикистана за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
10. **Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Михайлова Р.С., Нилобекова З.М., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н. (сост.).** Каталог землетрясений Таджикистана за 2008 г. (N=5754) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – (На CD).
11. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год /** Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2011.
12. **International Seismological Centre (ISC),** On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
13. **Фролова А.Г. (по региону), Шукурова Р. (по региону), Берёзина А.В. (по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Гессель М.О. (Казахстан), Тулаганова М.Т. (Узбекистан) (отв. сост.), Молдобекова С., Першина Е.В., Афонина Л.Р., Неверова Н.П., Бектурганова Б.Б., Содикова Н.М., Кучкарова К.И. (сост.).** Каталог землетрясений Центральной Азии за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
14. **GS National Earthquake Information Centre.** – URL: <ftp://hazards.cr.usgs.gov/edr/>.
15. **Улубиева Т.Р., Артёмова Е.В., Левина В.И. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Таджикистана в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
16. **Улубиева Т.Р., Артёмова Е.В., Пойгина С.Г., Бахтиарова Г.М. (сост.).** Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Таджикистана за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
17. **Левина В.И., Михайлова Р.С. (сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
18. **Муралиев А.М. (отв. сост.), Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С., Полешко Н.Н., Досайбекова С.К., Калмыкова Н.А., Холикова М.А. (сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
19. **Global CMT Catalog Search** – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
20. **Кондорская Н.В.** Инструментальные данные // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 13.
21. **Михайлова Р.С.** Современная сейсмичность Памира и схемы сейсмогенных зон на его территории // Физика Земли. – 1982 – № 7. – С. 10–17.
22. **Бабаев А.М., Киняпина Т.А., Мирзоев К.М., Михайлова Р.С., Кошлаков Г.В.** Сейсмическое районирование территории Таджикистана // Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука. 1980. – С. 175–182.

-
23. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64 // Сейсмическое районирование СССР (Ред. С.В. Медведев). – М.: Наука, 1968. – С. 158–162.
 24. **The Modified Mercalli Intensity Scale.** USGS National Earthquake Information Centre. – URL: <http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>.
 25. **Камчыбеков М.П., Усманова М.Т., Фролова А.Г., Джураев А., Егембердыева К.А., Нурматов У.А., Камчыбеков Ы.П., Чаримов Т.А.** Канское землетрясение 19 июля 2011 г. с $K_p=14.1$, $MS=6.2$, $I_0=8-9$ (Кыргызстан–Узбекистан) // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 379–391.
 26. **Михайлова Р.С., Каток А.П., Матасова Л.М., Джанузаков Л.М., Сыдыков А. (отв. сост.).** III. Средняя Азия и Казахстан [300 до н.э. – 1974 г., $M \geq 5.0$, $MPSP \geq 5.6$, $MPVA \geq 5.3$; $I_0 \geq 6.0$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 198–296.
 27. **Джураев Р.У., Шварц А.В., Иодко В.К.** Газорчашминское землетрясение 26 февраля 1983 г. // Землетрясения в СССР в 1983 году. – М.: Наука, 1986. – С. 48–52.