

ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева¹, Р.С. Михайлова², Л.И. Рислинг¹¹Геофизическая служба АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, tanya_55_08@mail.ru²ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, raisa@gstras.ru

Аннотация. Каталог землетрясений Таджикистана за 2012 г. содержит 4570 землетрясений с $K_p=8.6-14.6$, из них 3331 – глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения с $h=70-270$ км и 1209 – мелкофокусные, разбросанные по всей территории. Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в очагах всех землетрясений, составила $\Sigma E=2.51 \cdot 10^{15}$ Дж. Непосредственно в границах Республики наибольшим ($K_p=14.6$, $M_w=5.7$) было землетрясение 12 мая в Тавильдаринском районе. Погиб один человек, 1.5 тысячи человек остались без крова. Максимальное землетрясение ($K_p=14.3$, $M_w=5.8$) среди глубоких возникло 12 июля в Афганской подзоне. Из-за большой глубины оно вызвало сотрясения небольшой ($I \leq 4$) интенсивности в эпицентральной зоне, но на значительных расстояниях (до 1180 км) и ощущалось в Узбекистане, Казахстане, Афганистане, Пакистане и Индии. Однако в целом сейсмический процесс в Республике протекал в фоновом режиме.

Abstract. The catalog of Tajikistan earthquakes for 2012 contains 4570 earthquakes with $K_p=8.6-14.6$, of which 3331 are deep-focus Pamir-Hindu Kush earthquakes with $h=70-270$ km and 1209 – shallow earthquakes scattered throughout the territory. The total seismic energy released in the foci of all earthquakes amounted to $\Sigma E=2.51 \cdot 10^{15}$ Joules. Immediately within the borders of the Republic of the largest ($K_p=14.6$, $M_w=5.7$) was an earthquake on May 12 in the Tavillara region. One person perished, 1.5 thousand people were left homeless. At least one person killed, many buildings destroyed. Among the deepest maximum ($K_p=14.3$, $M_w=5.8$), the earthquake arose on July 12 in the Afghan subzone. Due to a big depth, it caused shocks of low intensity ($I \leq 4$) in epicentral zone, but at considerable distances (up to 1180 km) it was felt in Uzbekistan, Kyrgyzstan, Kazakhstan, China, Afghanistan, Pakistan and India. However, in general, the seismic process in the Republic proceeded in the background regime.

Система наблюдений. В 2012 г. непрерывные сейсмологические наблюдения, как и в 2011 г. [1], проводились Геофизической службой Академии наук Республики Таджикистан (ГС АН РТ). Регистрация землетрясений Таджикистана и сопредельных государств – Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана, Индии, Китая – осуществлялась семью цифровыми широкополосными сейсмическими станциями Trident+Trillium40: «Чуянгарон», «Гарм», «Гезан», «Игрон», «Шаартуз», «Манем» и «Чорух-Дайрон» (рис. 1).



Рис. 1. Сеть цифровых широкополосных сейсмических станций на территории Таджикистана в 2012 г.

Сеть из цифровых станций в Таджикистане начала создаваться в 2005 г. [2] под руководством академика С.Х. Негматуллаева [3]. Работа выполнена НПО «PMP 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 «Чуян-Горон». В 2008 г. эта сеть пополнилась с 22 июля на юге Памира станцией «Манем» вблизи г. Хорог, с 18 октября на севере – станцией «Чорух-Дайрон» вблизи г. Худжанд (Ленинабад) и на этом завершилось формирование сети цифровых станций [4]. Координаты и параметры станций даны в Приложении [5] к наст. ежегоднику.

Методика наблюдений. В целом границы исследуемой территории (в пределах координат $36-40^{\circ}\text{N}$, $67-75^{\circ}\text{E}$ и $40-41^{\circ}\text{N}$, $69-71^{\circ}\text{E}$) и схема сейсмоактивных зон Таджикистана, по сравнению с установленными в 1995 г. [6], не изменились (рис. 2), хотя обработка землетрясений частично проводилась и вне указанных границ.

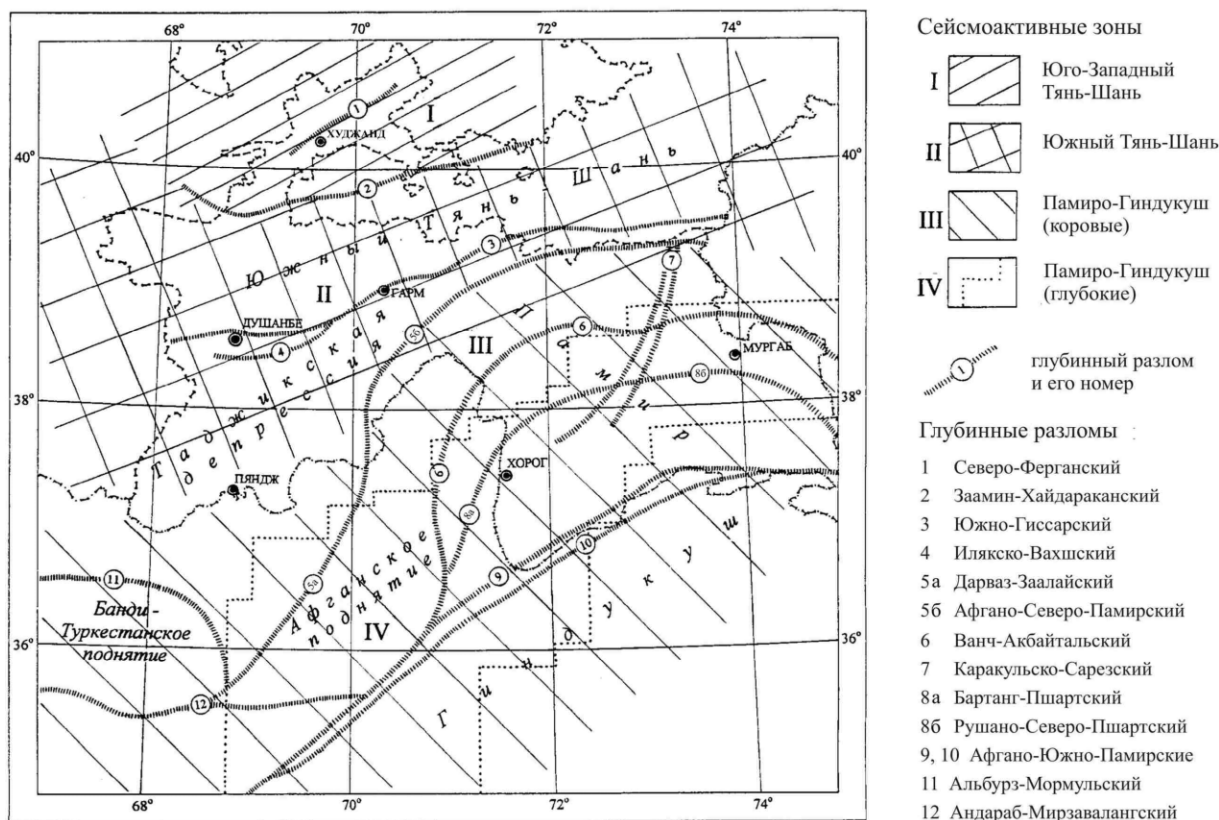


Рис. 2. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и глубинные разломы по [7]

Методика обработки цифровых записей землетрясений осталась прежней [8]. 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 режиме реального времени. Для обработки и анализа сейсмических данных используется следующее программное обеспечение: CoreEarthworm – программа для автоматической обработки землетрясений, включающей в себя программу Nuproinverse, где собраны годографы и геологические характеристики региона; Oracle – база данных для хранения сейсмической информации; программа для обработки сейсмической информации вручную [9].

В результате сводной обработки составлен каталог землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана, Индии и Китая за 2012 г. [10]. Как и ранее [11], в *ред.* в него из бюллетеня ISC [12] добавлены значения магнитуд по поверхностным (MS , Ms), объемным ($MPSP$, m_b) волнам и моментная (Mw) магнитуда вместе с сейсмическим моментом M_0 . Региональные сведения об ощутимости землетрясений, приведенные в каталоге [10], существенно дополнены в *ред.* из бюллетеней MOS [13], ISC [12] и, частично, из обзора сейсмичности Центральной Азии [14]. Все макросейсмические данные расписаны по конкретным населенным пунктам в специальном приложении [15]. Перечень сотрясенных населенных пунктов в 2012 г. приведен в [16]. В каталоге механизмов очагов землетрясений Таджикистана [17] региональных решений нет, все они заимствованы из [12] и [18].

Итоговый каталог [10] Таджикистана содержит 4540 землетрясений в диапазоне $K_p=8.6-14.6$, из них 3331 – глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения с $h \geq 70$ км и 1209 – мелкофокусные толчки с $h < 70$ км, разбросанные по всей территории. Минимальная глубина гипоцентра $h=3$ км присвоена трем землетрясениям с $K_p=9$ в Душанбино-Вахшском районе (20 июня в 13^h51^m с $K_p=9.0$, 28 августа в 19^h33^m с $K_p=9.0$, 11 сентября в 02^h47^m с $K_p=8.6$), а максимальная – $h=270$ км – четырем землетрясениям с $K_p=9-10$, три из которых локализованы в пределах Афганской подзоны глубоких очагов (26 марта в 21^h22^m с $K_p=10.4$, 2 ноября в 16^h10^m с $K_p=9.1$, 1 декабря в 07^h20^m с $K_p=9.0$) и одно (7 ноября в 09^h27^m с $K_p=9.6$) – в Хорогской подзоне [10]. Суммарная энергия всех 4540 землетрясений, выделившаяся в их очагах, равна $\Sigma E=2.51 \cdot 10^{15}$ Дж. Наиболее сильные ($K_p \geq 12.6$) события за 2012 г. представлены в табл. 1, суммарное число их составило $N_{\Sigma}=19$, столько же, сколько в 2011 г. [1].

Таблица 1. Основные параметры землетрясений Таджикистана с $K_p \geq 12.6$ за 2012 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр				K_p	Магнитуда				
			φ°, N	λ°, E	h , км	h_{pp} , км		Mw	MS	Ms	$MPSP$	m_b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02.03	13 40 06	39.40	74.40	10		13.5	4.9	4.7	4.6	5.2	5.0
2	12.03	06 06 36	36.80	73.30	30	30	14.6	5.7	5.4	5.5	5.7	5.5
3	31.03	04 16 56	36.60	71.10	220	226	13.3				4.9	4.9
4	17.04	15 15 59	36.50	70.20	190	213	12.9				4.8	4.6
5	03.05	06 42 38	36.60	70.50	170	146	12.7	5.0			4.7	4.7
6	12.05	23 28 40	38.79	70.46	10	13	14.6	5.7	5.8	5.8	6.1	6.0
7	11.06	05 02 09	35.95	69.45	30	20	13.6	5.3	5.0	5.0	5.5	5.4
8	11.06	05 29 08	35.95	69.40	30	20	14.3	5.8	5.5	5.6	5.6	5.5
9	24.06	21 49 34	36.50	71.00	100	98	12.7				4.6	4.3
10	12.07	14 00 34	36.60	70.70	210	197	14.3	5.8	5.7*		6.0	5.7
11	12.07	14 44 55	36.45	70.95	150	154	12.6				4.8	4.6
12	19.07	07 36 55	37.30	71.10	100	101	13.5	5.7	5.5*		5.6	5.6
13	13.08	20 32 58	34.90	73.50	60		13.2	5.0		4.2	5.4	5.3
14	12.09	19 29 56	36.80	71.20	200	187	12.9	5.0				5.1
15	14.09	06 45 11	36.55	69.50	180	176	12.7				4.6	4.5
16	25.09	08 32 11	36.50	69.10	10	29	13.2	5.2	4.9	4.8	5.3	5.2
17	14.10	13 17 26	36.30	69.20	20	41	12.6		4.2	4.2	5.0	5.0
18	15.10	23 43 46	35.90	69.40	100	101	12.6	4.9			4.9	4.9
18	28.10	12 11 17	36.60	71.00	220	214	12.7				4.7	4.7
19	29.12	17 50 54	35.70	70.50	100	118	12.9	5.6			5.6	5.6

Примечание. В графе 10 знаком * отмечены увеличенные на 0.8 значения магнитуд по поверхностным волнам MS_{MOS} из бюллетеня [13], скорректированные, согласно рекомендациям Н.В. Кондорской [19], за глубину.

Как видно из (рис. 3), непосредственно на территории республики отмечено всего одно сильное землетрясение (№ 6 из табл. 1), зарегистрированное 12 мая с $K_p=14.6$, $Mw=5.7$ в 12 км к северу-западу от Тавиль-Дары. Остальные события с $K_p \geq 12.6$ локализованы вне границ Таджикистана.

Распределение всех землетрясений 2012 г. по крупным сейсмоактивным зонам представлено в табл. 2. В скобках дано, число землетрясений вне указанных границ.

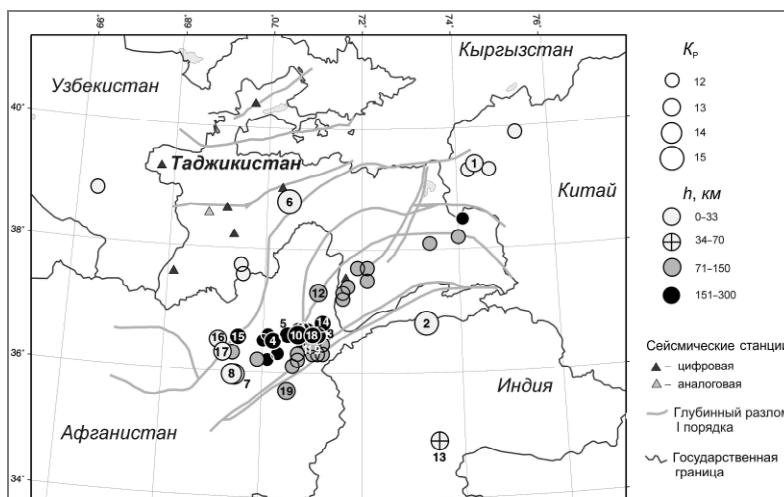


Рис. 3. Карта эпицентров сильных ($K_p \geq 11.6$) землетрясений Таджикистана за 2012 г.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений за 2012 г. по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по крупным зонам I–IV

№	Зона	K_p						N_Σ	ΣE , Дж
		9	10	11	12	13	14		
I	Юго-Западный Тянь-Шань	71(25)	7(4)	6(6)				84(35)	$7.41 \cdot 10^{11}$
II	Южный Тянь-Шань	312(56)	63(18)	16(5)	5(3)		1	397(82)	$1.01 \cdot 10^{15}$
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	508(54)	155(35)	56(14)	2	4(3)	2	728(106)	$1.25 \cdot 10^{15}$
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	2452(47)	740(15)	91(9)	37(1)	10(1)	1	3331(73)	$2.56 \cdot 10^{14}$
	Всего	3343(182)	965(72)	169(34)	44(4)	14(4)	3	4540(296)	$2.51 \cdot 10^{15}$

Относительно данных за 2011 г. [1], в 2012 г. произошло увеличение числа землетрясений в зонах III (728 вместо 654) и IV (3331 вместо 2691). В Южном Тянь-Шане (зона II) суммарное число землетрясений практически осталось на прежнем уровне (397 и 398), но в Юго-Западном Тянь-Шане (зона I) число землетрясений заметно уменьшилось (84 вместо 204). Карта эпицентров всех землетрясений дана на рис. 4.

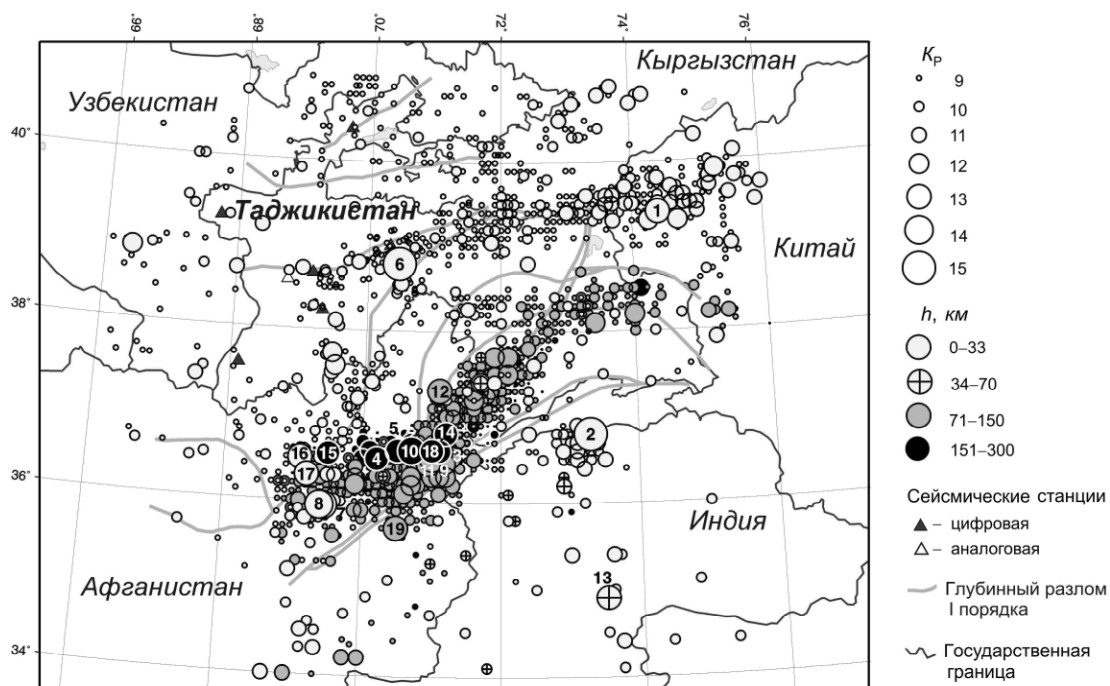


Рис. 4. Карта эпицентров всех 4540 землетрясений Таджикистана и прилегающих территорий за 2012 г.

Рассмотрим детально сейсмичность в каждой из четырех зон I–IV.

Территория зоны **Юго-Западного Тянь-Шаня (I)** характеризовалась в целом невысоким уровнем сейсмической активности с $N_{\Sigma}=84$ и сейсмической энергии $\Sigma E=7.41 \cdot 10^{11}$ Дж. Максимальное землетрясение имеет $K_p=11.5$. Оно произошло 9 декабря в 16^h46^m на востоке зоны. Отметим также ощутимый толчок с $K_p=10.2$, произошедший 17 мая в 15^h00^m в 10 км к северо-западу от г. Истаравшан в узком перешейке Худжандской области, на границе Таджикистана и Узбекистана. Эпицентр этого землетрясения пространственно приурочен к западному окончанию Заамин-Хайдараканского разлома (№ 2 на рис. 2). Интенсивность сотрясений в г. Истаравшан равна 3–4 балла [15]. Глубина его очага составила 10 км, как впрочем и других 74 из 84 толчков зоны I. Лишь восемь событий имели глубины 20 км, а более глубоких очагов в этой зоне за 2012 г. не зарегистрировано [10].

На территории зоны **(II) – Южного Тянь-Шаня** – хорошо видна на рис. 4 активизация процессов в северо-восточной части Таджикской депрессии, в зоне между Южно-Гиссарским (№ 3 на рис. 2) и Дарваз-Заалайским разломами (№ 5). Здесь 12 мая в 23^h28^m произошло землетрясение с $K_p=14.6$, $M_w=5.7$, $I_0^p=7$ [15] в 5.6 км к северо-западу от кишлака Лангар, в 12 км к север–северо-западу от Тавиль-Дары и в 27 км к юго-востоку от Гарма. Погиб один человек, 1.5 тысячи человек остались без крова. Это событие сопровождалось двумя ощутимыми повторными толчками с $K_p=9–10$ (18 мая, $I_0^p=3$) и (27 мая, $I_0^p=4$). Глубины очагов 10 км. Очаги всех этих эпицентров пространственно приурочены к Дарваз-Заалайскому разлому на южном склоне западной части хребта Петра Первого. Землетрясение ощущалось: при главном толчке в к. Лангар и районе Тавиль-Дары 6–7 баллов, Гарме (27 км) – 6 баллов, Рогуне (65 км) – 4–5 баллов, Душанбе (149 км) – 4 балла, Хороге (175 км) – 3–4 балла. До конца года здесь зарегистрировано 420 толчков с $K_p=6–10$ [19]. Этому землетрясению посвящена в наст. ежегоднике отдельная статья [20]. Интенсивность сотрясений при повторных толчках в районе Тавиль-Дары не превышала 3 баллов.

В Центральной части Южно-Гиссарского разлома (№ 3), на Рогунско-Дарбандском участке, зафиксированы два ощутимые землетрясения, произошедшие 22 марта в 04^h10^m с $K_p=11.0$ в 12 км к юго-западу от п. Дарбанд (Комсомолабад) с $I_i=3$ балла и в 15 км от Оби-Гарма с $I_i=2–3$ балла; 27 апреля в 10^h32^m с $K_p=10.3$ и в 17 км к северо-востоку от Рогуна с $I_i=3–4$ балла [15]. На границе Таджикистана и Узбекистана, в западной оконечности Южно-Гиссарского разлома (№ 3) 20 февраля в 03^h13^m зарегистрировано землетрясение с $K_p=11.1$ в 19 км к западу от г. Турсунзаде (Регар) с $I_i=3–4$ балла, а в Душанбе (65 км) – 2 балла. 23 июля в 18^h32^m отмечен толчок с $K_p=10.8$ к юго-западу от п. Айни (27 км) с $I_i=2–3$ балла. В непосредственной близости от Байпазы, в 7 км к востоку, 30 апреля в 23^h55^m зафиксирован толчок с $K_p=10.0$, который ощущался в Игроне (14 км) до 3 баллов [15].

Вблизи южной границы Душанбино-Вахшского района и в 32 км к юго-западу от г. Куляб, на территории района Мирсаид Али Хамадани, 29 июня в 02^h06^m зарегистрировано землетрясение с $K_p=11.6$, $h=10$ км ($\varphi=37.73^\circ\text{N}$, $\lambda=69.50^\circ\text{E}$). За 4.5 часа до возникновения главного толчка были зарегистрированы четыре толчка: по два седьмого и десятого энергетических классов. Ощутимость при главном толчке в г. Куляб (32 км) была $I_i=4$ балла, в Душанбе (110 км) 2 балла [15]. В 17 км юго-восточнее этого главного толчка зафиксировано землетрясение с $K_p=11.6$, произошедшее 20 октября в 17^h31^m [10].

В Памиро-Гиндукушской зоне (III) коровых землетрясений сейсмичность в пределах земной коры увеличилась по уровню суммарной сейсмической энергии точно на порядок – $\Sigma E=1.25 \cdot 10^{15}$ Дж (табл. 2) вместо $1.25 \cdot 10^{14}$ Дж в [1]. Наиболее высокой плотностью эпицентров землетрясений традиционно характеризуется широтный участок Дарваз-Каракульского разлома с $\varphi>38.9^\circ\text{N}$, куда относится 318 событий. Максимальное из них отмечено 2 марта в 13^h40^m с $K_p=13.5$, $M_w=4.9$, $h_{rp}=7.3$ км ($\varphi=39.40^\circ\text{N}$, $\lambda=74.10^\circ\text{E}$) (№ 1 в табл. 1). Для него есть решение механизма очага [17], по которому в его очаге превалировали напряжения растяжения ($PL_T=28^\circ < PL_P=52^\circ$) юго-восточной (133°) ориентации (табл. 3). В результате по крутой (77°) плоскости $NP1$ восток–северо-восточного простирания произошел сброс с элементами левостороннего сдвига по пологой плоскости $NP2$ меридионального простирания – правосторонний сдвиг-сброс (рис. 5).

Таблица 3. Решения механизмов очагов сильных землетрясений 2012 года в зоне III

Агент-ство	Дата, д м ч мин с	t_0 , км	h_{pp} , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точ-ник
				M_w	M_S	M_s		T		N		P		NP1			NP2			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
GCMТ	02.03	13 40 06	7	4.9	4.7	4.6	13.5	28	133	23	236	52	359	62	77	-67	179	26	-150	[17]
GCMТ	12.03	06 06 36	30	5.7	5.4	5.5	14.6	6	85	41	351	48	183	212	53	-35	324	63	-137	[17]
GCMТ	11.06	05 02 09	20	5.3	5.0	5.0	13.6	35	191	53	29	9	287	234	72	147	335	59	21	[17]
GCMТ	11.06	05 29 08	197	5.8	5.5	5.6	14.3	25	191	65	17	2	282	234	74	160	329	71	17	[17]

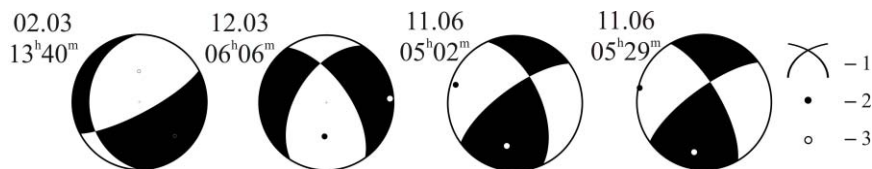


Рис. 5. Диаграммы механизмов очагов в Мургабской подзоне III из табл. 3

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

Интересное небольшое скопление из 40 эпицентров образовалось на Западном Памире в области Ванча ($\Delta\varphi=38.10-38.47^\circ N$, $\Delta\lambda=71.20-72.20^\circ E$) с небольшим по величине ($K_p=10.6$) главным событием 30 сентября в 07^h14^m с $\varphi=38.26^\circ N$, $\lambda=71.50^\circ E$, которое ощущалось в Ванче (20 км) с $I_i=3$ балла [15].

В юго-западном направлении, вне границ Таджикистана, в западных отрогах Гиндукуша 11 июня зарегистрирована группа из двух близких по времени и месту высокоэнергетических толчков: в 05^h02^m – с $K_p=13.6$, $\varphi=35.95^\circ N$, $\lambda=69.45^\circ E$ (№ 7 в табл. 1) и в 05^h29^m – с $K_p=14.3$, $\varphi=35.95^\circ N$, $\lambda=69.40^\circ E$ (№ 8). Соответственно интенсивность сотрясений составила $I_0=5-6$ баллов для первого и 6 баллов – для второго. В тот же день за ними последовали 14 афтершоков с $K_p=8.9-11.4$. Очаги сейсмических событий находились на глубине 30 км и были расположены на Афганском поднятии, в зоне Афгано-Северо-Памирского разлома. Малая энергетическая ступень ($\Delta K=0.7$) между толчками сказала, прежде всего, на процессе высвобождения сейсмической энергии, например, после сильных землетрясений с $K=14$, в котором повторные толчки с $K=12$ отсутствовали [10]. Механизмы очагов этого дуплета очень похожи: движение по обеим нодальным плоскостям и в том и в другом случаях сдвиги, правосторонние по плоскостям NP1 и левосторонние – по NP2, несколько осложненные взбросами (табл. 3, рис. 5).

В сентябре зона активности переместилась на 40–64 км к северо-востоку, за 36 параллель. Здесь в районе между Альбурз-Мармульским (№ 11) и Афгано-Северо-Памирским (№ 5) разломами произошло два землетрясения с $K=13$: 25 сентября в 08^h32^m отмечено ощутимое в Кабуле, Кундузе, Хороге и Душанбе землетрясение с $K_p=13.2$ [15], затем 14 октября в 13^h17^m возник толчок с $K_p=12.6$. Очаги сейсмических толчков были расположены в зоне прохождения южного окончания Афгано-Северо-Памирского разлома и находились на глубине 10–20 км. В г. Душанбе они вызвали колебания до 2–3 баллов.

В южной области ($36.40-36.90^\circ N$, $72.40-73.50^\circ E$) повышенной плотности эпицентров из 117 землетрясений, расположенной в северо-восточной части Гиндукуша, 12 марта в 06^h06^m зарегистрирован максимальный толчок района III с $K_p=14.6$, $M_w=5.7$, $\varphi=36.8^\circ N$, $\lambda=73.3^\circ E$, $h_{pp}=30$ км [10], приуроченный к восточной части Афгано-Южно-Памирских разломов (№№10,11 на рис. 2). Интенсивность сотрясений в Хороге (172 км) была 2 балла [15].

На Южном Памире, в 63 км к северо-востоку от с. Рошткала, 29 июня в 08^h13^m отмечено землетрясение с $K_p=11.1$, $h=10$ км, которое ощущалось в с. Рошткала с $I_i=3-4$ балла [15]. В северной части Южного Памира, в 23 км к северо-востоку от оз. Сарез (Домик на Завале), 24 апреля в 02^h46^m зафиксирован сейсмический толчок с $K_p=10.2$, приуроченный к южной части Каракульско-Сарезского разлома (№ 7).

На Северном Памире, в 55 км к северу от оз. Сарез (Площадка Усой), 18 марта в 02^h59^m зарегистрировано землетрясение с $K_p=10.6$. Его очаг находился на глубине 20 км в зоне западной части Ванч-Акбайтальского разлома (№ 6), толчок ощущался в этом районе до 2–3 баллов.

В Ванчском районе 30 сентября в 07^h14^m отмечен толчок с $K_p=10.6$, в 20 км к югу от Ванча. Его эпицентр локализован в западном окончании Ванч-Акбайтальского разлома (№ 6) на глубине 10 км, в непосредственной близости от зоны пересечения Дарваз-Заалайского (№ 5) и Каракульско-Сарезского (№ 7) разломов. Он ощущался в Ванче до 3 баллов [15].

В Памиро-Гиндукушской зоне (IV) глубокофокусных землетрясений локализовано 3331 землетрясение с $K_p \geq 8.6$ на глубинах $h=70-270$ км. Их пространственное распределение представлено на рис. 4.

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. 4). Здесь самый большой набор глубин наблюдается в Афганской подзоне, от 70 до 270 км, как, впрочем, и в Хорогской подзоне, наименьший – в Мургабской подзоне, от 70 до 160 км. Максимальная относительная плотность очагов N_i/N в Афганской подзоне, равная 0.1499, относится к слою на глубине $h=200$ км, в Хорогской – на уровне 150 км, в Мургабской – на 100 км (табл. 4).

Таблица 4. Распределение землетрясений по глубинам в пределах Афганской, Хорогской и Мургабской подзон в 2012 г.

h , км	Подзона					
	Афганская		Хорогская		Мургабская	
	N_i	N_i/N	N_i	N_i/N	N_i	N_i/N
70	6	0.0028	5	0.0047	1	0.01
80	145	0.0669	69	0.0649	14	0.14
90	6	0.0028	14	0.0132	1	0.01
100	204	0.0941	113	0.1063	29	0.29
110	28	0.0129	21	0.0198	2	0.02
120	34	0.0157	42	0.0395	4	0.04
130	125	0.0577	103	0.0969	20	0.20
140	110	0.0507	109	0.1025	19	0.19
150	164	0.0756	238	0.2239	5	0.05
160	186	0.0858	128	0.1204	5	0.05
170	51	0.0235	21	0.0198		
180	263	0.1213	61	0.0574		
N_Σ	2168	100%	1063	100%	100	100%
ΣE	4.11·10 ¹⁴ Дж		12.4·10 ¹² Дж		1.11·10 ¹⁴ Дж	

Как следует из табл. 5, большинство глубокофокусных землетрясений (2168 из 3331) произошло в Афганской подзоне Гиндукуша.

Таблица 5. Распределение глубоких землетрясений по энергетическим классам в пределах Афганской, Хорогской и Мургабской подзон в 2012 г.

Подзона	K_p							Всего
	9	10	11	12	13	14	с $K \geq 12$	
Афганская	1536(1258)	527(523)	68(58)	27(36)	9(7)	1(3)	37(46)	2168(1885)
Хорогская	847(440)	187(192)	21(21)	7(12)	1(-)	-(-)	8(12)	1063(665)
Мургабская	69(81)	26(52)	2(5)	3(1)	-(-)	-(-)	3(3)	100(141)
Всего	2452(1779)	740(767)	91(84)	37(49)	10(8)	1(4)	48(47)	3331(2691)

Примечание. В скобках для сравнения представлено количество землетрясений в 2011 г. [1].

В Афганской подзоне максимальный энергетический класс равен 14.3. Землетрясение зарегистрировано 12 июля в 00^h34^m на территории Афганистана, в районе северного Гиндукуша. Оно ощущалось на территории трех республик СНГ – Таджикистана (Нурек, Сарбанд) до 4 баллов, Узбекистана (Ташкент) – до 3 баллов, Казахстана (Чимкент, Джамбул) – 2–3 баллов по шкале MSK-64 [21]. Вне стран СНГ отмечены колебания до 4 баллов по шкале MM [22] в Афганистане (Кабул, Джалалабад) и Пакистане (Лахор); до 3 баллов в Афганистане (Баграми, Джурм,

Махмуд-Раки) и в Индии (Гургаон, Дели) [15]. Это землетрясение сопровождалось в тот же день двумя достаточно сильными и близкими толчками: в 14^h07^m с $K_p=12.0$, $h=170$ км и в 14^h44^m с $K_p=12.6$, $h=150$ км, т.е. с последовательным «всплыванием» очагов. За ними в течение двух дней зарегистрированы десять слабых ($K_p=8.8-9.8$) афтершоков на разных глубинах от 150 до 230 км.

Очаг описанного землетрясения 12 июля располагается в центральной части ($\varphi=36.6^\circ N$, $\lambda=70.7^\circ E$) Афганской подзоны на глубине $h_{rp}=197$ км. Почти с теми же координатами ($\varphi=36.6^\circ N$, $\lambda=70.5^\circ E$), но выше ($h_{rp}=145$ км), 3 мая отмечен толчок с $K_p=12.7$. Для них обоих в [17] имеются решения механизмов их очагов (табл. 6), согласно которым преобладающими были напряжения сжатия северо-западной ориентации (353° и 311°). В результате движения по крутым (63° и 81°) плоскостям – чистый взброс в очаге максимального землетрясения 12 июля и взбросо-сдвиг (правосторонний) – в очаге 5 мая (рис. 6).

Таблица 6. Решения механизмов очагов сильных ($K_p \geq 12.6$) землетрясений Афганской подзоны в 2012 г.

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h_{rp} , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
				M_w	$MPSP$	M_s		T		N		P		NP1			NP2			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
GCMТ	03.05	06 42 38	146	5.0	4.7	4.7	12.7	42	196	37	63	26	311	250	81	128	352	39	15	[17]
GCMТ	12.07	14 00 34	197	5.8	6.0	5.7	14.3	71	192	6	85	18	353	73	28	77	268	63	97	– " –
GCMТ	12.09	19 29 56	187	5.0	5.3	5.1	12.9	66	232	19	13	14	108	2	62	68	223	35	125	– " –
GCMТ	15.10	23 13 46	101	4.9	4.9	4.9	12.6	23	159	52	35	28	262	31	87	–142	299	52	–4	– " –
GCMТ	29.12	17 50 54	118	5.6	5.6	5.6	12.9	60	290	25	72	17	170	60	66	63	291	36	136	– " –

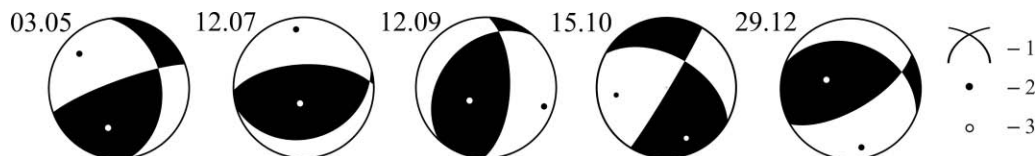


Рис. 6. Диаграммы механизмов очагов Афганской подзоны из табл. 6

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

В [17] имеются решения механизмов очагов еще трех толчков Афганской подзоны, возникших 12 сентября, 15 октября и 29 декабря (табл. 6, рис. 6). Два из них (12 сентября и 29 декабря), на северо-востоке ($\varphi=36.8^\circ N$, $\lambda=71.2^\circ E$, $h_{rp}=187$) и на юге ($\varphi=35.7^\circ N$, $\lambda=70.5^\circ E$, $h_{rp}=118$) подзоны, также возникли в условиях преобладания напряжений сжатия, что привело к движениям типа взбросо-сдвиг в их очагах. И лишь в одном очаге 15 октября на крайнем юго-западе Афганской подзоны ($\varphi=35.9^\circ N$, $\lambda=69.4^\circ E$, $h_{rp}=101$) на фоне сдвигов по обеим плоскостям, как вертикальной (87°), так и более пологой (52°), реализовались компоненты сброса. Все три землетрясения ощущались в Душанбе: первое с интенсивностью $I_i=2-3$ балла ($\Delta=284$ км), второе – 2 балла (297 км), третье – 3 балла (347 км).

В Хорогской подзоне максимальным оказалось событие 19 июля в 07^h36^m с $K_p=13.5$, $\varphi=37.3^\circ N$, $\lambda=71.1^\circ E$, в 46 км к юго-западу от Хорога, на территории Афганистана. При этом интенсивность сотрясений в пределах Таджикистана достигала в Хороге 3–4 балла, в Душанбе – 2–3 балла. Оно также ощущалось в Узбекистане (Заравшон), Афганистане (Джурм) и Пакистане (Исламабад, Лахор, Музаффарабад). Глубина очага – $h=100$ км и $h_{rp}=101$ км. Для него определен механизм очага [17], согласно которому движение в его очаге реализовалось под действием близгоризонтальных (9°) напряжений сжатия, ориентированных близмеридионально (186°). В результате по обеим близширотным (99° и 273°) нодальным плоскостям произошли взбросы (рис. 7).

Кроме этого землетрясения, в Хорогской подзоне зафиксированы 7 толчков с $K_p \geq 12$ на глубинах 80–150 км – 2 апреля в 15^h30^m с $K_p=12.2$; 15 апреля в 02^h57^m с $K_p=12.1$; 24 июня в 02^h26^m с $K_p=12.4$; 3 августа в 00^h02^m с $K_p=11.6$, в Рошткале (35 км) 3 балла; 2 октября в 19^h16^m с $K_p=12.5$, в Душанбе (284 км) 2 балла; 16 ноября в 16^h40^m с $K_p=12.4$, в Душанбе (289 км) 2 балла; 4 декабря в 10^h11^m с $K_p=12.4$, т.е. три из них ощутимые.

Таблица 7. Решения механизмов очагов максимальных землетрясений Хорогской и Мургабской подзон в 2012 г.

Агент-ство	Дата, д м ч мин с	t_0	h_{pp} , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точ-ник
				M_w	M_{PSP}	M_S		T		N		P		$NP1$			$NP2$			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
GCMТ	19.07	07 36 35	101	5.7	5.6	5.6	13.5	80	24	3	277	9	186	99	55	94	273	36	85	[17]
GCMТ	26.07	01 06 31	137	5.3	5.4	5.3	12.4	38	201	5	107	51	11	106	83	-95	322	8	-54	[17]

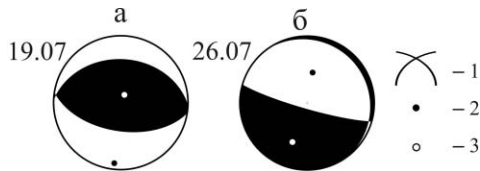


Рис. 7. Диаграммы механизмов очагов в Хорогской (а) и Мургабской (б) подзонах
1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.

В Мургабской подзоне отмечено три толчка лишь с $K_p=12$, два из которых, произошедшие 23 апреля в 06^h27^m с $K_p=11.6$ ($\varphi=38.1^\circ N$, $\lambda=73.4^\circ E$) и 26 июля в 01^h06^m с $K_p=12.4$ ($\varphi=38.2^\circ N$, $\lambda=74.0^\circ E$) ощущались на территории Южного Памира – в Мургабе (58 км) 3 балла и в Хороге (225 км) – 4 балла соответственно. Глубины гипоцентров составляли 100 км и 130 км. Для более сильного из них, с $K_p=12.4$, есть решение механизма очага [17], согласно которому подвижки по обеим нодальным плоскостям нисходящие, типа сброс по близвертикальной (83°) плоскости $NP1$ восток–юго-восточного (106°) простирания и поддвиг – по близгоризонтальной (8°) плоскости $NP2$ северо-западного (322°) простирания. (рис. 7).

Подводя итоги, отметим, что в 2012 г. самые сильные коровые землетрясения, с равными классами $K_p=14.6$ и равными моментными магнитудами $M_w=5.7$, возникли на Южном Памире: 12 марта в 06^h06^m с $h_{pp}=30$ км – вне границ Республики, в зоне влияния Афгано-Южно-Памирских разломов (№ 9, № 10 на рис. 2); 12 мая в 23^h28^m с $h_{pp}=13$ км – на территории Республики, в Раштском (Гармском районе). Первое из них записали 1374 мировых станций, второе – 1835.

Максимальное из глубоких землетрясений Памиро-Гиндукуша 12 июля в 14^h00^m с $h_{pp}=197$ км (1927 станций) имеет $K_p=14.3$ и $M_w=5.8$, т.е. по энергетическому классу довольно близко к выше названным, но записано большим числом мировых станций и ощущалось на большей площади [15]. Отсюда следует, что все же максимальным землетрясением в каталоге [10] является глубокое землетрясение, энергетический класс которого, по-видимому, занижен.

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 108–118.
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. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 128–141.
5. Улубиева Т.Р. (сост.). Сейсмические станции Геофизической службы АН Республики Таджикистан в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

9. 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.
10. 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. (сост.). Каталог землетрясений Таджикистана за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
11. 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., Артёмов Е.В. (сост.). Каталог землетрясений Таджикистана за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
12. International Seismological Centre, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
13. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2012 год [Электронный ресурс] / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2012–2013. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2012
14. Абдрахматов К.Е., Фролова А.Г., Берёзина А.В., Шукурова Р., Гребенникова В.В., Гесель М.О., Тулаганова М.Т. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 104–113.
15. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Джураев Р.У., Лукаш Н.А. (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Таджикистана в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
16. Пойгина С.Г., Бахтиарова Г.М., Лукаш Н.А. (сост.). Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Таджикистана за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
17. Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
18. Муралиев А.М. (ИС НАН КР), Полешко Н.Н. (РГП ИГИ МЭ РК) (отв. сост.), М.Б. Малдыбаева, Абдыраева Б.С. (ИС НАН КР), Досайбекова С. (СОМЭ МОН РК), Холикова М.А. (РЦСМ) (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
19. Джураев Р.У. (отв. сост.). Афтершоки Тавильдаринского-II землетрясения 12 мая 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
20. Джураев Р.У. Тавильдаринское-II землетрясение 12 мая 2012 г. с $M^p=5.9$, $I_0=7$ (Таджикистан) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 345–352.
21. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
22. The Modified Mercalli Intensity Scale. USGS National Earthquake Information Centre [Сайт]. – URL: <http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>