

## ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева<sup>1</sup>, Р.С. Михайлова<sup>2</sup>, Л.И. Рислинг<sup>1</sup><sup>1</sup>Геофизическая служба АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, tanya\_55\_08@mail.ru<sup>2</sup>Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gsras.ru

Как указано *ред.* во Введении к настоящему сборнику [1], этот обзор сейсмичности Таджикистана, в отличие от предыдущего [2], составлен без участия третьего исполнителя – Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан, по причине самоустранения этой организации от представления каталога землетрясений по данным аналоговых станций Таджикистана, которых в 2007 г. было 12 [2].

**Система наблюдений.** В 2008 г. непрерывные сейсмологические наблюдения проводились Геофизической службой Академии наук Республики Таджикистан (ГС АН РТ). Регистрация землетрясений Таджикистана и сопредельных государств осуществлялась одной аналоговой станцией «Душанбе» и семью цифровыми широкополосными сейсмическими станциями: «Чуянгарон», «Гарм», «Гезан», «Игрон», «Шаартуз», «Манем» и «Чорух-Даррон» (табл. 1). Сеть из цифровых станций в Таджикистане начала создаваться в 2005 г. под руководством академика С.Х. Негматуллаева. Работа выполнена НПО «PMP International» при поддержке Швейцарского агенства 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 станции «Чуян-Горон» [3]. В 2008 г. эта сеть пополнилась с 22 июля на юге станцией «Манем» вблизи г. Хорог, с 18 октября на севере – станцией «Чорук-Дарон» вблизи г. Худжанд (Ленинабад).

**Таблица 1.** Сведения о цифровых станциях ГС АН РТ, работавших в 2008 г., в хронологии их открытия

№	Станция			Координаты		
	Название	Код	Дата открытия/закрытия	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$h_y$ , м
1	Гарм	GARM	05.10.2005	39.000	70.316	1305
2	Шаартуз	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
	Душанбе	DUSH	24.10.2005/16.08.2007	38.569	68.781	786
5	Чуян-Гарон	CHGR	05.11.2007	38.656	69.158	1049
6	Чорух-Даррон	CHRDR	22.07.2008	40.386	69.671	580
7	Манем	MANEM	18.10.2008	37.53	71.66	2312

План размещения цифровых станций изображен на рис. 1. Конечно, их мало, особенно на Памире, где действует лишь одна станция в его юго-западной части. Относительно благополучная ситуация вокруг Душанбе в Таджикской депрессии, Илякского разлома и западного фрагмента Гиссаро-Кокшаальского разлома.

Каждая из цифровых станций состоит из трехкомпонентного измерительного сейсмометра Trillium40, аналого-цифрового преобразователя Trident (табл. 2), приемопередатчика Cygnus, солнечных панелей в буферном режиме с аккумуляторами и спутниковой антенны VSAT. Сейсмометр записывает все колебания земной поверхности в широком диапазоне частот,

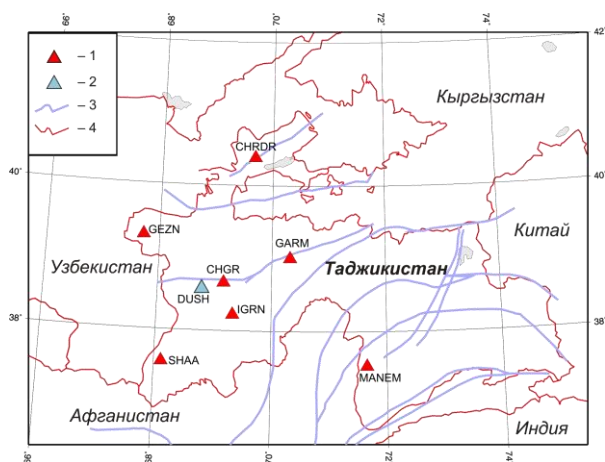


Рис. 1. Сейсмические станции на ГС АН РТ в 2008 г.

1, 2 – сейсмические станции, цифровая и аналоговая соответственно; 2 – глубокий разлом I порядка, 3 – государственная граница.

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. Вся цифровая сейсмическая система работает в режиме множественного доступа с временным разделением (TDMA), т.е. каждая станция вещает в строго определенный промежуток времени. Связь удаленных станций с центральной станцией «Душанбе» происходит с помощью космического спутника «Intelsat». Передача информации происходит непрерывно в масштабе реального времени [3].

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций ГС АН РТ в 2008 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с)
Гарм (GARM)	Trillium40+Trident	ВН (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Шартуз (SHAA)	Trillium40+Trident	ВН (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Гезан (GEZN)	Trillium40+Trident	ВН (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Игрон (IGRN)	Trillium40+Trident	ВН (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Чуян-Гарон (CHGR)	Trillium40+Trident	ВН (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$
Чорух-Даррон (CHRDR)	Trillium40+Trident	ВН (N, E, Z) v	0.025–50	100	24	$1.5 \cdot 10^9$

Описанная сеть станций обеспечила в 2008 г. значение уровня  $K_{\min}$  представительного энергетического класса для всей исследуемой территории с  $K_{P \min}=9$ . Это следует из графиков повторяемости 1693 коровых ( $h < 70$  км) (рис. 2) и 4028 глубоких ( $h \geq 70$  км) землетрясений (рис. 3), построенных по оригиналу каталога землетрясений Таджикистана [4]. Наклоны графиков повторяемости коровых ( $\gamma_{\text{кора}}=0.52$ ) и глубоких ( $\gamma_{\text{гл}}=0.61$ ) землетрясений за 2008 г. выше средних ( $\gamma=0.45$  [5]) и, к тому же, их различие между собой ( $\Delta\gamma=0.61-0.52=0.09$ ) превышает ошибки  $\sigma\gamma=0.02$  и  $0.04$  их определения. С чем все это связано, пока неясно.

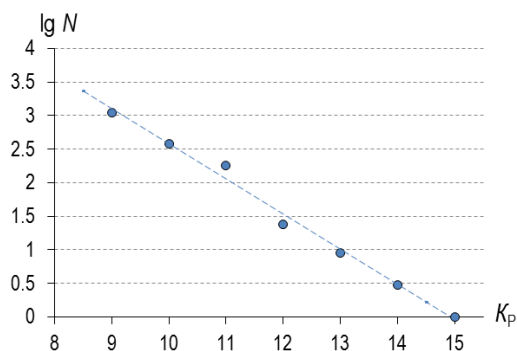


Рис. 2. График повторяемости коровых землетрясений Таджикистана с  $h < 70$  км за 2008 г.  
 $\lg N=(7.8 \pm 0.3) - (0.52 \pm 0.02) K_p$

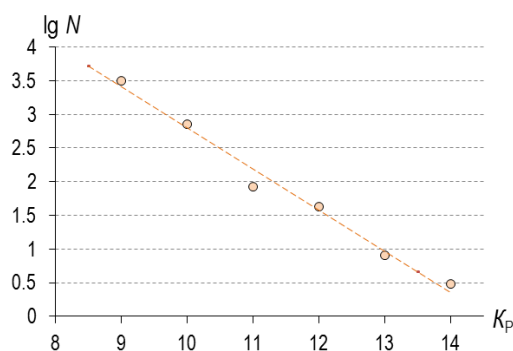
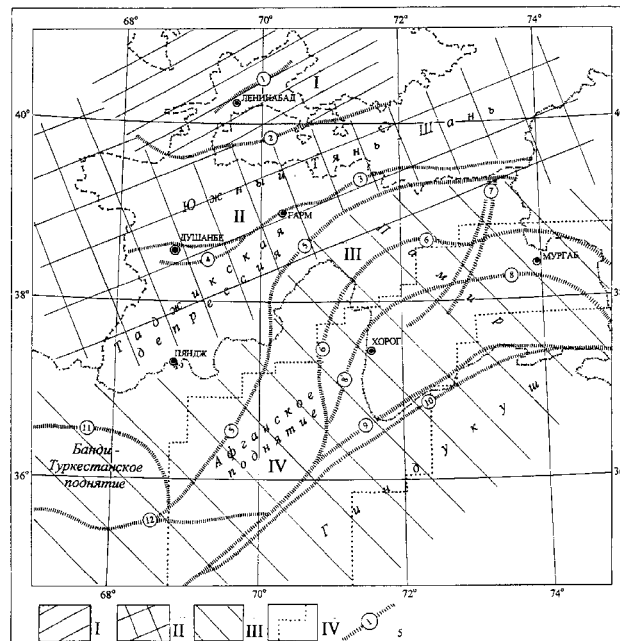


Рис. 3. График повторяемости глубоких землетрясений Таджикистана с  $h > 70$  км за 2008 г.  
 $\lg N=(8.9 \pm 0.4) - (0.61 \pm 0.04) K_p$

**Методика и способы определения основных параметров землетрясений.** Для обработки и анализа цифровых данных используются следующее программное обеспечение: CoreEarthworm – программа для автоматической обработки землетрясений, включающая в себя программу Nupoinverse, где собраны годографы и геологические характеристики региона; Oracle – база данных для хранения сейсмической информации и программа для обработки сейсмической информации вручную [6].

В то же время в 2008 г. обработка всех землетрясений проводилась параллельно вручную, так же, как и в прошлые годы. Машинный результат не брали специально, все переключивалось по нашим годографам вручную, чтобы не было разночтения по каталогам за прошлые годы – локальному годографу В.К. Кулагина [7] для Душанбино-Вахшского района республики, осредненному годографу М.В. Кулагиной с соавторами [8] для коровых землетрясений на всей территории Таджикистана, годографу А.А. Лука, И.Л. Нерсесова [9] для глубоких землетрясений Памиро-Гиндукушской зоны. Насчет класса также брали амплитуды и по нашим палеткам [10, 11] определяли энергетические классы  $K_p$  для коровых землетрясений с учетом эпицентральных расстояний, для глубоких – с учетом гипоцентральных расстояний [12]. В дальнейшем, конечно, переход на машинный результат будет проанализирован и надеемся полностью перейти на машинную локацию.

В целом границы исследуемой территории и схема сейсмоактивных зон Таджикистана (рис. 4), по сравнению с исходной установкой в [13], не изменились: территория ответственности находится в пределах координат  $36\text{--}40^\circ\text{N}$ ,  $67\text{--}75^\circ\text{E}$  и  $40\text{--}41^\circ\text{N}$ ,  $69\text{--}71^\circ\text{E}$ . Нередко, однако, обрабатывались землетрясения и вне указанных координат – в оригинале каталога [4] размах значений широты составил  $34.0\text{--}41.1^\circ\text{N}$  и долготы –  $66.1\text{--}76.0^\circ\text{E}$  (число «внешних» землетрясений составило 264?). Эти границы охватывают не только территорию Таджикистана и отдельно Худжандской (Ленинабадской) области, но и приграничные районы Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана, Пакистана, Индии и Китая.



**Рис. 4.** 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 [14]: 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.

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

В результате обработки составлен упомянутый выше оригинал каталога землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана и Китая за 2008 г. [4]. По данным этого каталога на изучаемой территории всего локализовано 5721 землетрясение с  $K_p=8.6-15.0$ . К сожалению, *ред.* оригинал каталога совсем не содержит ошибок определения всех параметров (времени в очаге  $\delta t_0$ , координат эпицентра  $\delta\varphi$ ,  $\delta\lambda$ , глубины очага  $\delta h$ ). Чтобы хоть как-то восполнить эти пробелы, ошибки были рассчитаны в *ред.* Так же, как и в каталоге Таджикистана за 2007 г. [15], как половина разности численных значений соответствующих параметров в оригинале каталога и в бюллетенях ISC [16] или в каталоге Центральной Азии (ЦА) [17]. Кроме того, традиционно *ред.* добавлены в оригинал каталога новые графы со значениями магнитуд и некоторых других параметров из материалов следующих агентств: MOS ( $MS/n$ ,  $MPSP/n$ ), ISC ( $Ms/n$ ,  $m_b/n$ ,  $h_{pp}$ ,  $\delta h_{pp}$ ), GCMT ( $Mw/n$ ,  $M_0$ ), NEIC ( $Mw$ ,  $M_0$ ), ЦА ( $K_p$  ЦА). Полученный в итоге новый вариант каталога землетрясений Таджикистана за 2008 г. дан в Приложении [18] к наст. сб.

Наиболее сильные ( $K_p \geq 12.6$ ) события представлены в табл. 3, суммарное число которых составило  $N_\Sigma=24$ .

**Таблица 3.** Основные параметры землетрясений Таджикистана с  $K_p \geq 12.6$  за 2008 г.

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Гипоцентр				$K_p$	Магнитуда				
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , 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*	01.01	06 32 28	40.30	73.10	20	5	13.0	5.8	5.4	5.3	5.9	5.7
2*	19.01	19 25 00	36.50	70.60	200	206	13.5	5.2			4.7	4.9
3	20.02	13 16 35	36.60	71.00	200	204	13.4				4.5	4.6
4*	11.05	20 57 07	36.60	70.80	220	215	12.7	5.4	4.0+0.8		5.3	5.2
5	08.07	16 08 21	39.80	73.20	20	43	12.7		4.7	4.7	5.4	5.1
6	01.08	19 06 49	36.80	71.10	190	215	12.7				4.4	4.4
7	01.09	04 24 32	37.40	68.85	10		13.1		4.9	5.0	5.5	5.3
8*	05.09	04 57 52	36.50	71.20	220	231	14.5	5.4			5.5	5.3
9*	06.09	05 47 40	36.60	70.90	190	192	13.8	5.8	4.9+0.8		5.5	5.6
10	20.09	02 54 35	38.40	73.30	150	147	13.2	5.3	4.0+0.8		5.4	5.3
11*	24.09	17 59 34	36.20	71.00	80	100	12.6	5.2	4.0+0.8		5.2	5.1
12	05.10	15 52 49	39.50	73.80	30	29	15.0	6.7	6.9	6.9	6.5	6.2
13	05.10	15 55 20	39.50	73.70	30		14.0				6.1	5.6
14	05.10	16 00 34	39.50	73.73	30		12.7					4.7
15	05.10	16 11 08	39.40	73.80	30	35	13.8			6.2	5.7	5.5
16	05.10	18 27 30	39.40	73.80	30	32	12.8		4.3	4.6	5.2	5.0
17*	05.10	22 56 23	34.20	69.50	30		14.0	6.0	5.9	6.0	5.7	5.5
18	09.10	14 43 13	39.50	73.90	30		12.8			3.7	4.9	4.6
19*	13.10	08 07 43	36.20	70.80	130	119	13.2	5.3	4.0+0.8		4.9	5.0
20*	13.10	09 23 28	39.40	73.70	30	27	12.9	5.1	4.5	4.7	5.1	4.9
21*	13.10	16 05 17	39.40	73.70	30	42	13.4	5.2	4.8	4.8	5.4	5.2
22*	13.10	17 16 08	38.70	70.35	10	17	13.0	5.2	5.0	5.0	5.4	5.2
23*	26.10	01 28 56	36.50	70.60	180	211	13.3	5.7	4.5+0.8		5.3	5.3
24*	29.12	03 37 40	36.50	71.00	170	159	14.4	5.8			6.0	5.8

Примечание. В графе 1 знаком \* отмечены события, для которых в [19] имеются решения механизма их очагов по данным агентства GCMT; в графе 10 для опубликованных в [16] значений магнитуд  $MS_{MOS}$  глубоких землетрясений по поверхностным волнам необходима поправка (+0.8) согласно [20].

Карта эпицентров сильных ( $K_p \geq 12.6$ ) землетрясений из табл. 3 дана на рис. 5 вместе с толчками с  $K_p \geq 12$ . Непосредственно на территории республики отмечены лишь два сильных коровых землетрясений, причем с одинаковой глубиной  $h=10$  км: № 7, зарегистрированное 1 сентября в 04<sup>h</sup>24<sup>m</sup> с  $K_p=13.1$  на крайнем юге Таджикской депрессии в долине р. Пяндж, и № 22, произошедшее в Гармском районе 13 октября в 17<sup>h</sup>16<sup>m</sup> с  $K_p=13.0$  в зоне влияния Дарва-Каракульского разлома; а из глубоких – только одно, под № 10, возникшее 20 сентября в 02<sup>h</sup>54<sup>m</sup>



на север, в Чаткальскую систему разломов, правая – почти близширотная, с небольшим восточным уклоном и расположена целиком на территории Китая. На Памире хорошо видна группа землетрясений с  $K_p=9-12$  у государственной границы, при пересечении р. Пяндж с Ванч-Акбайтальским глубинным разломом I-го порядка (рис. 4, 6).

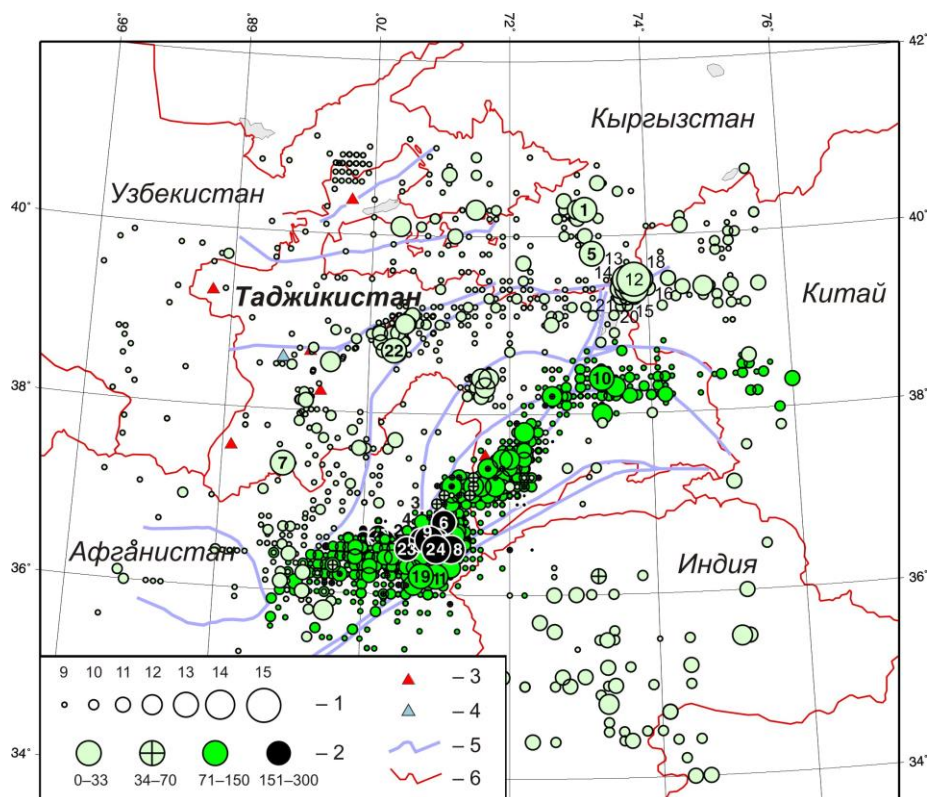


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений Таджикистана с  $K_p \geq 8.6$  за 2008 г.

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

Распределение землетрясений по крупным сейсмоактивным зонам I–IV дано в табл. 4. В скобках указано число землетрясений в 2007 г. из [2].

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по крупным зонам I–IV за 2008 г.

№	Зона	$K_p$						$N_{\Sigma}$	$\Sigma E$ , Дж
		9	10	11	12	13	14		
I	Юго-Западный Тянь-Шань	84	5	2	2	0	0	93	$2.201 \cdot 10^{12}$
II	Южный Тянь-Шань	238	82	18	3	3		345	$3.173 \cdot 10^{13}$
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	768	326	158	19	5	3	1287	$1.353 \cdot 10^{15}$
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	3181	707	85	42	8	3	4029	$8.453 \cdot 10^{14}$
	Всего	4306	1094	263	67	16	6	5754	$2.244 \cdot 10^{14}$

Как видим, общее количество высвобожденной энергии увеличилось в три раза, по сравнению с таковым в 2007 г. Меньше всего энергии выделилось, как и в 2007 г., в зоне Юго-Западного Тянь-Шаня. Всего в 2008 г. на территории Таджикистана ощущалось 39 землетрясений интенсивностью от 2 до 5 баллов.

Рассмотрим более детально сейсмичность каждой из четырех зон.

**В Юго-Западном Тянь-Шане (I)** сейсмическая активность понизилась. Энергетический класс землетрясений с  $K_p=13-14$  здесь не отмечен. Как и в 2007 г., в этой зоне зарегистрировано два землетрясения с  $K_p=12.0$ . Одно из них произошло в Худжандской (Ленинабадской) области

вблизи границы Таджикистана с Кыргызстаном 24 июня в 18<sup>h</sup>26<sup>m</sup> примерно на одинаковом расстоянии – 20 км к югу от Канибадама и 25 км – к югу-западу от Исфары. Оно ощущалось на севере республики в Офтобруе (28 км) с интенсивностью  $I=3-4$  балла, в Худжанде (Ленинабаде) (63 км) – 2–3 балла, в Душанбе (222 км) – 2 балла. Эпицентр второго землетрясения (28 августа в 06<sup>h</sup>06<sup>m</sup>) расположен в Ферганской долине. Очаги этих толчков пространственно приурочены к восточной части и к восточному окончанию Южно-Ферганского разлома соответственно (рис. 4 и 6).

Также здесь зарегистрированы еще два толчка с  $K_p=10.6$  (20 марта в 21<sup>h</sup>57<sup>m</sup> и 21 декабря в 05<sup>h</sup>38<sup>m</sup>) и пять толчков с  $K_p \div 10$ ,  $h=10$  км: 26 февраля в 05<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=9.6$ , 1 марта в 19<sup>h</sup>25<sup>m</sup> с  $K_p=10.0$ , 25 марта в 05<sup>h</sup>18<sup>m</sup> с  $K_p=9.6$ , 20 июня в 05<sup>h</sup>07<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$  и 15 ноября в 22<sup>h</sup>34<sup>m</sup> с  $K_p=10.1$  [18].

Остановимся, однако, на «подозрительной» группе из 54 эпицентров слабых ( $K_p=8.6-9.2$ ) толчков на северо-западе Худжандской (Ленинабадской) области зоны I, список которых представлен на отдельной вкладке Приложения [23] по Таджикистану. Отсутствие при 54 событиях 9-го класса хотя бы одного с  $K_p \geq 10$  является абсолютным нарушением графика повторяемости, т.к. их должно быть примерно  $54:3=18$  штук. Есть подозрение, что это взрывы. Для этого построим лепестковые диаграммы распределения толчков этой группы по месяцам и часам суток, введенные в сейсмологическую практику А.А. Годзиковской [24]. Они изображены на рис. 7 а, б. Главным критерием взрывов является асимметричный вид таких диаграмм.

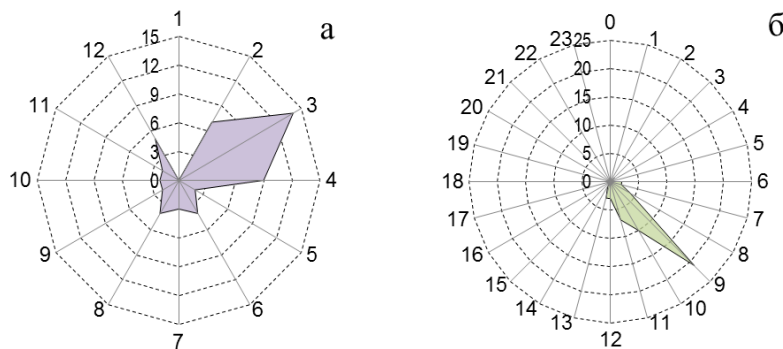


Рис. 7. Распределение землетрясений группы из 54 событий по месяцам (а) и часам суток (б)

Действительно, распределение 54 выделенных толчков по месяцам (рис. 7 а) асимметрично: максимум  $N=14$  наблюдается в марте, в соседние месяцы – феврале и апреле –  $N=7$  и 9 соответственно; в январе –  $N=0$ , в остальные – от 2 до 5 событий. Как правило, для тектонических землетрясений асимметрия невозможна. Еще более асимметрично распределение 54 событий по часам суток: максимум  $N=21$  при  $t_0=9^h$ , в последующие два часа при  $t_0=10^h$  и  $11^h$ ,  $N=10$  и 7 событий соответственно; с 6 до 8 часов – по 2–4 события; в 12 и 13 часов – по 3 события; по одному событию – в 3 и 14 часов. В итоге в сутках «задействовано» 10 часов из 24-х и все в дневное время. Поэтому с большой долей вероятности эти 54 события являются взрывами и должны иметь в каталоге метки «возможно взрыв», что реализовано в его итоговом варианте [18].

На территории **Южного Тянь-Шаня (II)** зарегистрировано четыре землетрясения с  $K_p \div 13$  (№№ 1,5,7,22 в табл. 3) и три толчка с  $K_p \div 12$ , произошедшие 30 января в 06<sup>h</sup>04<sup>m</sup> с  $h=10$  км,  $K_p=11.7$ ; 3 февраля в 16<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $h=20$  км,  $K_p=11.6$ ; 8 ноября в 04<sup>h</sup>04<sup>m</sup> с  $h=5$  км,  $K_p=11.8$  [18].

Два ощутимых толчка с  $K_p \div 13$  (№ 1 и № 5) произошли на территории Кыргызстана. Они возникли 1 января в 06<sup>h</sup>32<sup>m</sup> и 8 июля в 16<sup>h</sup>08<sup>m</sup>. Расстояние между эпицентрами – 57 км (рис. 6), глубина очагов  $h=20$  км. У первого толчка есть один форшок с  $K_p=9.0$ , отмеченный также 1 января в 00<sup>h</sup>55<sup>m</sup>, и 24 афтершока [25], наиболее сильный ( $K_p=11.6$ ) из которых возник 3 февраля в 16<sup>h</sup>27<sup>m</sup>. Они ощущались на территории Таджикистана от 2 до 4 баллов [18].

Активизировался сейсмический процесс в Кумсангирском районе на крайнем юге Таджикистана, вблизи границы с Афганистаном, где 1 сентября в 04<sup>h</sup>24<sup>m</sup> произошло землетрясение с  $K_p=13.1$  (№ 7 в табл. 3),  $I_0^p=6$  баллов. Его эпицентр находился в 20 км к юго-востоку от Кумсангира и в 22 км к северо-западу от г. Пяндж. По инструментальным данным координаты очага соответствуют 37.40°N и 68.85°E, глубина  $h=10$  км. Оно ощущалось в Кумсангирском районе с интенсивностью сотрясений до 5 баллов, в Кулябе (120 км) и Душанбе (122 км) –

4 балла, в Джерино (150 км) – 3 балла [26]. Афтершоковая последовательность этого землетрясения очень короткая, отмечено три толчка с  $K_p \geq 9$ , возникшие 1 сентября в 12<sup>h</sup>13<sup>m</sup> с  $K_p=9.4$ , 3 сентября в 08<sup>h</sup>11<sup>m</sup> с  $K_p=9.2$  и 4 сентября в 12<sup>h</sup>01<sup>m</sup> с  $K_p=8.8$  [18].

На территории Душанбино-Вахшского и Гармского районов зоны II зарегистрировано в 2008 г. 186 землетрясений с  $K_p \geq 9$ , из них 11 ощутимых. Их распределение по энергетическим классам дано в табл. 5.

**Таблица 5.** Распределение землетрясений Душанбино-Вахшского и Гармского района по энергетическим классам  $K_p$  в 2008 г.

$K_p$	9	10	11	12	13	Всего
$N(K_p)$	141 (89)	29 (14)	13 (8)	2 (1)	1 (1)	186 (113)

Примечание. В скобках указано число землетрясений Душанбино-Вахшского района в 2007 г.

Ощутимый толчок с  $K_p=11.8$  ( $I_0^p=5$  баллов) с поверхностным очагом ( $h=5$  км) возник 8 ноября в 04<sup>h</sup>04<sup>m</sup> в 13 км к востоку от Файзабада и в 15 км к северо-востоку от Нурека в зоне влияния центральной части Илякско-Вахшского глубинного разлома I-го порядка. Он ощущался в Файзабаде (9 км) с  $I=4$  балла, в Нуреке (15 км) – 3 балла.

1 июля 2008 г. зарегистрировано ощутимое землетрясение с  $K_p=9.9$  на глубине 10 км, затем 21 июля и 8 августа отмечены также толчки с  $K_p=8.5$  ( $I_0=3$ ,  $I_0=3-3.5$ ) и  $h=5$  км, не вошедшие в каталог [4]. Эпицентры располагались в 10–15 км к юго-востоку от центра г. Душанбе и в 7–15 км к северо-западу от Султанабада. Интенсивность сотрясений в г. Душанбе была от 2–3 до 3–4 баллов. В непосредственной близости (3 км) от Байпазы 18 сентября в 22<sup>h</sup>00<sup>m</sup> зафиксирован толчок с  $K_p=9.8$ .

В юго-восточной части Таджикской депрессии, в районе Кулябской впадины, 12 марта в 16<sup>h</sup>45<sup>m</sup> возник толчок с  $K_p=11.4$  ( $I_0^p=4$ ) на глубине 10 км. Интенсивность сотрясений в Кулябе (35 км) составила 3 балла.

30 января в 06<sup>h</sup>04<sup>m</sup> произошло землетрясение с  $K_p=11.7$  ( $I_0^p=4-5$  баллов) в 12 км к юго-западу от Джафра и в 18 км к востоку от Гарма. В Гарме оно вызвало колебания с  $I=3-4$  балла. Этот толчок предвещался ощутимым (3 балла) в Гарме (35 км) форшоком от 24 января в 04<sup>h</sup>03<sup>m</sup>. Еще отметим толчки, зарегистрированные 14 июня в 15<sup>h</sup>19<sup>m</sup> и 21<sup>h</sup>41<sup>m</sup>, а также 5 октября в 08<sup>h</sup>28<sup>m</sup> с  $K_p=11.3$ , 11.4, 11.1 соответственно. Первый и третий из них ощущались в Гарме с интенсивностью 3–4 (20 км) и 4 балла (15 км) соответственно. Эпицентры этих очагов пространственно приурочены к южному и северному склонам западной части хр. Петра Первого.

В октябре 2008 г. зона активности переместилась на 35 км к юго-востоку от эпицентра 30 января. В северо-восточной части Таджикской депрессии, в зоне между Гиссаро-Кокшаальским и Дарваз-Каракульским разломами, 13 октября в 17<sup>h</sup>16<sup>m</sup> было зарегистрировано землетрясение с  $K_p=13.0$  ( $I_0^p=5$ ) в 10 км к западу от Тавиль-Дары и в 31 км к юго-востоку от Гарма, в прибрежье р. Обихингоу. Глубина очага  $h=5-10$  км. Оно ощущалось в Тавильдаринском районе с интенсивностью до 4–5 баллов. Спустя 19.5<sup>m</sup> отмечен повторный толчок с  $K_a=10.6$ , который оказался максимальным для всей серии. Всего за двое суток – 13 и 14 октября – здесь зарегистрировано еще 184 повторных толчка с  $K_p=5.6-10.6$ , список которых приведен в Приложении к наст. сб. [27]. Карта их эпицентров изображена на рис. 8.



**Рис. 8.** Главный толчок и афтершоки землетрясения 13 октября 2008 г. с  $K_p=13.0$  за период 13 октября в 17<sup>h</sup>16<sup>m</sup> – 14 октября в 23<sup>h</sup>46<sup>m</sup> (числа указывают число толчков с одинаковыми координатами)

1 – инструментальный эпицентр главного толчка; 2 – энергетический класс; 3 – число эпицентров с одинаковыми координатами.



Облако афтершоков на рис. 8, в общем-то, бесформенное, возможно, из-за небольшой точности их локации. Главный толчок ближе к центру облака афтершоков. Интересно построить график повторяемости столь высокоскоростной последовательности афтершоков – за 31 час 184 события. Он представлен на рис. 9, но характеризуется значительной неустойчивостью из-за короткого интервала времени и пониженным значением  $\gamma=0.32$ .

Согласно [19], в его очаге заметно преобладали напряжения сжатия ( $PL_p=21^\circ < PL_1=62^\circ$ ) запад–северо-западной ( $AZM_p=289^\circ$ ) ориентации, которые спровоцировали по крутой ( $DP=68^\circ$ ) плоскости  $NP2$  почти меридиональной ( $STK_2=186^\circ$ ) ориентации движение типа взброс с минимальными компонентами левостороннего сдвига, а по пологой ( $DP_1=28^\circ$ ) плоскости  $NP1$  северо-восточной ( $STK_1=47^\circ$ ) ориентации – надвиг (рис. 10). Решение вопроса о том, какая из двух плоскостей является действующей

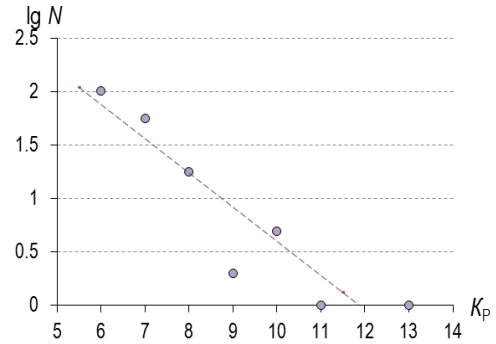
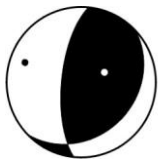


Рис. 9. График повторяемости афтершоков землетрясения 13 октября 2008 г. с  $K_p=13.0$   
 $\lg N=(3.8\pm 0.6) - (0.32\pm 0.06) K_p$



- 1
- - 2
- - 3

Рис. 10. Стереодиаграмма механизма очага землетрясения 13 октября 2008 г. с  $M_w=5.2$  в проекции нижней полусферы

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

для этого землетрясения с помощью афтершоков, достаточно сложно из-за почти изометричной формы карты их эпицентров на рис. 8. Попытка прояснить эту ситуацию с помощью карты плотности афтершоков изображена на рис. 11, где число афтершоков по меридиональному профилю шириной  $\Delta\lambda=70.31-70.35^\circ N$  с  $N_{||}=127$  максимально, хотя не слишком превосходит суммарное число афтершоков  $N_{\perp}=105$  по широтному профилю шириной  $\Delta\varphi=38.66-38.70^\circ E$ . И все же это дает некоторое преимущество выбрать в качестве реального движения в очаге подвижку типа взброс (рис. 10) по крутой близмеридиональной нодальной плоскости  $NP2$ , а не надвиг по  $NP1$ .

$\lambda^\circ, E$	70.30	70.35	70.40	70.45	$\Sigma$
$\varphi^\circ, N$					
38.75	1	50	9	8	68
38.70		69	28	8	105
38.65		8	2	1	11
$\Sigma$	1	127	39	17	184

Рис. 11. Карта плотности эпицентров афтершоков землетрясения 13 октября 2008 г. с  $M_w=5$

**В Памиро-Гиндукушской зоне коровых землетрясений (III)** за текущий год зарегистрировано одно землетрясение с  $K_p=15.0$  (№ 12 в табл. 3), три толчка с  $K_p \div 14$  (№№ 13, 15, 17), пять толчков с  $K_p \div 13$  (№№ 14, 16, 18, 19, 21 в табл. 3) и 19 толчков с  $K_p \div 12$  [18].

Землетрясение с  $K_p=15.0$ ,  $M_w=6.7$  произошло 5 октября в  $15^{h}52^m$  на территории Кыргызстана вблизи (5 км) границы с Таджикистаном в северо-восточной части Дарваз-Заалайского хребта. Очаг расположен в низах ( $h=30$  км) гранитного слоя земной коры. Оно описано с разной степенью детальности в трех статьях наст. сб. [22, 28, 29].

В Ванчском районе отмечено три землетрясения с  $K_p \div 12$ . Группа из двух толчков с  $K_p=11.8$  и  $11.6$  с интервалом времени лишь в две минуты ( $22^{h}00^m$  и  $22^{h}02^m$ ) возникла 7 апреля ( $I_0^p=4-5$ ,  $I_0^p=4$ ), третий – 19 июля в  $23^{h}08^m$   $K_p=11.9$  ( $I_0^p=4-5$ ). Эпицентры этих очагов с  $h=20$  км расположены в 30 км к востоку от Ванча и пространственно приурочены к западному окончанию Ванч-Акбайтальского разлома. Они ощущались в Ванчском районе от 3 до 3–4 баллов [26].

Расчет интенсивности сотрясений в эпицентре производится по формуле:

$$I_p = 1.5M - 3.5 \lg r + 3.1, \text{ где } r = \sqrt{\Delta^2 + h^2},$$

в которой свободный член 0.1 больше, чем в формуле Н.В. Шебалина для Средней Азии и Казахстана [30].

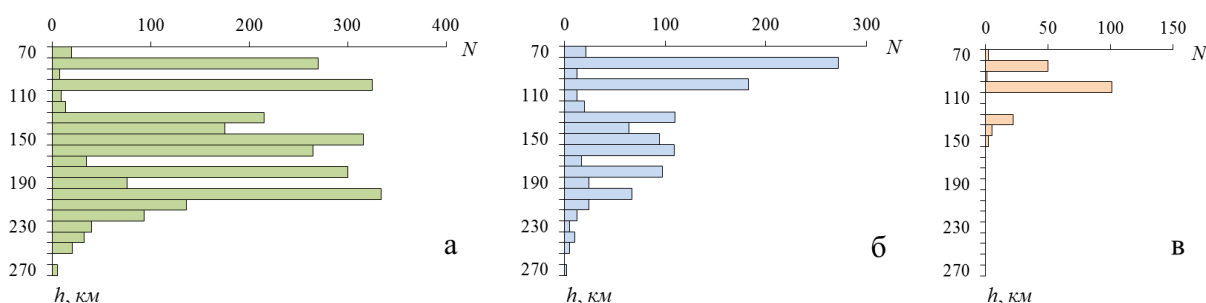
Южные склоны близширотной части Дарваз-Каракульского разлома уверенно прослеживаются цепочкой из семи землетрясений с  $K_p \div 10$  (12 января в 04<sup>h</sup>28<sup>m</sup> с  $K_p=9.6$ , 12 января в 18<sup>h</sup>21<sup>m</sup> с  $K_p=10.4$ , 31 января в 03<sup>h</sup>53<sup>m</sup> с  $K_p=9.6$ , 3 июля в 02<sup>h</sup>23<sup>m</sup> с  $K_p=10.4$ , 26 ноября в 16<sup>h</sup>41<sup>m</sup> с  $K_p=9.7$ , 3 декабря в 18<sup>h</sup>26<sup>m</sup> с  $K_p=10.4$ ) и свыше 40 толчков с  $K_p \div 9$ , при полном отсутствии более сильных событий. Высокоактивна северная часть сдвоенного Каракульско-Сарезского разлома, где в январе-феврале отмечены пять землетрясений с  $K_p \div 10$ , зарегистрированные 7 января в 12<sup>h</sup>23<sup>m</sup>, 8 января в 09<sup>h</sup>43<sup>m</sup>, 11 января в 03<sup>h</sup>04<sup>m</sup>, все три с одинаковым  $K_p=10.0$ ; 10 февраля в 21<sup>h</sup>44<sup>m</sup> с  $K_p=9.8$ , 13 февраля в 05<sup>h</sup>36<sup>m</sup> с  $K_p=9.6$ ) и несколько с  $K_p \div 9$ . К востоку от меридиональной части Дарваз-Каракульского разлома, к югу от излучины р. Пяндж, локализовано около 20 толчков, из которых один с  $K_p=11.3$  (5 января в 01<sup>h</sup>22<sup>m</sup>), два с  $K_p=10.0$  (22 апреля в 03<sup>h</sup>58<sup>m</sup>) и 9.8 (3 июля в 08<sup>h</sup>45<sup>m</sup>), остальные – слабее ([18], рис. 6).

**В Памиро-Гиндукушской зоне глубокофокусных землетрясений (IV)** локализовано 4028? землетрясений с  $K_p=8.6-14.5$  на глубинах  $h=70-270$  км. Максимальную глубину  $h=270$  км имеют 7 землетрясений, при этом лишь одно на уровне 10-го класса (2 июня в 21<sup>h</sup>29<sup>m</sup> с  $K_p=10.4$ ), остальные шесть – с  $K_p \div 9$  (17 мая в 00<sup>h</sup>10<sup>m</sup> с  $K_p=9.6$ , 27 сентября в 14<sup>h</sup>10<sup>m</sup> с  $K_p=9.2$ , 28 сентября в 00<sup>h</sup>10<sup>m</sup> с  $K_p=9.0$ , 3 ноября в 11<sup>h</sup>55<sup>m</sup> с  $K_p=9.0$ , 10 ноября в 00<sup>h</sup>45<sup>m</sup> с  $K_p=9.0$ , 30 декабря в 21<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=8.9$ ) [18]. Всего ощутимых глубокофокусных Памиро-Гиндукушских землетрясений за 2008 г. зарегистрировано 14 на глубинах  $h=100-220$  км.

Традиционно **зона (IV)** подразделяется по плотности эпицентров на три подзоны: широтную Афганскую ( $\varphi \leq 36.9^\circ N$ ), наклонную Хорогскую ( $\varphi=37.0-37.9^\circ N$ ) и вновь широтную Мургабскую ( $\varphi=38.0-38.8^\circ N$ ). Такое деление целесообразно, так как эти зоны не только разнесены в плане и по-разному ориентированы, но и характеризуются разным видом распределения землетрясений по глубине [31], что подтверждается и данными за 2008 г. (табл. 6, рис. 12).

**Таблица 6.** Числа землетрясений в функции глубины для всей Памиро-Гиндукушской зоны и ее трех подзон – Афганской, Хорогской и Мургабской

$h, \text{ км}$	$N_{\text{все}}(h)$	$N_{\text{афг}}(h)$	$N_{\text{хрг}}(h)$	$N_{\text{мрг}}(h)$	$h, \text{ км}$	$N_{\text{все}}(h)$	$N_{\text{афг}}(h)$	$N_{\text{хрг}}(h)$	$N_{\text{мрг}}(h)$
70	42	19	21	2	180	397	300	97	0
80	593	270	272	50	190	100	76	24	0
90	20	7	12	1	200	401	334	67	0
100	609	325	183	101	210	160	136	24	0
110	21	9	12	0	220	105	93	12	0
120	33	13	20	0	230	45	40	5	0
130	347	215	110	22	240	42	32	10	0
140	244	175	64	5	250	25	20	5	0
150	412	316	94	2	260	0	0	0	0
160	374	265	109	0	270	7	5	2	0
170	51	34	17	0					



**Рис. 12.** Распределение по глубине гипоцентров землетрясений в трех подзонах Памиро-Гиндукушской зоны: Афганской (а), Хорогской (б) и Мургабской (в)

Как видим, наименьшая мощность слоя, равная  $\Delta h=70-150$  км в Мургабской зоне, две другие в 2008 г. оказались по мощности одинаковыми, с  $\Delta h=70-270$  км, но разными по относительной плотности распределения землетрясений на разных горизонтах.

Основная часть глубокофокусных землетрясений располагалась за пределами Таджикистана на территории Афганистана (рис. 6). Распределение землетрясений с  $K_p \geq 12$  по Афганской, Хорогской и Мургабской подзонам дано в табл. 7. Для сравнения в скобках приведены соответствующие числа за 2007 г. из [2].

Таблица 7. Распределение сильных глубоких землетрясений с  $K_p \geq 12$

Подзона	$K_p$					$N_{\Sigma}$	$\Sigma E \cdot 10^{14}$ , Дж
	12	13	14	15	16		
Афганская	27 (27)	7 (1)	3 (1)	– (–)	– (–)	37 (29)	3.97 (1.37)
Хорогская	14 (11)	– (–)	– (–)	–	–	14 (11)	0.14 (0.11)
Мургабская	3 (6)	1 (–)	–	–	–	3 (6)	0.12 (0.06)

В Афганской подзоне произошло, как всегда, большинство ( $N_{\Sigma}=2684$ ) глубокофокусных землетрясений Гиндукуша. Максимальный энергетический класс этой подзоны  $K_p \div 14$ , то есть такой же, как в 2007 г. Таких землетрясений зарегистрировано три на глубинах 170, 190 и 220 км (29 декабря в 03<sup>h</sup>37<sup>m</sup> с  $K_p=14.4$ , 6 сентября в 05<sup>h</sup>47<sup>m</sup> с  $K_p=13.8$  и 5 сентября в 04<sup>h</sup>57<sup>m</sup> с  $K_p=14.5$  соответственно). Все три ощущались в г. Душанбе с интенсивностью  $I=3-4$  балла. Кроме того, в этой зоне зарегистрировано семь толчков с  $K_p \div 13$ , из которых по одному событию – с  $h=80$  и 130 км (24 сентября в 17<sup>h</sup>59<sup>m</sup> с  $K_p=12.6$  и 13 октября в 08<sup>h</sup>07<sup>m</sup> с  $K_p=13.2$  соответственно). Остальные пять имеют глубины  $h \geq 180$  км. Они возникли 19 января в 19<sup>h</sup>25<sup>m</sup> с  $K_p=13.5$ ,  $h=200$  км; 20 февраля в 13<sup>h</sup>16<sup>m</sup> с  $K_p=13.4$ ,  $h=200$  км, 11 мая в 20<sup>h</sup>57<sup>m</sup> с  $K_p=12.7$ ,  $h=220$  км; 1 августа в 19<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=12.7$ ,  $h=190$  км; 26 октября в 01<sup>h</sup>28<sup>m</sup> с  $K_p=13.3$ ,  $h=180$  км [18]. Это в 7 раз больше чем в 2007 г. (табл. 7). Из семи толчков ощущались четыре. В этой зоне зарегистрировано такое же, что и в прошлом году, число толчков  $K_p \div 12$  ( $N=27$ ), из которых три ощущались в г. Душанбе с интенсивностью от 2 до 3 баллов.

Механизмы очагов трех событий 14-го класса (№№ 8, 9, 24, рис. 5 и 6), изображенные на рис. 13, имеют много общего: везде тип подвижки – чистый взброс по одной нодальной плоскости и надвиг – по другой. Особенно близки стереограммы механизмов очагов 6 сентября и 29 декабря на уровнях 190 и 170 км, где в обоих случаях взбросы по крутым ( $DP=72^\circ$  и  $61^\circ$ ) нодальным плоскостям  $NP2$  простираются практически одинаково –  $STK=250^\circ$  и  $267^\circ$ . В самом глубоком ( $h=220$  км) очаге 5 сентября – также взброс по крутой ( $DP=65^\circ$ ) плоскости  $NP2$ , но с другим ее простираением – на северо-восток ( $STK=44^\circ$ ) [19].

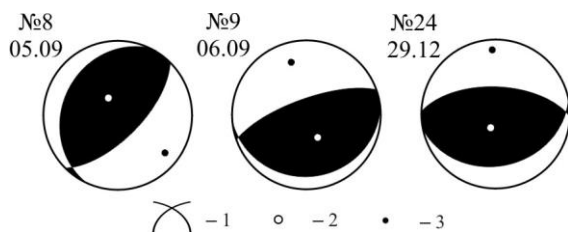
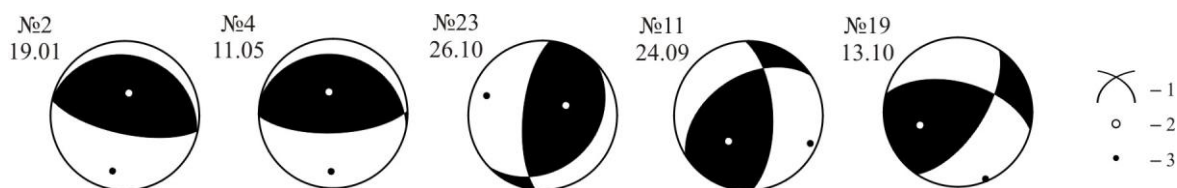


Рис. 13. Стереограммы механизма очагов трех землетрясений: № 8 – 5 сентября в 04<sup>h</sup>57<sup>m</sup> с  $h=220$  км,  $K_p=14.5$ ; № 9 – 6 сентября в 05<sup>h</sup>47<sup>m</sup> с  $h=190$  км,  $K_p=13.8$ ; № 24 – 29 декабря в 03<sup>h</sup>37<sup>m</sup> с  $h=170$  км,  $K_p=14.4$

Примерно в тех же координатах произошли и пять событий 13-го класса (№№ 2,3,4,6,23) в интервале глубин 180–220 км. Решения механизмов очагов имеются только для №№ 2,4,23 (рис. 14). Как видим, в этих трех очагах движение типа взброс по крутым плоскостям и надвиг – по пологим плоскостям, т.е. такое же, как и в трех очагах 14-го класса, хотя эти плоскости иначе ориентированы в пространстве. В двух более мелких очагах – №№ 11, 19 – с эпицентрами, размещенными в проекции на дневную поверхность в районе влияния Афгано-Южно-Памирских разломов I-го порядка и южнее всех выше рассмотренных событий, во взбросовых подвижках более значительно влияние левосторонних сдвиговых компонент (рис. 14) по более крутым плоскостям одинакового наклона ( $DP=63^\circ$ ), чего нет для толчков с  $K_p \div 14$ .

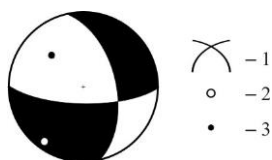
В Хорогской подзоне, с общим числом  $N_{\Sigma}=1160$ , землетрясения с  $K_p \geq 13$  не отмечены, зарегистрировано 14 землетрясений двенадцатого энергетического класса, что на 3 меньше, чем в 2007 г. Одно из них, произошедшее 26 апреля в  $09^{\text{h}}42^{\text{m}}$  с  $K_p=12.0$ ,  $h=110$  км, ощущалось в Душанбе (275 км) с интенсивностью  $I=2$  балла.



**Рис. 14.** Стереогаммы механизма очагов пяти землетрясений: № 2 – 19 января в  $19^{\text{h}}25^{\text{m}}$  с  $h=200$  км,  $K_p=13.5$ ; № 4 – 11 мая в  $20^{\text{h}}57^{\text{m}}$  с  $h=220$  км,  $K_p=12.7$ ; № 23 – 26 октября в  $01^{\text{h}}28^{\text{m}}$  с  $h=180$  км,  $K_p=13.3$ ; № 11 – 24 сентября в  $17^{\text{h}}59^{\text{m}}$  с  $h=80$  км,  $K_p=12.6$ ; № 19 – 13 октября в  $08^{\text{h}}07^{\text{m}}$  с  $h=130$  км,  $K_p=13.2$

В Мургабской подзоне локализовано 184 землетрясения. Из них отмечен один толчок с  $K_p=13.2$  и значительной моментной магнитудой  $M_{w_{\text{ГСМТ}}}=5.8$ , свидетельствующей, скорее всего, о занижении величины его энергетического класса. Оно ощущалось в г. Душанбе на расстоянии  $\Delta=388$  км с интенсивностью  $I=2-3$  балла. Согласно [19], в его очаге преобладали напряжения растяжения ( $PL_T=11^\circ < PL_P=40^\circ$ ) юг-юго-западной ориентации ( $AZM_T=215^\circ$ ), что вызвало движение типа нормального сброса по крутой ( $DP=72^\circ$ ) нодальной плоскости  $NP2$  широтного ( $STK_2=91^\circ$ ) простирания. Из рис. 4, и 5 видно, что такая ориентация согласуется с Бартанг-Пшартским глубинным разломом I-го порядка, хотя, конечно, разлом находится в пределах земной коры, мощность которой на Памире до 70 км, в то время как глубина гипоцентра по региональным годографам равна  $h=150$  км [18], что очень хорошо согласуется с более точной оценкой глубины по обменным волнам  $pP - h_{pP}=147$  км [16]. Сам факт сбросового движения в очаге заслуживает особого внимания, т.к. его причиной являются условия растяжения в очаге.

Вдвое меньше, чем в 2007 г. (табл. 7), зарегистрировано в Мургабской подзоне землетрясений с  $K_p \geq 12$  – всего три. Два из них возникли на глубине 100 км и в проекции на дневную поверхность лежат на линии Бартанг-Пшартского разлома слева (26 апреля в  $03^{\text{h}}07^{\text{m}}$  с  $K_p=12.4$ ) и справа (31 августа в  $21^{\text{h}}11^{\text{m}}$  с  $K_p=11.9$ ) от описанного землетрясения 13-го класса (рис. 5). Третье землетрясение (18 января в  $19^{\text{h}}18^{\text{m}}$  с  $K_p=12.4$ ) – менее глубокое ( $h=80$  км) и находится южнее (рис. 5 [18]).



**Рис. 15.** Стереогамма механизма очага землетрясения 20 сентября 2008 г. с  $K_p=13.2$  в проекции нижней полусферы

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

В 2008 г. отмечается увеличение высвобожденной энергии, по сравнению с 2007 г., в Афганской подзоне в 2.9 раза, в Мургабской – в 2 раза, в Хорогской – в 1.3 раза, т.е. практически суммарная энергия осталась такой же.

Рассматривая сейсмический процесс в регионе в целом, можно констатировать, что в 2008 г. основные эпицентральные зоны и их конфигурация сохранились достаточно стабильно во времени и в целом совпадают с их распределением за предыдущие годы. Наблюдалось лишь изменение уровня сейсмической активности разных зон.

## Л и т е р а т у р а

1. Введение // См. наст. сб.
2. 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.
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. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Нилобекова З.М., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н. Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 2008 г. ( $N=5721$ ). – Обнинск: Фонды ГС РАН, 01.07.2014 г. – 108 с.
5. Гайский В.Н., Рейман В.М., Каток А.П. Таджикистан // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 286–303.
6. Негматуллаев С.Х., Девонашоев А.Ю., Мирбаева З.Д. Возрождение сети сейсмических наблюдений в Таджикистане // Сб. статей научно-практической конференции агентства «Таджикилот». – Душанбе: Дониш, 2006. – С. 11–25.
7. Кулагин В.К. Строение земной коры Вахшского района Таджикской ССР по сейсмическим данным. Канд. дис. – Иркутск: Фонды Иркутского государственного университета, 1970. – 150 с.
8. 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.
9. Лукк А.А., Нерсесов И.Л. Глубокие Памиро-Гиндукушские землетрясения // Землетрясения в СССР в 1966 году. – М.: Наука, 1970. – С. 118–136.
10. Раутиан Т.Г. Затухание сейсмических волн и энергия землетрясений // Труды ТИССС. 1960 г. – № 7.
11. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
12. Каток А.П. Об использовании номограммы Раутиан для энергетической классификации глубоких Памиро-Гиндукушских землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. II. – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 139–143.
13. 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.
14. 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.
15. 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. ( $N=2634$ ) // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – (На CD).
16. *Bulletin of the International Seismological Centre for 2008*. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
17. Джанузакон К.Д. (по региону), Шукурова Ы.Б. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А. (Казакстан), Холикова М.А. (Узбекистан) Соколова Н.П., Сопиева К., Шипулина С.А., Умурзакова Р.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Каймачникова Н.И., Гайшук Л.Н., Тулегенова М.К., Джалилова С.С. Каталог землетрясений Центральной Азии за 2008 г. ( $N=911$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
18. 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. Каталог землетрясений Таджикистана за 2008 г. ( $N=5754$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
19. Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2008 г. ( $N=56$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
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. Джанузакон К.Д. (отв. сост. по региону). Афтершоки землетрясения Нура 5 октября 2008 г. с  $K_p=15.4$ ,  $M_w=6.7$ ,  $I_0=8$  (Кыргызстан) за 2008–2010 гг. с  $K_p=5.7–14.5$  ( $N=2616$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
22. Абдрахматов К.Е., Омуралиев М., Ормуков Ч. Землетрясение Нура 5 октября 2008 г. с  $K_p=15.4$ ,  $M_w=6.7$ ,  $I_0=8$  (Кыргызстан). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
23. Михайлова Р.С., Улубиева Т.Р. Возможные взрывы на северо-западе Худжандской (Ленинабадской) области Таджикистана ( $N=54$ ) в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
24. Годзиковская А.А. Выявление взрывов в каталогах землетрясений и на аналоговых сейсмограммах // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 403–410.

25. **Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С.** Форшок ( $N=1$ ) и афтершоки ( $N=24$ ) землетрясения 1 января 2008 г. с  $K_p=13.0$ . (См. Приложение к наст. сб. на CD).
26. **Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С.** Макросейсмический эффект ощутимых ( $N=39$ ) землетрясений в населенных пунктах Таджикистана в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
27. **Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И., Нилобекова З.М. (отв. сост.).** Афтершоки землетрясения 13 октября 2008 г. с  $K_p=13.0$ ,  $M_w=5.2$  ( $N=184$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
28. **Джанузаков К.Д., Муралиев А.М., Шукурова Р., Калмыкова Н.А., Холикова М.А.** Центральная Азия. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
29. **Абдыраева Б.С., Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Жолбулакова А.** Групповые механизмы афтершоков землетрясения Нура 5 октября 2008 г. с  $K_p=15.4$ ,  $M_w=6.7$ ,  $I_0=8$  (Кыргызстан). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
30. **Шебалин Н.В.** Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.
31. **Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И.** Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 77–84.