

ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева¹, Р.С. Михайлова², Л.И. Рислинг¹¹Геофизическая служба АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, tanya_55_08@mail.ru²Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gstras.ru

Система наблюдений. В 2010 г. непрерывные сейсмологические наблюдения, как и в 2009 г. [1], проводились Геофизической службой академии наук Республики Таджикистан (ГС АН РТ). Регистрация землетрясений Таджикистана и сопредельных государств осуществлялась семью цифровыми широкополосными сейсмическими станциями Trident+Trillium40: «Чуянгарон», «Гарм», «Гезан», «Игрон», «Шаартуз», «Манем» и «Чорух-Дайрон». Сеть из цифровых станций в Таджикистане начала создаваться в 2005 г. под руководством академика С.Х. Негматуллаева [2]. Работа выполнена НПО «RMP International» при поддержке Швейцарского агентства по развитию и сотрудничеству (ШАРС) и при содействии фирмы «Нанометрик» 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 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. В 2009–2010 гг. изменений не было. Карта расположения сейсмических станций дана на рис. 1.



Рис. 1. Сеть цифровых широкополосных сейсмических станций на территории Таджикистана в 2010 г.

Координаты и параметры станций даны в Приложении к наст. сб. [3], геологическая привязка в – [4].

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 [6], но не все из них оставлены в итоговом каталоге [7].

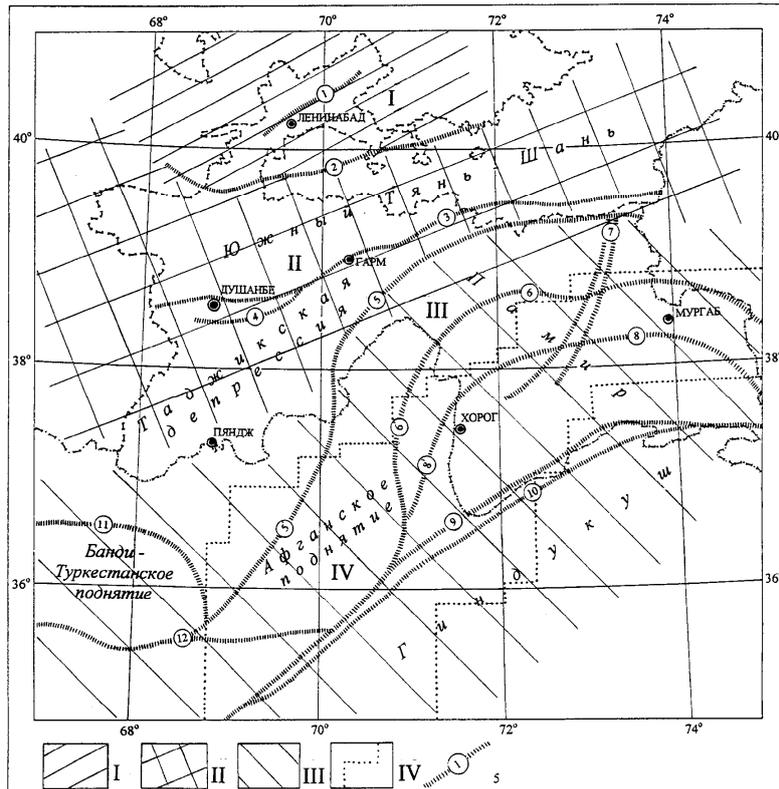


Рис. 2. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и глубинные разломы

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

Главнейшие глубинные разломы территории Таджикистана и Северного Афганистана по [8]: 1 – Северо-Ферганский; 2 – Заамин-Хайдараканский; 3 – Южно-Гиссарский; 4 – Илякско-Вахшский; 5 – Дарваз-Заалайский; 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.

Методика обработки цифровых записей землетрясений соответствует [9]. Вся цифровая сейсмическая система работает в режиме TDMA – множественный доступ с временным разделением, т.е. каждая станция вещает в строго определенный промежуток времени. Связь удаленных станций с центральной станцией в г. Душанбе происходит с помощью космического спутника «Intelsat». Передача информации происходит непрерывно в масштабе реального времени. Для обработки и анализа сейсмических данных используются следующее программное обеспечение: CoreEarthworm – программа для автоматической обработки землетрясений, включающей в себя программу Nuproinverse, где собраны годографы и геологические характеристики региона, и Ogasle – базу данных для хранения сейсмической информации и программу для обработки сейсмической информации вручную [10].

В результате сводной обработки составлен каталог землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана, Индии и Китая за 2010 г. [7]. Как и ранее [11], в *ред.* в него добавлены значения разных магнитуд по поверхностным (M_S , M_s), объемным ($MPSP$, m_b) волнам и моментная (M_w) магнитуда вместе с сейсмическим моментом M_0 из бюллетеня ISC [12]. Кроме того, в каталог добавлено значительное число макросейсмических данных из трех источников – каталога землетрясений Центральной Азии [13], сейсмологического бюллетеня ГС РАН [14] и NEIC [15]. В итоге сведения об ощутимости были собраны в *ред.* для 50 землетрясений. Все макросейсмические данные расписаны по конкретным населенным пунктам в специальном приложении [16]. Общее число сотрясенных населенных пунктов в 2010 г. составило 83 [17]. В каталоге механизмов очагов собраны сведения об их параметрах для 16 землетрясений Таджикистана [18], все они заимствованы из других источников [19, 20].

Каталог Таджикистана [6] содержит 2970 землетрясений в диапазоне $K_p=8.6-14.8$, из них 2164 – глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения с $h \geq 70$ км и 806 – мелкофокусные толчки с $h < 70$ км, разбросанные на всей территории. Минимальная глубина гипоцентра $h=2$ км присвоена землетрясению 13 сентября в 07^h58^m с $K_p=9.2$ в Горно-Бадахшанской автономной области, а максимальная – $h=280$ км – пяти землетрясениям с $K_p=9-10$, локализованным в мантии, в пределах Афганской подзоны глубоких очагов [6]. Суммарная энергия всех землетрясений, выделившаяся в их очагах, равна $\Sigma E=1.103 \cdot 10^{15}$ Дж. По сравнению с каталогом землетрясений в 2009 г. [11], число коровых землетрясений уменьшилось на 796 событий, число глубоких – на 699. При этом суммарная энергия всех землетрясений уменьшилась более чем в два раза ($\Sigma E=1.103 \cdot 10^{15}$ Дж вместо $\Sigma E=2.24 \cdot 10^{15}$ Дж).

Оценку представительности землетрясений коровых и глубоких выполнена по графикам повторяемости коровых, глубоких землетрясений и всех вместе (рис. 3). Из графиков видно отсутствие левого загиба в исследуемом диапазоне классов $\Delta K_p=9-14$ для коровых с $h < 70$ км и $\Delta K_p=9-15$ – для глубоких с $h \geq 70$ км. Следовательно, существующая сеть цифровых станций Таджикистана позволяет практически не пропускать на его территории землетрясения, начиная с 9-го класса.

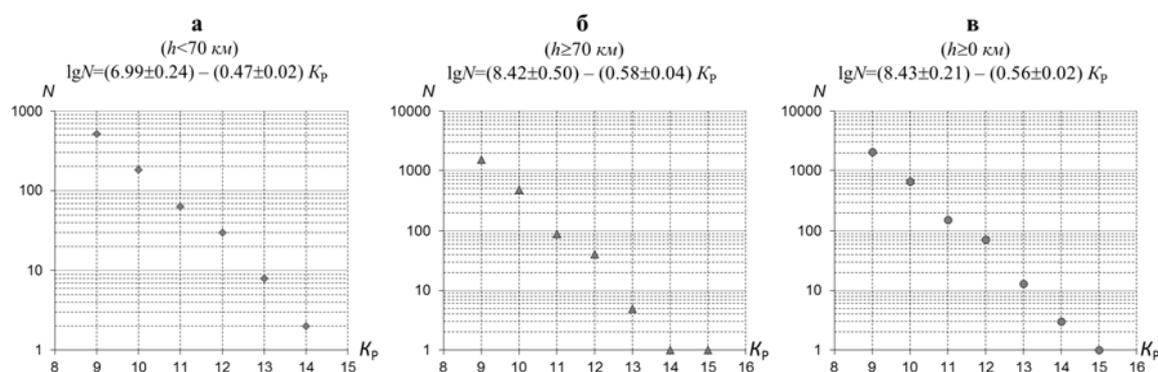


Рис. 3. Графики повторяемости коровых (а), глубоких (б) и всех (в) землетрясений Таджикистана в 2010 г.

Уравнения графиков повторяемости коровых и глубоких землетрясений по данным наблюдений за 2010 г., приведенные над графиками, заметно отличаются величиной угла наклона γ : для коровых – $\gamma=(-0.47 \pm 0.02)$, для глубоких – $\gamma=(-0.58 \pm 0.04)$. Причину предполагается выяснить.

Наиболее сильные ($K_p \geq 12.6$) события за 2010 г. представлены в табл. 1, суммарное число которых составило $N_{\Sigma}=17$, в 2009 г. их было 10 [1].

Таблица 1. Основные параметры землетрясений Таджикистана с $K_p \geq 12.6$ за 2010 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр				K_p	Магнитуда				
			φ°, N	λ°, E	h , км	h_{pp} , км		M_w	M_S	M_s	$MPSP$	m_b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	02.01	02 15 05	38.30	71.50	10	35*	13.5	5.4	5.0	5.1	5.5	5.3
2	27.02	23 21 13	36.00	69.80	90	119*	13.7	5.7	5.7*		5.8	5.8
3	18.04	20 28 48	35.65	68.00	20	163*	12.8	5.6	5.2	5.3	5.7	5.5
4	04.06	11 49 41	36.60	70.00	230	214*	12.7	5.1			5.2	5.1
5	10.06	06 38 02	40.00	74.30	20	28*	12.8	5.2	4.8	4.9	5.7	5.5
6	03.08	16 26 21	38.52	69.57	10	26*	13.0	5.2	4.8	4.9	5.5	5.4
7	24.08	08 34 21	36.60	71.10	220	233*	12.9	5.0			4.9	5.0
8	07.09	15 41 46	39.63*	73.90*	30	32*	13.9	5.4	5.1	5.2	5.6	5.5
9	07.09	15 49 09	39.67*	73.87*	20		13.0				4.9	4.6
10	17.09	19 21 10	36.10	70.60	40	220*	14.8	6.2	6.2*		6.1	5.9
11	10.10	21 44 14	34.40	74.60	10		13.5					
12	28.10	03 59 42	36.55	71.00	180	184*	13.5	5.3			5.4	5.2

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр				K_p	Магнитуда				
			φ°, N	λ°, E	h , км	h_{pp} , км		M_w	M_S	M_s	$MPSP$	m_b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	10.11	20 41 01	36.75	70.80	250	247*	13.4	5.2			4.2	4.3
14	15.11	00 51 50	34.70	70.20	30	18*	13.7	5.2	4.6	4.6	5.1	5.0
15	15.11	02 44 40	38.60	69.70	10	30*	12.8			3.9	4.9	4.7
16	08.12	08 21 27	39.47*	72.70*	10	16*	12.6	5.5	5.1	5.1	5.2	5.1
17	19.12	11 51 55	38.70	73.70	80		12.6				4.3	4.5

Примечание. В графах 4, 5 знаком * отмечены землетрясения с координатами из [13] из-за близких для них макросейсмических данных (8 км – 6–7 баллов, 5 км – 6 баллов, 16 км – 6–7 баллов [21]); в графе 7 даны значения h по глубинной фазе pP из [12]; в графе 10 знаком * отмечены значения магнитуд $M_{S_{MOS}}$ по поверхностным волнам двух глубоких землетрясений из [14], увеличенных на $\Delta M=+0.8$, согласно [22].

Как видно из рис. 4, непосредственно на территорию республики попадают только семь землетрясений: № 1 (2 января в 02^h15^m с $K_p=13.5$, $h=10$ км в Ванчском районе Памира), № 6 и № 15 (3 августа в 16^h26^m с $K_p=13.0$, $h=10$ км и 15 ноября в 02^h44^m с $K_p=12.8$, $h=10$ км – в Душанбино-Вахшском районе республики), землетрясения № 8,9 и № 16,17 (7 сентября в 15^h41^m с $K_p=13.9$, $h=30$ км и в 15^h49^m с $K_p=13.0$, $h=20$ км, 8 декабря в 08^h21^m с $K_p=12.6$, $h=10$ км и 19 декабря в 11^h51^m с $K_p=12.6$, $h=80$ км – у самых восточных границ Республики Таджикистан с Китаем). Остальные 10 событий с $K_p \geq 12.6$ локализованы вне границ Таджикистана и часть из них описана ниже.

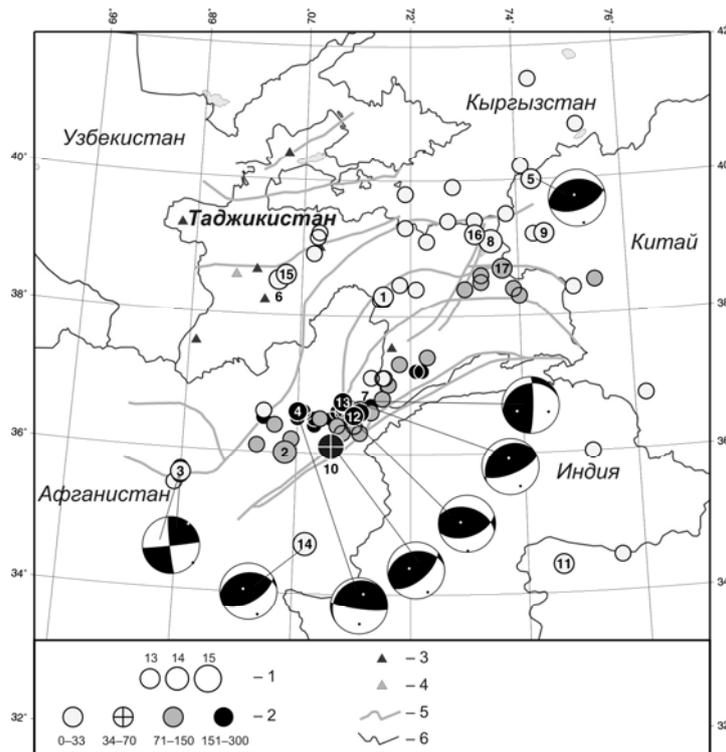


Рис. 4. Карта эпицентров сильных ($K_p \geq 11.6$) землетрясений Таджикистана за 2010 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3, 4 – сейсмические станции, цифровая и аналоговая соответственно; 5 – глубинный разлом I-го порядка; 6 – государственная граница; пронумерованы землетрясения с $K_p \geq 12.6$.

Максимальное в 2010 г. землетрясение № 10, записанное 17 сентября в 19^h21^m на 2571 сейсмических станциях Земли [12], имеет $K_p=14.8$ [7], $M_w=6.2$ [19] и сейсмическую энергию $E=6.31 \cdot 10^{14}$ Дж, т.е. 57 % от суммарной годовой энергии всех остальных землетрясений. Оно ощущалось в Таджикистане с интенсивностью $I=4-5$ баллов по шкале MSK-64 [23] в Хороге ($\Delta=172$ км) и Душанбе (315 км); 4 балла – в Гарме (320 км) [7, 16]; 3 балла – в Ташкенте

(592 км). Также оно вызвало слабые сотрясения II–III балла по шкале ММ [24] в Афганистане (III ММ – Файзабаде (113 км)), Баглане (166 км), Чарикаре (177 км), Джалалабаде (187 км), в Баграми (215 км), Кабуле (219 км)), Узбекистане (II ММ – в Самарканде (503 км)) и Пакистане (II ММ – в Пешаваре ($\Delta=248$ км) и Исламабаде ($\Delta=360$ км)) [12].

Спорной для этого землетрясения оказалась глубина очага (табл. 2). В оригинале каталога Таджикистана [6] $h=40$ км, но по данным ISC, NEIC, GCMТ, ВJI и др. – $h>200$ км [12], по данным MOS [14] – $h=118$ км.

Таблица 2. Основные параметры землетрясения 17 сентября 2010 г. в $19^{\text{h}}21^{\text{m}}$ по данным различных сейсмологических центров

Агент-ство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда	Источ-ник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км		
ГС АН РТ	19 21 10		36.10		70.60		40	$K_p=14.8$	[6]
MOS	19 21 10.7	0.88	36.509	0.05	70.862	0.03	118	$MS=5.4/15$, $MPSP=6.1/99$	[14]
ISC	19 21 15.2	0.12	36.535	0.03	70.969	0.02	215 215*	$m_b=5.9/480$, $h_{pP}=215$ км	[12]
ISCJB	19 21 10.8	0.19	36.547	0.02	70.911	0.01	189 221*	$m_b=5.9/480$, $h_{pP}=215$ км	– " –
NEIC	19 21 15.0	0.11	36.443	0.04	70.774	0.03	220	$m_b=5.9/228$, $M_w=6.2$	– " –
GCMТ	19 21 15.0	0.10	36.44	0.01	70.79	0.01	208	$M_w=6.2/132$	– " –
ВJI	19 21 12.8	1.38	36.40		71.00		200	$m_b=5.6/81$	
NNC	19 21 11.5	2.64	36.558	0.31	70.781	0.13	224	$K_p=14.6$, $m_b=5.8$, $m_{pV}=7.1$	
IDC	19 21 13.6	0.42	36.405	0.07	70.816	0.05	209	$m_b=5.4/43$	– " –
PDG	19 20 48.5	0.41	36.84		71.00		200	$m_b=6.2/12$	– " –

Примечание. Расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к наст. сб.

Графически картина разброса решений его эпицентра и гипоцентра дана на рис. 5.

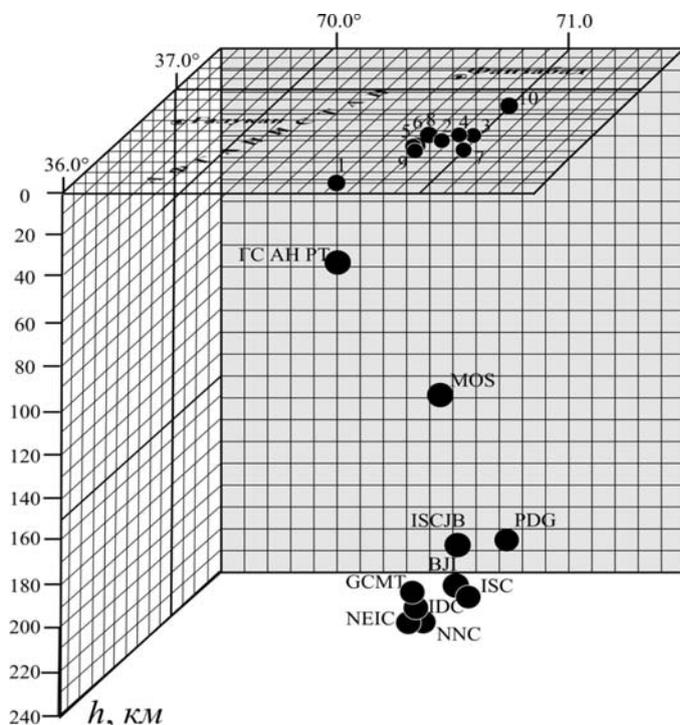


Рис. 5. Решения эпицентра землетрясения 17 сентября 2010 г. в $19^{\text{h}}21^{\text{m}}$ с $K_p=14.8$, $MS=6.2$ в проекции на дневную поверхность (№№ 1–10, табл. 3) и решения гипоцентра по данным разных агентств

В регионе глубину очага этого землетрясения оценили равной $h=40$ км на основании анализа записи землетрясения по данным цифровой сети (рис. 6). Обычно записи глубоких землетрясений имеют форму в виде двух максимальных выбросов P - и S -волн, чего нет на рис. 6. Действительно, после первого вступления P -волн, наблюдается четкое и ясное второе вступление через $4-5^s$, сильнее первого. Затем следует еще ряд импульсов различной интенсивности, среди которых выделяются несколько вступлений поперечной волны. Если при глубоком землетрясении в фазе P самое сильное вступление соответствует первому вступлению, то при землетрясении, очаг которого расположен в гранитном и базальтовом слоях, первое вступление относительно слабое, так как оно соответствует диффрагированной волне P , после чего следует более сильное вступление волн P . В целом характер волновой картины продольных и поперечных волн с нормальной глубиной очага является типичным для землетрясений данного района.

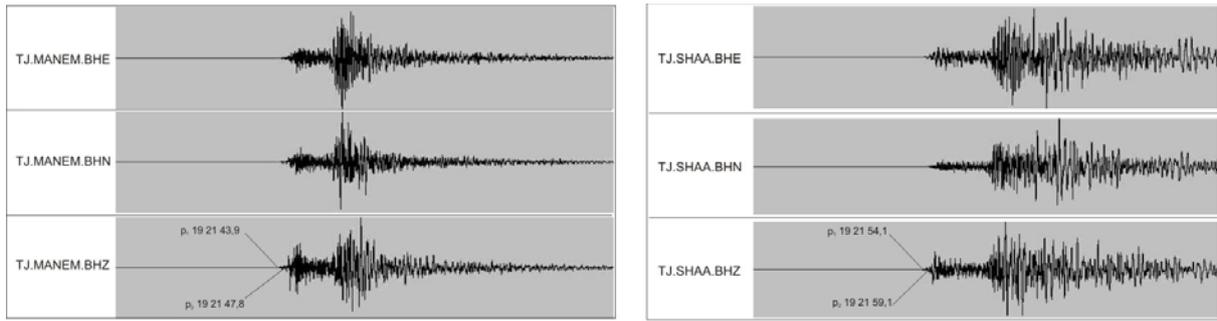


Рис. 6. Запись землетрясения 17 сентября 2010 г. в 19^h21^m с $K_p=14.8$, $M_w=6.2$ широкополосными цифровыми сейсмическими станциями «Манем» и «Шаартуз»

Редколлегия Сборника в этой связи обратилась к канд. ф.-м. н. И.П. Габсатаровой, как известному в России специалисту по волновым формам. По ее мнению основным критерием в данной ситуации может служить наличие глубинных фаз на удаленных расстояниях с одной стороны и отсутствие ярко выраженных поверхностных волн на тех же расстояниях – с другой. Выбранные в Интернете записи по семи станциям на рис. 7 – «Боровое» (BRVK), «Гарни» (GNI), «Свердловск» (SVE), «Арти» (ARU), «Нальчик» (NCK), «Кисловодск» (KIV), «Тиргузор» (TIRR) – демонстрируют наличие хороших глубинных фаз pP -волн и отсутствие поверхностных волн. Дополнительным аргументом в пользу большой глубины очага землетрясения 17 сентября являются макросейсмические данные. Так, для ближайшего пункта в Афганистане – г. Файзабад – с $\Delta=117$ км интенсивность сотрясений по формуле Н.В. Шебалина [25] для Средней Азии:

$$I = 1.5 M - 3.5 \lg r + 3.0$$

при глубине очага $h=40$ км и магнитуде $M_w=6.2$ должна быть равной 5 баллов, тогда как по данным NEIC она составила лишь III балла MM, что говорит в пользу версии о глубоком землетрясении.

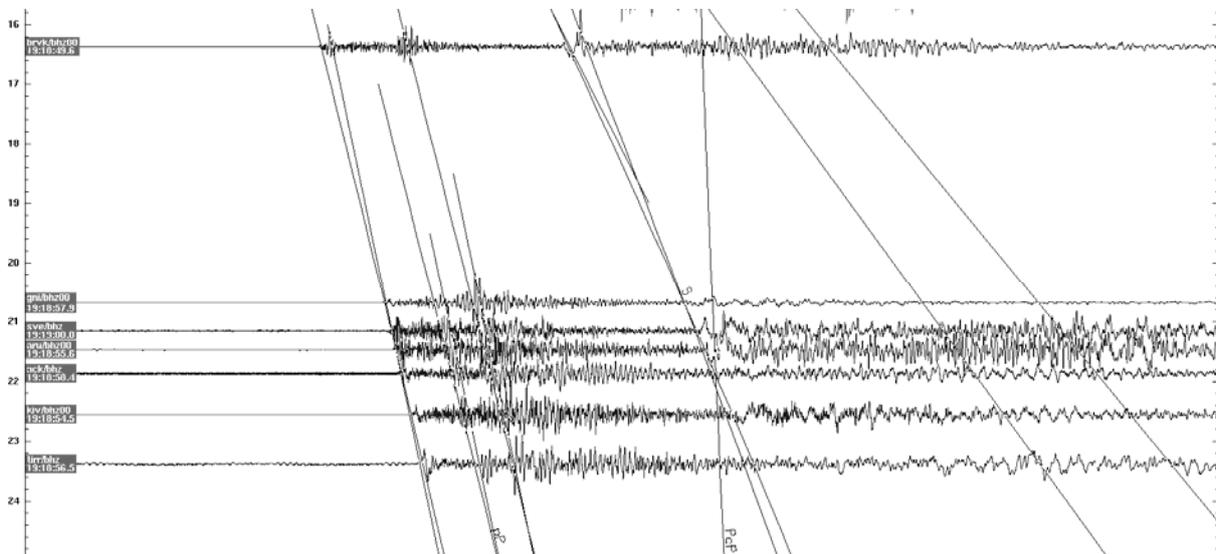


Рис. 7. Однокомпонентные записи цифровых станций землетрясения 17 сентября 2010 г. в 19^h21^m с $K_p=14.8$, $M_w=6.2$, $h=215^*$ км (предоставила И.П. Габсатарова)

Поэтому в этом случае следует признать более верными решения всех агентств о большой глубине очага этого землетрясения. В итоге в ред. было принято решение изменить региональное значение глубины гипоцентра этого землетрясения с $h=40$ км на $h_{pP\text{ ISC}}=215$ км и отнести его не к зоне III, а к зоне IV.

Распределение всех землетрясений 2010 г. по крупным сейсмоактивным зонам I–IV представлено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по крупным районам I–IV за 2010 г.

№	Район	K_p							N_Σ	$\Sigma E,$ Дж
		9	10	11	12	13	14	15		
I	Юго-Западный Тянь-Шань	12(9)	14(11)	6(2)	3(1)				35(23)	$2.59 \cdot 10^{12}$
II	Южный Тянь-Шань	206(6)	57(4)	15(4)	6(2)	3	1		288(19)	$1.12 \cdot 10^{14}$
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	301(26)	111(16)	43(8)	21(6)	5(2)	1		482(58)	$1.63 \cdot 10^{14}$
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	1549(47)	478(12)	90(4)	41(1)	5	1	1	2165(64)	$8.25 \cdot 10^{14}$
	Всего	2068(88)	660(43)	154(18)	71(10)	13(2)	3	1	2970(161)	$1.10 \cdot 10^{15}$

Примечание. В скобках указано количество землетрясений вне указанных границ.

По всем районам произошло уменьшение числа землетрясений, по сравнению с таковыми в 2009 г.: в Юго-Западном Тянь-Шане I (35 вместо 60), в Южном Тянь-Шане II (288 вместо 348), в районах III (482 вместо 486) и IV (2165 вместо 3329).

Карта эпицентров всех землетрясений дана на рис. 8.

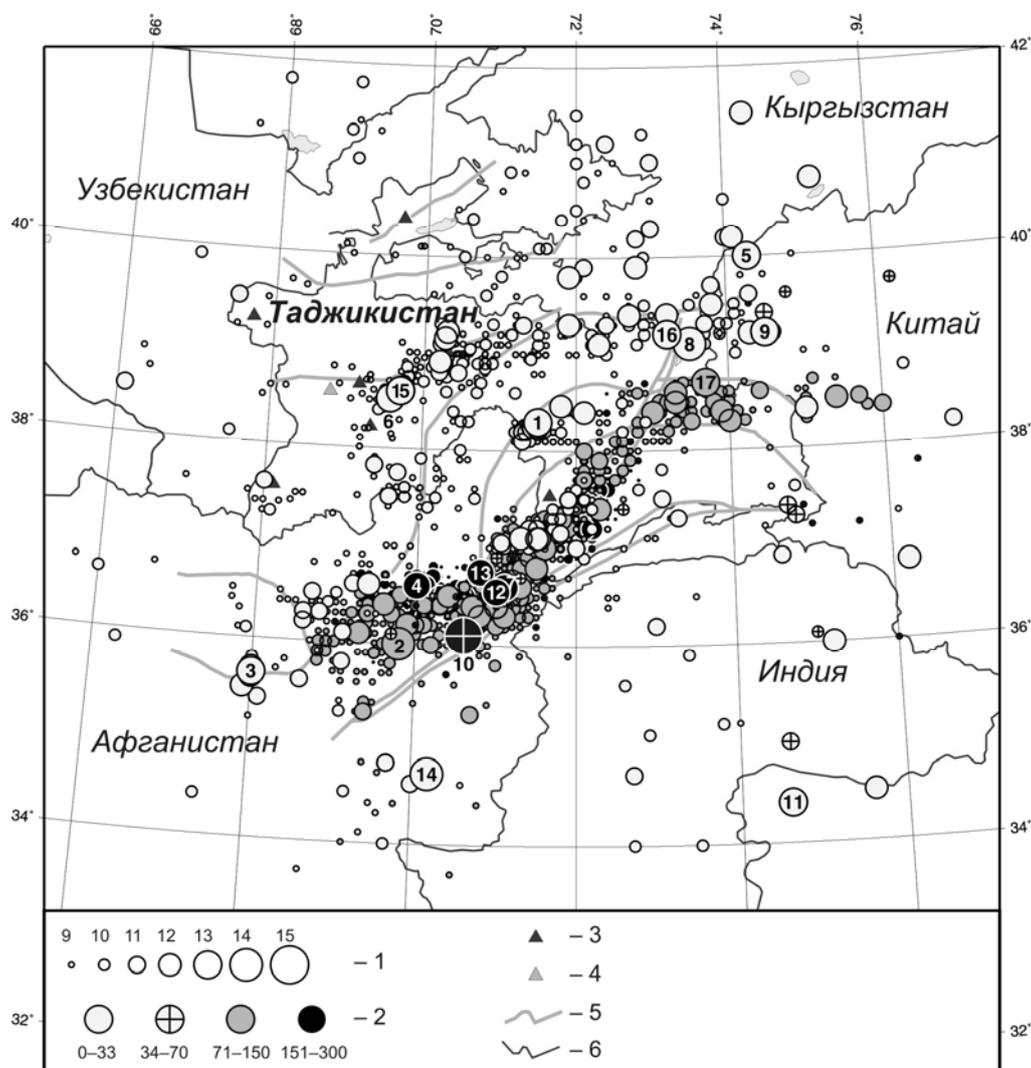


Рис. 8. Карта эпицентров всех 2970 землетрясений Таджикистана и прилегающих территорий за 2010 г. по [6]

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

Рассмотрим детально сейсмичность в каждом из районов I–IV.

Территория **Юго-Западного Тянь-Шаня (I)**, согласно табл. 3, характеризуется в 2010 г. уменьшением числа землетрясений (35 вместо 60) и суммарной сейсмической энергии ($2.59 \cdot 10^{12}$ Дж вместо $3.61 \cdot 10^{12}$ Дж), по сравнению с таковыми в 2009 г. [1]. В 2010 г. в зоне влияния Северо-Ферганского разлома (1) на рис. 2 максимальными являются землетрясения 11-го класса с $h=10$ км, зарегистрированные 20 сентября в 09^h17^m с $K_p=11.0$ и 27 октября в 04^h47^m с $K_p=10.6$ (рис. 8, [7]). По Южно-Ферганскому разлому (2), называемому на рис. 2 Заамин-Хайдараканским, хорошо выделяется цепочка из четырех землетрясений 12-го класса, простирающаяся в запад–юго-западном направлении. Они произошли 14 февраля в 20^h32^m с $K_p=12.5$, $h=10$ км; 20 августа в 23^h19^m с $K_p=11.9$, $h=20$ км; 16 сентября в 01^h32^m с $K_p=11.6$, $h=10$ км и 24 ноября в 04^h13^m с $K_p=11.9$, $h=10$ км. Еще одно землетрясение такого же уровня энергии возникло 26 сентября в 06^h37^m с $K_p=11.7$, $h=10$ км на востоке зоны. Остальные толчки в зоне I слабее, на уровне 9–10 энергетического класса.

В пределах **Южного Тянь-Шаня (район II)** развитие сейсмического процесса в 2010 г. рассмотрим по большим эпицентральных зонам: Гиссаро-Кокшаальской и в Таджикской депрессии.

В *Гиссаро-Кокшаальской зоне* произошло наибольшее число землетрясений с очагом в земной коре, особенно высока их плотность в зоне влияния трех крупнейших глубинных разломов – Южно-Гиссарского (3), Илякско-Вахшского (4) и Дарваз-Заалайского (5) (см. рис. 2, рис. 8). На уровне сильных ($K_p \geq 12.6$) землетрясений эта зона имеет вид «гантели», с толчками № 6, 15 на западе и № 8, 9, 16 – на востоке. На западе землетрясения № 6, 15 зарегистрированы с одинаковыми глубинами $h=10$ км 3 августа в 16^h26^m с $K_p=13.0$ и 15 ноября в 02^h44^m с $K_p=12.8$. На востоке землетрясения № 8, 9, 16 локализованы 7 сентября в 15^h41^m с $K_p=13.9$, $h=30$ км и через 8 минут, в 15^h49^m с $K_p=13.0$, $h=22$ км, а также 8 декабря в 08^h21^m с $K_p=12.6$, $h=10$ км. Эти группы рассмотрим отдельно.

Начиная с 3 августа сейсмическая обстановка активизировалась на территории Рогунского района вблизи строящейся высокогорной Рогунской ГЭС («Рогун»: $38.70^\circ N$, $69.72^\circ E$, $h_z=1730$ м). В восточной части Илякско-Вахшского глубинного разлома, в северных отрогах хребта Сурхку, на отрезке 15 км, выше названные землетрясения № 6 и № 15 (рис. 8) возникли в августе и ноябре с $K_p=13.0$ и 12.8 [7]. Наиболее сильное из них – № 6 – зарегистрировано 3 августа на одинаковом расстоянии – примерно 22 км – к юго-востоку от Файзабада и к юго-востоку от Рогуна. Оно ощущалось с интенсивностью $I=4$ балла в Рогуне (22 км) и Больджуане (27 км), 3–4 балла – в Нуреке (23 км) и Игроне (40 км) [16]. Два события за 15 ноября в 02^h06^m и 02^h44^m , с $K_p=12.3$ и с $K_p=12.8$ произошли в непосредственной близости от Рогуна, примерно в 9 км к югу. Они предварялись за 22 минуты одиночным форшоком одиннадцатого энергетического класса. Первое из них ощущалось в Рогуне (9 км) с интенсивностью $I=4$ балла, в Больджуане (35 км) – 3–4 балла; второе – в Рогуне 5 баллов, Больджуане – 4 балла [16]. Через 28 минут после главного толчка последовал афтершок с $K_p=11.5$ [7] и далее афтершоковая деятельность регистрировалась до конца года.

Решение механизма очага имеется только для землетрясения № 6 [18], согласно которому определяющими в его очаге явились близгоризонтальные ($PL_p=15^\circ$) напряжения сжатия юго-восточной ($AZM=150^\circ$) ориентации (рис. 9), спровоцировавшие почти чистые взбросы по обеим нодальным плоскостям близкого простирания.

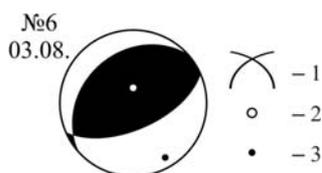


Рис. 9. Стереодиаграмма землетрясения № 6, произошедшего 3 августа с $K_p=13.0$, $M_w=5.2$

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

В средней части *Гиссаро-Кокшаальской зоны*, на территории Гармского (Раштского) района, зарегистрировано три ощутимых землетрясения с $K_p \geq 12$: 4 июля в 01^h56^m с $K_p=11.9$, 7 октября в 01^h40^m с $K_p=11.7$ и 9 октября в 10^h15^m с $K_p=11.6$. Они ощущались в Гарме с интенсивностью $I=4$ балла на расстояниях от него 12 км, 25 км и 17 км соответственно [16].

Землетрясения № 8, 9 и 16 возникли в традиционном активном узле сочленения трех глубинных разломов – Южно-Гиссарского (3), Дарваз-Заалайского (5) и Каракульско-Сарезского (7) (рис. 2). Из них первое (№ 8) ощутимо в Кыргызстане (Нура (8 км) – 6–7 баллов, Иркештам (10 км) – 6–7 баллов, Сары-Таш (60 км) – 5 баллов, Ош (120 км) – 3 балла [21]) и в Таджикистане (Душанбе (410 км) – 3 балла [16]). Толчок (№ 9) вызвал сотрясения лишь в Кыргызстане (Нура (5 км) – 6 баллов, Кёктюбе (56 км) – 4–5 баллов [21]). Особо отметим, что оба они являются поздними афтершоками [26] разрушительного землетрясения Нура 5 октября 2008 г. с $K_p=15.4$, $M_w=6.7$, $I_0=8$ [27]. Третье событие (№ 16) вызвало интенсивные сотрясения также лишь в Кыргызстане (Аглык-Суу (16 км) – 6–7 баллов, Сарымогол (30 км) – 5–6 баллов, Дараут-Курган (44 км) – 5 баллов, Лянгар-2 (65 км) – 4 балла [21]). Очаги этих толчков пространственно приурочены к восточному и западному участкам северной оконечности Каракульско-Сарезского разлома (7).

Как следует из [18], в очаге землетрясения № 8 напряжения сжатия и растяжения практически равновелики ($PL_p=3^\circ$, $PL_T=7^\circ$, рис. 10). В результате в его очаге возникла подвижка типа чистый сдвиг, левосторонний по плоскости $NP1$ северо-восточного простириания и правосторонний – по $NP2$, северо-западного простириания.

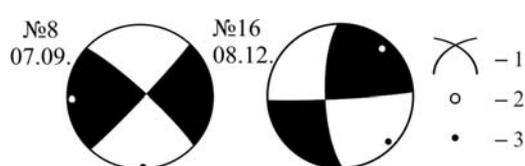


Рис. 10. Стереогаммы землетрясений № 8 и № 16, произошедших 7 сентября в 15^h41^m с $K_p=13.9$ и 8 декабря в 08^h21^m с $K_p=12.6$

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

В очаге землетрясения № 16 ситуация подобная таковой в очаге № 8: углы наклона к горизонту осей сжатия и растяжения почти одинаковы (рис. 10) и движение в очаге практически чистый сдвиг, правосторонний по плоскости $NP1$ и левосторонний – по $NP2$. Различие лишь в ориентации осей и простириании нодальных плоскостей.

В *Таджикской депрессии*, лежащей к югу и юго-западу от Илякско-Вахшского разлома (4, рис. 2), в 2010 г., как и ранее [1], наблюдается лишь слабая сейсмичность, территориально привязанная к долине пограничной с Афганистаном р. Пяндж, где можно отметить три землетрясения с $K_p \div 11$, произошедшие 26 января в 17^h44^m с $K_p=11.3$, $h=10$ км, 31 мая в 00^h22^m с $K_p=10.8$, $h=10$ км и 27 июля в 07^h17^m с $K_p=10.7$, $h=10$ км к югу от сейсмической станции «Игрон». Еще отметим землетрясение 8 ноября в 03^h16^m с $K_p=11.0$, $h=10$ км вблизи сейсмической станции «Шаартуз». Все остальные немногочисленные землетрясения более мелкие с $h \leq 10$ км [7] и более слабые.

В Памиро-Гиндукушской зоне (III) коровых землетрясений наиболее активен участок, зажатый между меридиональным Каракульско-Сарезским разломом (7) и близширотными фрагментами Ванч-Акбайтальского (6) и Бартанг-Пшартского (8) разломов (рис. 2). Здесь, в Ванчском районе, 2 января в 02^h15^m произошло интересное по своим особенностям землетрясение № 1 (табл. 2) с $K_p=13.5$ [7], $M_w=5.4$ [12], названное Ванчским. Оно описано в отдельной статье наст. сб. [28].

Необычно большая в 2010 г. группа мелких землетрясений объемом $N_{\Sigma}=77$ зарегистрирована над очаговой зоной глубоких землетрясений в пределах координат $\Delta\varphi=36.7-38.0^\circ$, $\Delta\lambda=71.0-73.5^\circ$, в зоне резкого (на 90°) изменения течения р. Пяндж. Они хорошо видны на суммарной карте эпицентров землетрясений (рис. 8). В этой группе лишь одно имеет $h=2$ км, по два толчка с $h=20$ и 30 км, а 72 события реализовались на одинаковой глубине $h=10$ км. Максимальные по энергии толчки имеют $K_p \div 12$ (1 мая в 08^h35^m с $K_p=11.6$; 19 июня в 12^h58^m и в 14^h42^m с $K_p=11.9$ и 11.7). Оба события 19 июня ощущались в Хороге ($\Delta=42$ км) с интенсивностью $I=3$ балла. Еще 9 толчков характеризуются $K_p \div 11$. Один из них с $K_p=11.3$, зарегистрированный 30 мая в 10^h19^m , вызвал в Хороге (65 км) сотрясения с интенсивностью $I=3-4$ балла [7, 16].

Вне Таджикистана, в южной части Афгано-Таджикской впадины, на крайнем юге Банди-Туркестанского поднятия зафиксировано 18 апреля в 20^h28^m землетрясение № 3 в табл. 1 с $K_p=12.8$, $M_w=5.6$ на глубине $h=20$ км. Оно приурочено к центральной части Андараб-Мирзаволангского разлома (12 на рис. 2). Для него имеются решения механизма его очага GCMТ и NEIC. В соответствии с решением GCMТ [19] подвижка в его очаге – типа сдвиг по обоим

близвертикальным ($DP_1=86^\circ$, $DP_2=88^\circ$) нодальным плоскостям, левосторонний по близмеридиональной плоскости $NP1$ и правосторонний – по близширотной $NP2$. По GCMТ (рис. 11) напряжения сжатия P и растяжения T близгоризонтальны и практически равновелики из-за близости их наклонов ($PL_P=2^\circ$, $PL_T=4^\circ$) к горизонту. В решении NEIC наклон к горизонту оси напряжений растяжений такой же ($PL_T=4^\circ$), как у GCMТ, но для оси растяжений он возрос до $PL_P=14^\circ$ и переориентировался с юго-восточного ($AZM=129^\circ$) на северо-западный ($AZM=306^\circ$) (рис. 11), что осложнило прежние сдвиги компонентами сброса и изменило направление сдвигов на правосторонние по плоскости $NP1$ и левосторонние – по $NP2$.

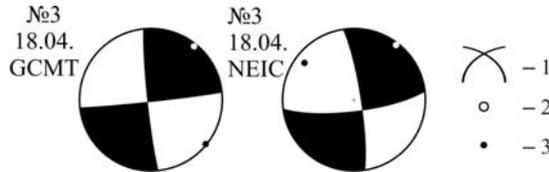


Рис. 11. Стереогаммы землетрясения № 3 18 апреля 2010 г. с $K_p=12.8$ по данным GCMТ и NEIC

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

В южном направлении, вне границ Таджикистана, зарегистрированы два толчка: № 11 с $K_p=13.5$ (10 октября в 21^h44^m) и № 14 с $K_p=13.7$ (15 ноября в 00^h51^m). Механизм очага определен лишь для второго из них [18]. В его очаге преобладали напряжения сжатия, поэтому по более крутой ($DP_1=59^\circ$) плоскости $NP1$ восток–северо-восточного ($STK_1=60^\circ$) простирания реализовалось движение типа взброс с очень незначительными компонентами левостороннего сдвига, а по пологой ($DP_2=33^\circ$) плоскости $NP2$ близширотного ($STK_2=265^\circ$) простирания – надвиг с компонентами правостороннего сдвига.

В Памиро-Гиндукушской зоне (IV) глубокофокусных землетрясений локализовано 2164 землетрясений с $K_p \geq 8.6$ на глубинах $h=70-280$ км. Их пространственное распределение представлено на рис. 8. Традиционно вся область глубокофокусных землетрясений подразделяется по плотности гипоцентров на три подзоны: Афганскую ($\varphi=35.0-36.9^\circ N$), Хорогскую ($\varphi=37.0-37.9^\circ N$) и Мургабскую ($\varphi=38.0-38.8^\circ N$) (табл. 4). Как видим, основная часть глубокофокусных землетрясений возникла в Афганской подзоне – 1498 событий или почти 70 %, в числе которых шесть сильных ($K_p \geq 12.6$) толчков.

Таблица 4. Распределение глубоких землетрясений по энергетическим классам в пределах Афганской, Хорогской и Мургабской подзон в 2010 г.

Подзона	K_p							$K_p \geq 12$	N_Σ	$\Sigma E, Дж$
	9	10	11	12	13	14	15			
Афганская	1078	330	54	30	4	1	1	36	1498	$8.003 \cdot 10^{14}$
Хорогская	430	125	27	5				5	587	$1.175 \cdot 10^{13}$
Мургабская	41	23	9	6	1			7	80	$1.293 \cdot 10^{13}$
Всего	1549	478	90	41	5	1	1	47	2165	$8.250 \cdot 10^{14}$

По суммарной высвобожденной в очагах сейсмической энергии из общего ее количества, равного $\Sigma E_{\text{глуб}}=8.250 \cdot 10^{14}$ Дж, на Афганскую подзону приходится $\Sigma E_{\text{афг}}=8.003 \cdot 10^{14}$ Дж, или 97 %, а в двух других почти одинаково – $\Sigma E_{\text{хрг}}=1.175 \cdot 10^{13}$ Дж и $\Sigma E_{\text{мрг}}=1.293 \cdot 10^{13}$ Дж., или 1.4 % и 1.6 % соответственно.

Относительное распределение событий по глубинам, изображенное на гистограммах рис. 12, позволяет выделить как общие их черты, так и существенные различия.

Общей чертой распределений землетрясений по глубине в трех зонах является относительно большое число землетрясений в верхнем слое с $h=80-100$ км: $N_{\text{афг}}=382$, или 25 %, $N_{\text{хрг}}=140$, или 24 %, $N_{\text{мрг}}=68$, или 85 %. В более глубоких горизонтах Мургабской зоны землетрясений практически нет вовсе, но в Афганской и Хорогской они есть. Распределение землетрясений по глубине в Афганской и Хорогской подзонах относительно похоже: в них выделяется еще один промежуточный тонкий слой на уровне $h=130$ км ($N_{\text{афг}}=136$ и $N_{\text{хрг}}=61$) и глубокий – на уровне $h=200-210$ км ($N_{\text{афг}}=246$ и $N_{\text{хрг}}=82$).

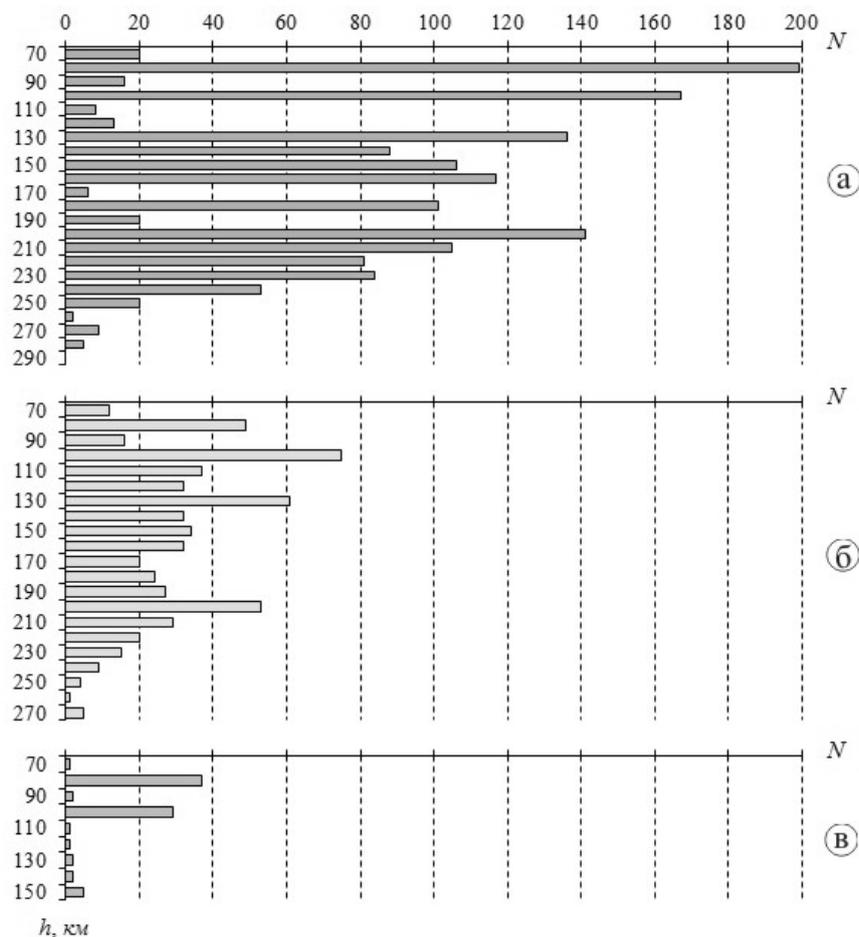


Рис. 12. Гистограммы распределения глубин гипоцентров в Афганской (а), Хорогской (б) и Мургабской подзонах зоны IV глубоких землетрясений Памиро-Гиндукуша в 2010 г.

Рассмотрим сейсмический процесс в каждой из подзон глубоких землетрясений.

В Афганской подзоне определяющим, безусловно, является максимальное землетрясение № 10 17 сентября с $K_p=14.8$. Оно описано выше вместе с разными решениями его эпицентра (табл. 2) и макросейсмическим эффектом [16]. Здесь же рассмотрим механизм его очага по [18], где содержится два решения методом момента центра (GCMТ, NEIC₁, рис. 13) и одно – по первым вступлениям *P*-волн (NEIC₂).

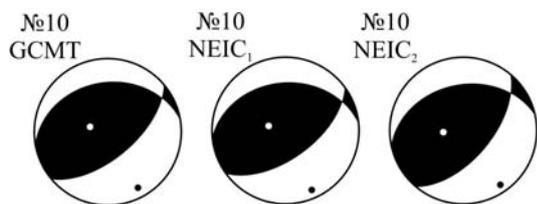


Рис. 13. Стереодиаграммы землетрясения № 10, произошедшего 17 сентября в 19^h21^m на глубине $h=200$ км

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

Как видим, все три решения практически идентичны. Движение в очаге возникло в условиях преобладания близгоризонтальных напряжений сжатия, что привело к взбросу по более крутым (DP_1 : 61°, 59°, 59°) плоскостям *NP1* северо-восточного простирания и к надвигам по более пологим (DP_2 : 32°, 37°, 35°) плоскостям *NP2* близширотного простирания.

В этой же подзоне 27 февраля в 23^h21^m с $K_p=13.7$ произошло землетрясение № 2 14-го класса с $h=90$ км и четыре события (№№ 4,7,12,13) 13-го класса: 4 июня в 11^h49^m с $K_p=12.7$, $M_w=5.1$, $h=230$ км; 24 августа в 08^h34^m с $K_p=12.9$, $M_w=5.0$, $h=220$ км; 28 октября в 03^h59^m с $K_p=13.5$, $M_w=5.3$, $h=180$ км; 10 ноября в 20^h41^m с $K_p=13.4$, $M_w=5.2$, $h=250$ км соответственно (табл. 1). Относительно самое мелкое ($h=90$ км) из них землетрясение 27 февраля ощущалось в Душанбе с интенсивностью $I=3$ балла MSK-64 и III ММ – в Баграме, Чарикаре, Джалалабаде

и Кабуле. С меньшей интенсивностью отмечены сотрясения в Баглане, Файзабаде, Махмуд-Раке и Пуле-Хумри [16]. Землетрясение 4 июня ощущалось в Душанбе (240 км) с $I=2-3$ балла, а также в Лахоре (Пакистан). Землетрясение 24 августа вызвало колебания с $I=2-3$ балла в Душанбе (292 км), а также в Северном Пакистане и в г. Шринагар в Индии. Событие 28 октября отмечено в Душанбе с $I=3$ балла, а также в городах Кабуле, Баглане, Файзабаде Афганистана и в городах Исламабаде, Мардане и Равлпинди Пакистана. Толчок 10 ноября ощущался в городах Кулябе (158 км), Курган-Тюбе (217 км) с $I=3$ балла и в Душанбе (267 км) – 2 балла.

Из перечисленных выше пяти землетрясений решения механизмов очагов известны для четырех, их стереограммы изображены на рис. 14.

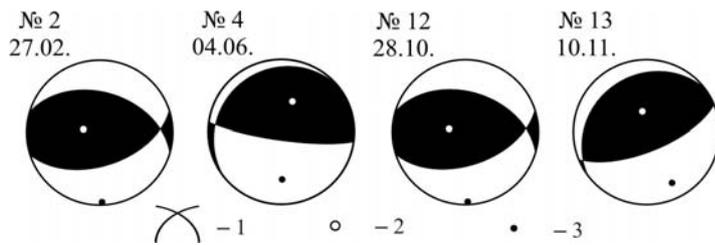


Рис. 14. Стереограммы землетрясений, произошедших 27 февраля, 4 июня, 28 октября и 10 ноября соответственно

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

Изображенные механизмы довольно разные, но имеют все же некоторое сходство в плане подвижек типа взброс по более крутым ($DP= 67^\circ, 81^\circ, 67^\circ, 68^\circ$) нодальным плоскостям и надвиг – по более пологим ($DP= 24^\circ, 14^\circ, 43^\circ, 22^\circ$). Более крутые плоскости или близширотны ($STK= 98^\circ, 97^\circ$) или простираются на восток–северо-восток ($STK= 72^\circ, 68^\circ$) [18].

Кроме того, в Афганской подзоне зарегистрировано еще 30 толчков с $K_p \geq 12$ (табл. 4). Ощутимыми из них были три: 30 января в 21^h37^m с $K_p=12.5$ – в Хороге (99 км) 2–3 балла; 11 мая в 06^h31^m с $K_p=12.5$ – в Душанбе (290 км) 2 балла; 20 декабря в 10^h50^m с $K_p=12.1$ – также в Душанбе (294 км) 2–3 балла.

В Хорогской подзоне землетрясения с $K_p \geq 13$ не отмечены, есть лишь пять толчков с $K_p \geq 12$. Они зарегистрированы 28 февраля в 13^h31^m с $K_p=12.2, h=80$ км; 11 мая 07^h17^m с $K_p=12.1, h=120$ км; 8 июня в 07^h30^m с $K_p=11.6, h=230$ км; 21 июля в 06^h23^m с $K_p=12.0, h=240$ км; 6 ноября в 06^h09^m с $K_p=12.2, h=100$ км. Среди них нет ощутимых толчков и для них нет решений механизмов их очагов.

В Мургабской подзоне отмечен один толчок с $K_p=13$ и шесть толчков с $K_p=12$. Землетрясение 13-го энергетического класса произошло 19 декабря в 11^h51^m с $K_p=12.6, h=80$ км в Восточном Памире, хотя не исключено завышение значения энергетического класса, поскольку для него невелики магнитуды по продольным волнам в бюллетенях MOS ($MPSP=4.3/17$ [14]) ISC ($m_b=4.5/57$ [11/12]).

В заключение приведем информацию о числе и интенсивности сотрясений (табл. 5), отмеченных в 2010 г. персоналом станции «Душанбе».

Таблица 5. Список землетрясений Таджикистана из [16], ощущавшихся в Душанбе в 2010 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр				K_p	M_w	Δ , км	I_s , балл
			φ°, N	λ°, E	h , км	h^* , км				
1	02.01	02 15 05	38.30	71.50	10	35*	13.5	5.4	234	2
2	27.02	23 21 13	36.00	69.80	90	119*	13.7	5.7	295	3
3	19.04	14 54 42	38.83	68.82	10		9.5		31	2
4	20.04	10 58 28	38.25	71.50	10		11.9		234	2
5	11.05	06 31 37	36.60	71.00	160	163*	12.5		290	2
6	04.06	11 49 41	36.60	70.00	230	214*	12.7		240	2–3
7	03.08	16 26 21	38.52	69.57	10	26*	13.0	5.2	68	2–3
8	24.08	08 34 21	36.60	71.10	220	233*	12.9	5.0	292	2–3
9	07.09	15 41 46	39.10	73.50	30	32*	13.9	5.4	410	2–3
10	17.09	19 21 10	36.10	70.60		215*	14.8	6.2	315	4–5
11	07.10	01 40 04	39.22	70.30	10	15*	11.7		150	3
12	09.10	10 15 14	39.15	70.27	10	16*	11.6		145	3
13	28.10	03 59 42	36.55	71.00	180	184*	13.5	5.3	295	3

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр				K_p	M_w	Δ , км	I_i , балл
			φ° , N	λ° , E	h , км	h^* , км				
14	05.11	11 39 02	38.53	68.86	10		8.6		8	2–3
15	10.11	20 41 01	36.75	70.80	250	247*	13.4	5.2	267	2
16	15.11	02 44 40	38.60	69.70	10	30*	12.8		83	2
17	25.11	09 27 32	38.40	73.00	90	116*	12.3	5.0	362	2–3
18	20.12	10 50 32	36.50	70.90	160	142*	12.1		294	2–3

Максимальная наблюдаемая интенсивность I_{\max} сотрясений составила 4–5 баллов по шкале MSK-64 и была вызвана сильнейшим в 2010 г. глубоким землетрясением Гиндукуша 17 сентября с $K_p=14.8$, $M_w=6.2$ при эпицентральной расстоянии 315 км. Наименьшее эпицентральное расстояние до ощутимого землетрясения, равное (8 км), относится к слабому ($K_p=8.6$) толчку 5 ноября в зоне влияния Илякского разлома, вызвавшее в городе колебания с $I=2-3$ балла. Трехбалльные сотрясения спровоцировали в Душанбе два равновеликих ($K_p=11.7$ и 11.6) Гармских землетрясения 7-го и 9-го октября на расстояниях 150 и 145 км соответственно и глубокое землетрясение 28 октября из Афганской подзоны на гипоцентральной расстоянии 347 км.

В целом уровень сейсмичности исследуемой территории в 2010 г., скорее всего, фоновый, без ярких событий. Отметим, однако, интересное событие – Ванчское землетрясение 2 января на Северном Памире с $K_p=13.5$, вблизи Ванч-Акбайтальского разлома, вызвавшее разрушения в Афганском Бадахшане. Во-первых, оно сопровождалось неожиданно большой ($N_2=445$) серией афтершоков, во-вторых, движение в его очаге возникло в условиях преобладания напряжений растяжения, что совершенно не свойственно этой структуре.

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015 – С. 114–124.
2. Негматуллаев С.Х. Современная сеть сейсмического мониторинга Таджикистана // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 125–131.
3. Улубиева Т.Р. (сост.), Сейсмические станции Геофизической службы АН Республики Таджикистан в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. Бабаев А.М., Джураев Р.У. Геологическая привязка сети цифровых широкополосных сейсмических станций на территории Таджикистана // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015 – (На CD).
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. Улубиева Т.Р. (ГС) (отв. сост.), Рислинг Л.И., Нилобекова З.Г., Маматкулова З.С., Дмитриева Т.Н., Кутузова А.П., Валявская Т.Н. Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 2010 г. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – 64 с.
7. 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., Артёмов Е.В. (сост.). Каталог землетрясений Таджикистана за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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., Артёмов Е.В. Каталог землетрясений Таджикистана за 2009 г. ($N=4260$) // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015 – (На CD).

12. **International Seismological Centre**, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
13. **Джанузаков К.Д.** (отв. сост. по региону), **Шукурова Р.** (сост. по региону), **Соколова Н.П.** (Кыргызстан), **Гессель М.О.** (Казахстан), **Тулаганова М.Т.** (Узбекистан); **Молдобекова С.**, **Афонина Л.Р.**, **Неверова Н.П.**, **Бектурганова Б.Б.**, **Содикова К.И.**, **Кучкаров К.И.**, **Артёмова Е.В.** (сост.). Каталог землетрясений Центральной Азии за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
14. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2010 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2010–2011. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010.
15. **Machine-readable EDR.** – NEIC, 2010–2011. – На CD.
16. **Улубиева Т.Р.** (отв. сост.), **Михайлова Р.С.**, **Артёмова Е.В.**, **Левина В.И.** (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Таджикистана в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
17. **Улубиева Т.Р.**, **Артёмова Е.В.**, **Пойгина С.Г.**, **Бахтиярова Г.М.** (сост.). Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Таджикистана за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
18. **Артёмова Е.В.**, **Михайлова Р.С.** (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
19. **Global CMT Catalog Search.** – URL: <http://www.globalcmt.org/>.
20. **Муралиев А.М.** (отв. сост.), **Малдыбаева М.Б.**, **Абдыраева Б.С.**, **Досайбекова С.**, **Холикова М.А.** (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
21. **Берёзина А.В.**, **Артёмова Е.В.** (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Центральной Азии в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
22. **Кондорская Н.В.** Инструментальные данные // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 13.
23. **Медведев С.В.** (Москва), **Шпонхойер В.** (Иена), **Карник В.** (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
24. **The Modified Mercalli Intensity Scale.** USGS National Earthquake Information Centre. – URL: <http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>.
25. **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.
26. **Фролова А.Г.**, **Берёзина А.В.**, **Молдобекова С.**, **Першина Е.В.** (отв. сост.). 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 $K_p=5.7-14.5$. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
27. **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) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 408–416.
28. **Михайлова Р.С.**, **Улубиева Т.Р.** Ванчское землетрясение 2 января 2010 г. с $K_p=13.5$, $M_w=5.4$, $I_0^P=7$ (Северный Памир). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).