

ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева¹, Р.С. Михайлова², Л.И. Рислинг¹¹Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан, г. Душанбе, anton_ulubiev@mail.ru²Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gssras.ru

Сеть сейсмических станций Таджикистана в 2003 г. включала 12 станций: «Душанбе», «Джерино», «Нурек», «Шаартуз», «Гиссар», «Игрон», «Гезан», «Богизагон», «Уратюбе», «Офтобруй», «Рогун» и «Большуан» (рис. 1). Из них без пропусков работали только три: «Душанбе», «Джерино», «Нурек» (Лангар). Станция «Шаартуз» не работала 16 дней в июне (5–20 июня) и 9 дней в августе (2–10 августа). С сейсмической станции «Гиссар» отсутствуют материалы наблюдений за периоды 26–31 марта, 22–24 августа, 5–20 октября и с 1 ноября до конца года. Пропуски в регистрации землетрясений у сейсмической станции «Игрон» составили 18 дней в январе (1–18 января) и 17 дней в августе (1–15, 19–20 августа). Сейсмическая станция «Гезан» не работала 1–3 января, с 27 января по 16 марта, 3–11 мая и 16–18 августа.

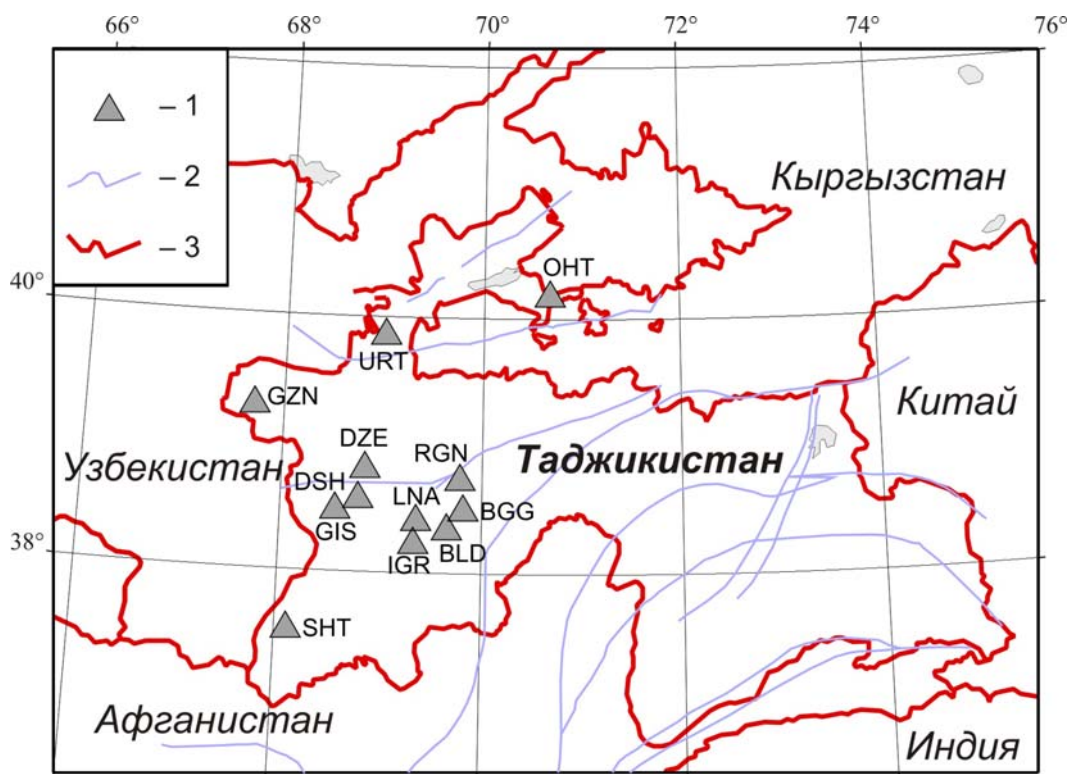


Рис. 1. Сейсмические станции на территории Таджикистана в 2003 г.

1 – сейсмическая станция, 2 – разлом, 3 – государственная граница. Коды и названия станций: ОНТ – «Офтобруй»; УРТ – «Уратюбе»; GZN – «Гезан»; DZE – «Джерино»; RGN – «Рогун»; DSH – «Душанбе»; GIS – «Гиссар»; LNA – «Нурек» (Лангар); BGG – «Богизагон»; IGR – «Игрон»; BLD – «Большуан»; SHT – «Шаартуз».

Крайне нестабильно в течение года работали сейсмические станции «Богизагон» и «Уратюбе». С первой из них нет сейсмограмм с 1 по 3 января, с 29 января по 14 февраля, с 27 марта по 7 апреля, 28–30 апреля, с 30 мая по 5 июня, 12–20 июля, 1–31 августа, с 24 сентября по 1 ноября, с 22 ноября по 5 декабря и 27–31 декабря; вторая не работала с 28 февраля по 15 марта, с 28 мая по 16 июня, 22–28 июня, 13–24 июля, 1–8 августа, 5–7 октября и 15–16 октября.

Сейсмическая станция «Офтобруй» проработала всего только 27 дней (1–13 и 18–31 января). С сейсмической станции «Большуван» в группе обработки зарегистрированы сейсмограммы только за 5 дней в августе (12, 15–18 августа). С сейсмической станции «Рогун» имеются материалы наблюдений только за 15 дней в сентябре (2–16 сентября) и 11 дней в октябре (7–15 и 18–19 октября).

На всех сейсмических станциях была плохая служба времени по причине частого непрохождения сигналов точного времени. Из-за этого материалы наблюдений станций использовались не в полной мере и привязка станций велась по фиктивной волне *S-P*.

В целом границы исследуемой территории и схема сейсмоактивных зон Таджикистана, по сравнению с установленными в 1995 г. (рис. 2, [1]), не изменились. Остались прежними методика обработки землетрясений [2–6] и оценка точности определения их координат [7–9]. Классификация землетрясений традиционно проводилась по шкале Т.Г. Раутиан с использованием эпицентральных расстояний для очагов с $h=0-69$ км [10, 11] и гипоцентральных – с $h=70-300$ км [12].

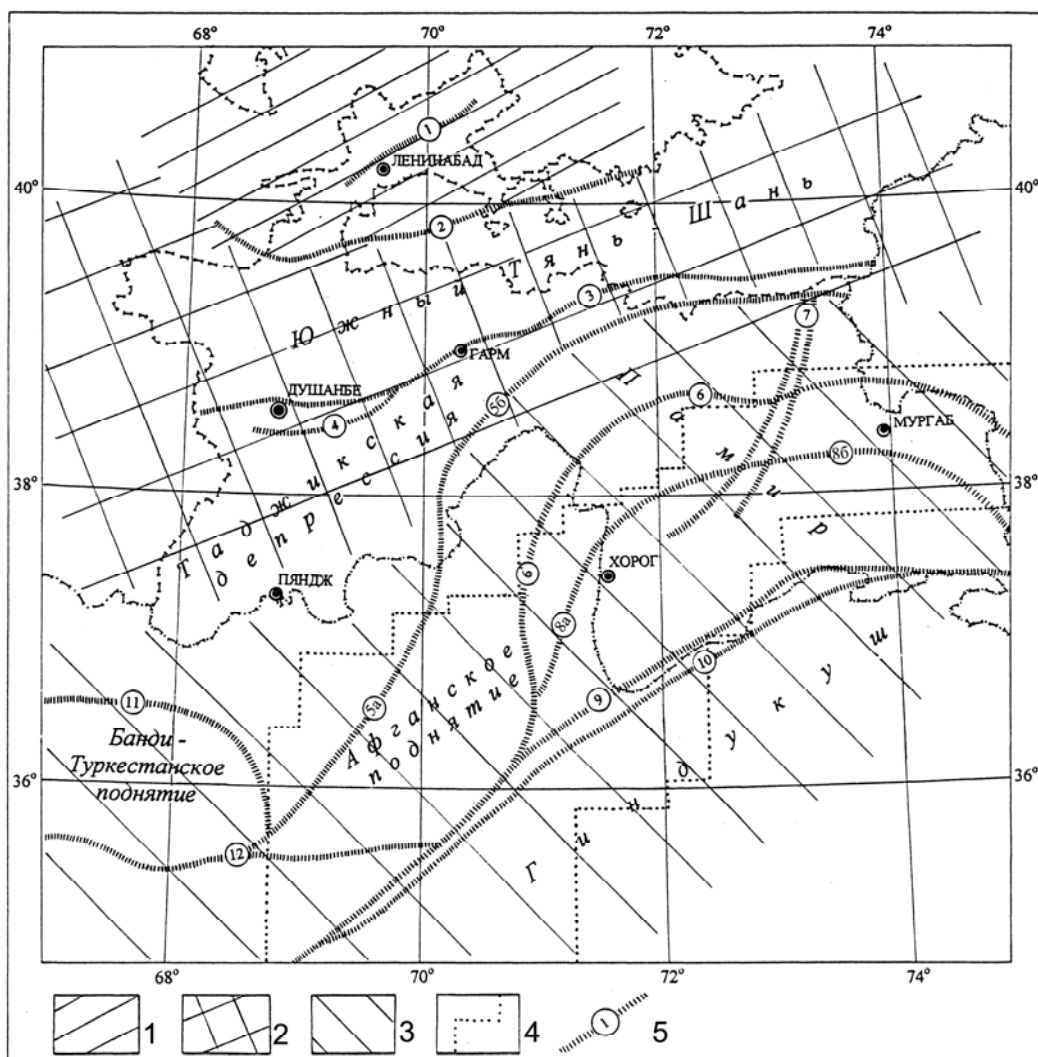


Рис. 2. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и глубинные разломы I-го порядка

1–4 – 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 [13]: 1 – Северо-Ферганский; 2 – Заамин-Хайдараканский; 3 – Южно-Гиссарский; 4 – Илякско-Вахшский; 5 а – Афгано-Северо-Памирский; 5 б – Дарваз-Заалайский; 6 – Ванч-Акбайтальский; 7 – Каракульско-Сарезский; 8 а – Бартанг-Пшартский; 8 б – Рушано-Северо-Пшартский; 9, 10 – Афгано-Южно-Памирские; 11 – Альбурз-Мормульский; 12 – Андараб-Мирзавалангский.

В результате сводной обработки составлен каталог землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана и Китая [14]. По данным этого каталога, на изучаемой территории локализовано 1873 землетрясения с $K_p=9.0-13.9$, из них 1221 глубокофокусные в Памиро-Гиндукуше и 652 – мелкофокусные на всей территории. Их распределение по суткам изображено на рис. 3, 4, а общее распределение по глубинам гипоцентров – на рис. 5.

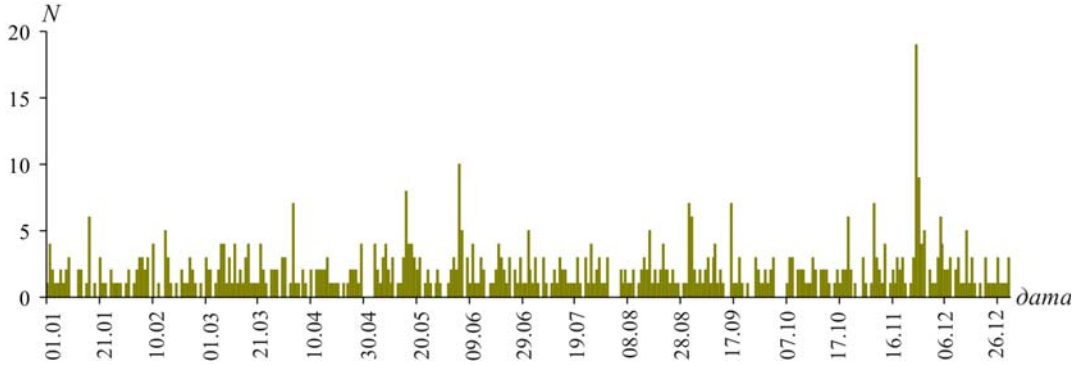


Рис. 3. Суточные числа коровых землетрясений Таджикистана с $h=0-69$ км за 2003 г.

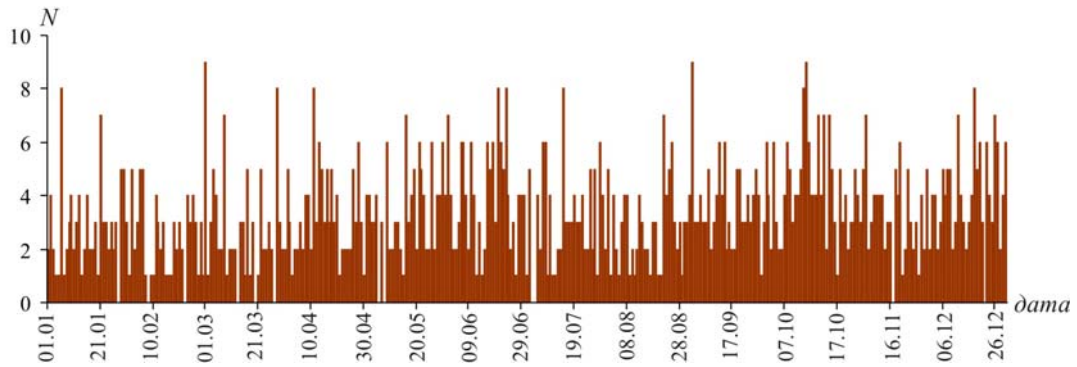


Рис. 4. Суточные числа глубоких землетрясений Таджикистана с $h \geq 70$ км за 2003 г.

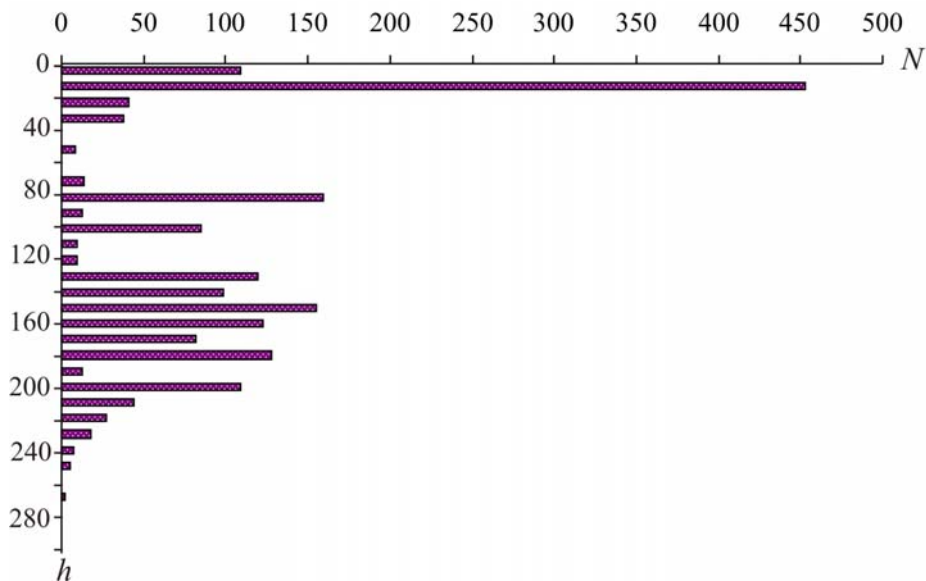


Рис. 5. Диаграмма распределения землетрясений Таджикистана по глубинам в 2003 г.

Самое глубокое землетрясение в 2003 г. было зарегистрировано 22 октября в $13^{\text{h}}32^{\text{m}}$ с $K_p=11.1$ на глубине $h=300$ км ($\varphi=37.6^\circ\text{N}$, $\lambda=72.0^\circ\text{E}$) [14].

Учитывая описанные выше трудности в работе сети сейсмических станций Таджикистана, в исходный каталог [14] добавлены некоторые коровые землетрясения из [15–19], локализованные на территории ответственности Таджикистана (в пределах координат $\Delta\varphi_1=36.0-40.0^\circ$, $\Delta\lambda_1=67.0-75.0^\circ$; $\Delta\varphi_2=40.0-41.0^\circ$, $\Delta\lambda_2=69.0-71.0^\circ$). В результате в итоговом каталоге [20] число землетрясений возросло на 73 и составило в сумме $N_\Sigma=1955$, из них 732 имеют глубины $h=0-69$ км и 1223 – $h=70-300$ км. Кроме того, он был традиционно дополнен значениями магнитуд M_w , M_S , M_s , M_{PSP} , m_b из бюллетеней [18, 19] и некоторыми макросейсмическими данными из [15, 19]. Карта эпицентров всех землетрясений изображена на рис. 6.

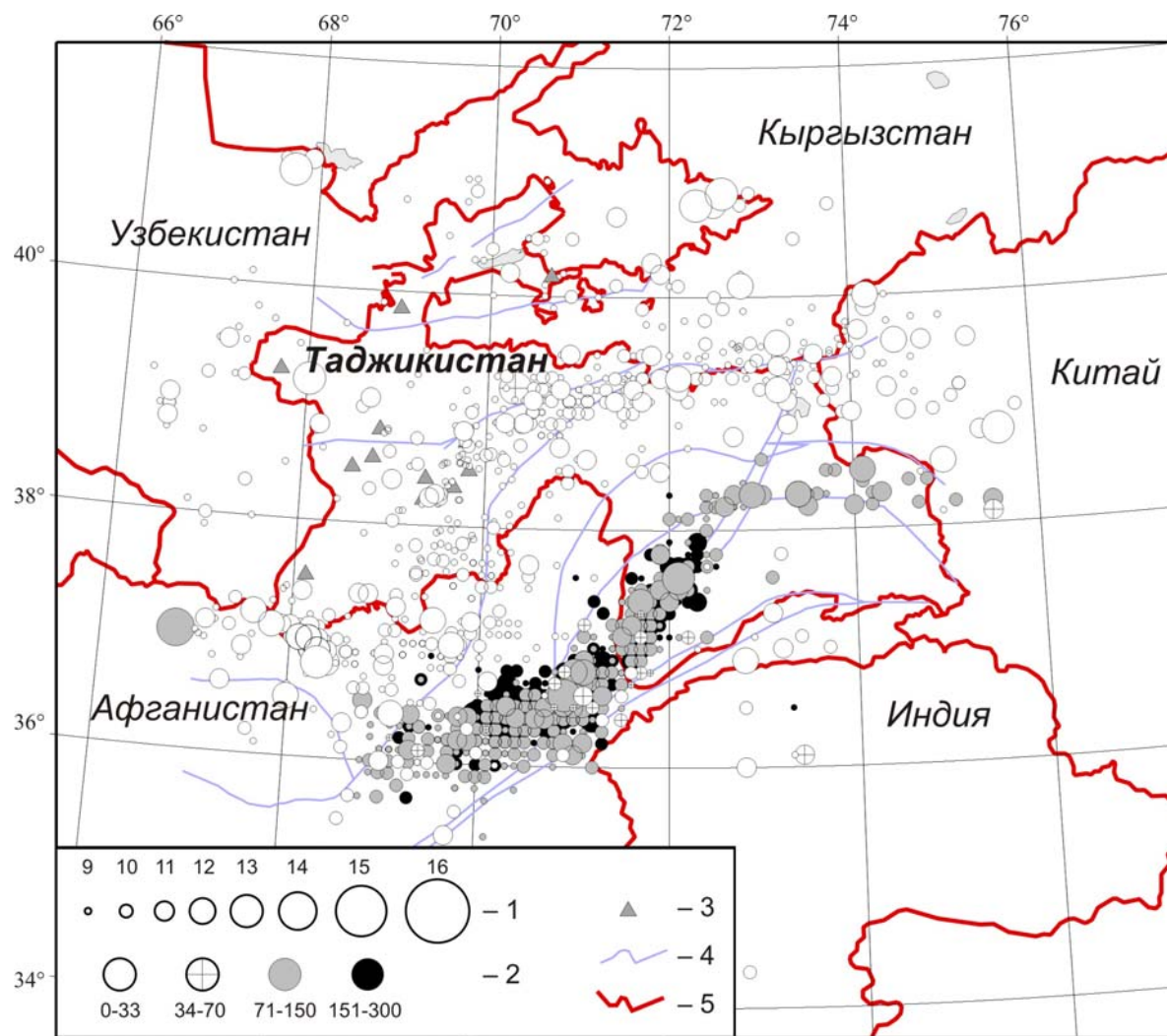


Рис. 6. Карта эпицентров всех землетрясений Таджикистана за 2003 г.

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

Суммарные числа землетрясений разных классов, как коровых, так и глубоких, за 2003 г. приведены в табл. 1 а, б в сопоставлении с аналогичными данными за предшествующие 10 лет (с 1993 по 2002 гг.).

Из сравнения представленных в табл. 1 а, б данных о числе землетрясений и высвобожденной в их очагах сейсмической энергии за 2002 и 2003 гг. вытекает, что как число, так и энергия коровых землетрясений уменьшились в 1.2 и 2.6 раз соответственно. Число глубоких землетрясений слегка возросло ($N_2=1223$ вместо $N_2=1003$), но уровень сейсмической энергии снизился в 435 раз. Суммарные сведения о суммарных числах землетрясений разных классов – коровых ($h=0-69$ км) и глубоких ($h=70-300$ км) – можно использовать для оценки уровня K_{\min} , снятым с соответствующих графиков повторяемости, приведенных на рис. 7.

Таблица 1а. Числа коровых ($h=0-69$ км) землетрясений Таджикистана разных классов K_p , суммарная сейсмическая энергия ΣE за 1993–2003 гг.

Год	K_p									N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{15} \text{ Дж}$
	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1993		426	111	45	13	5				600	0.070
1994		286	110	54	17	5				472	0.071
1995		320	107	33	15	5				480	0.06
1996		178	116	53	9	2	1			359	0.2795
1997	51	474	163	46	17	2				702*	0.0444
1998	121	872	356	173	44	6	1	1	1	1454*	11.1797
1999	31	349	192	71	24	7				643*	0.0267
2000		449	169	51	13	3	1			686	0.151
2001		392	148	58	16	4	1			619	0.1129
2002		326	391	159	29	8	4			917	0.5654
Сумма		4072	1863	743	197	47	8	1	1	6932	12.5606
Среднее за 10 лет		407.2	186.3	74.3	19.7	4.7	0.8	0.1	0.1	693.2	1.256
2003		442	180	78	24	7	1			732	0.2182

Примечание. Здесь и в табл. 3б знаком * отмечены N_{Σ} без 8-го класса.

Таблица 1б. Числа глубоких ($h=70-300$ км) землетрясений Таджикистана разных классов K_p , суммарная сейсмическая энергия ΣE за 1993–2003 гг.

Год	K_p									N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{15} \text{ Дж}$
	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1993		1180	250	76	21	9	3	1	1	1541	11.410
1994		723	244	74	17	9	2	1		1070	1.310
1995		819	195	61	15	9	3	1		1103	1.380
1996		236	238	73	19	3	2			571	0.219
1997	67	967	458	140	12	9		2		1588*	2.123
1998	8	816	383	152	28	3	3	1		1386*	2.834
1999	10	644	332	110	19	3	1	1		1110*	1.164
2000		659	358	112	11	2	2	1		1145	1.246
2001		471	394	117	23	5	1	1		1012	0.9237
2002		244	600	132	21	4	1		1	1003	25.4070
Сумма		6759	3452	1047	186	56	18	9	2	11529	48.0167
Среднее за 10 лет		675.9	345.2	104.7	18.6	5.6	1.8	0.9	0.2	1152.9	4.8017
2003		699	411	93	16	4				1223	0.0584

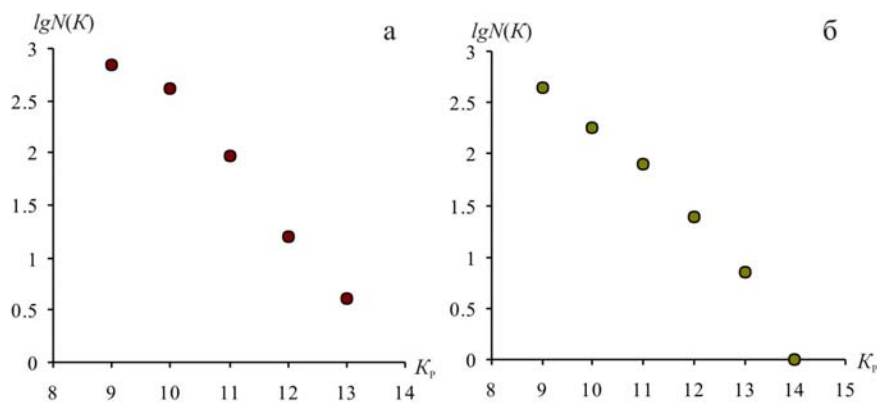


Рис. 7. Графики повторяемости коровых (а) и глубоких (б) землетрясений Таджикистана за 2003 г.

Как видим, уровень представительности для коровых землетрясений с некоторой натяжкой можно зафиксировать на уровне $K_{\min}=9$, а для глубоких совершенно четко видно, что землетрясения 9-го класса регистрируются с большими пропусками и представительный уровень

соответствует лишь $K_{\min}=10$. Уравнения графиков повторяемости коровых и глубоких землетрясений, рассчитанные методом ортогональной регрессии, имеют вид:

$$\lg N = 6.73 - 0.448 K_p,$$

$$\lg N = 7.17 - 0.494 K_p$$

в диапазоне $K_p=9-13$ и $10-13$ соответственно.

Максимальный энергетический класс в 2003 г. – $K_p=13.9$. Землетрясение такой величины произошло 29 марта в $11^{\text{h}}46^{\text{m}}$ с $h=110$ км в юго-западном направлении вне границ Таджикистана, у южных границ Узбекистана с Афганистаном (рис. 6). Согласно [18], в его эпицентральной зоне один человек погиб и двое ранены. Землетрясение ощущалось в Кабуле и других частях Афганистана, а также в Пакистане (в Читрале, Исламабаде, Пешаваре, Равалпинде). На территории Таджикистана интенсивность сотрясений составила 4 балла в Душанбе (240 км), 3–4 балла в Гезане (265 км), 3 балла – в Джерино (270 км). На территории Узбекистана отмечены колебания с $I=3$ балла в Самарканде, Андижане, 2–3 балла – в Ташкенте. Для этого землетрясения получено решение механизма очага в NEIC – Национальном центре информации о землетрясениях США и в Гарвардском центре США по методу тензора момента центроида [21]. Решения близки. Землетрясение возникло под действием сжимающих напряжений ($PL_p=7^\circ$), направленных на юго-восток ($AZM=123^\circ$). Обе нодальные плоскости залегают достаточно круто – $DP_1=52^\circ$, $DP_2=64^\circ$. Движение по обеим плоскостям представлено сдвигами (правосторонним – по NP_1 , левосторонним – по NP_2) с компонентами взброса (рис. 8).

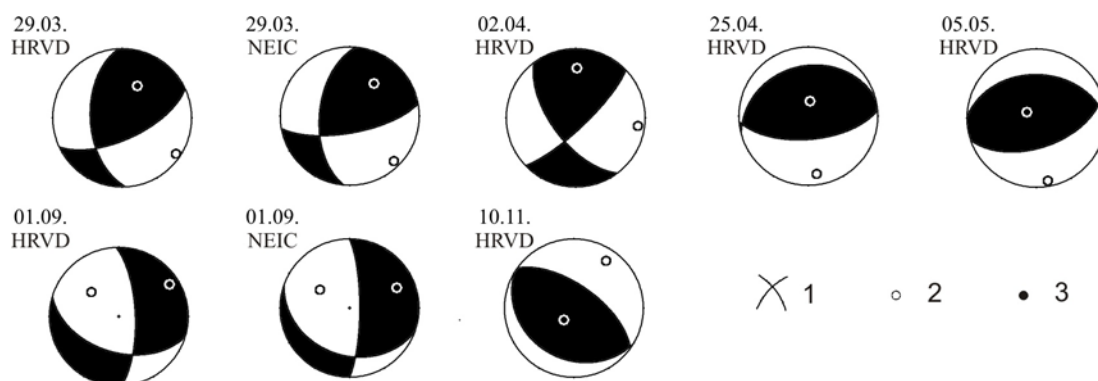


Рис. 8. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений Таджикистана и прилегающих районов за 2003 г.

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

Распределение чисел землетрясений разных классов и суммарной энергии по крупным сейсмоактивным зонам за 2003 г. дано в табл. 2.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по зонам I–IV за 2003 г.

№	Зона	K_p						N_Σ	$\Sigma E,$ 10^{15} Дж
		9	10	11	12	13	14		
I	Юго-Западный Тянь-Шань	20	12	8	1	3		44	0.0403
II	Южный Тянь-Шань	211	76	24	7	2		320	0.0299
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	211	92	46	16	2	1	368	0.1480
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	699	411	93	16	4		1223	0.0584
	Всего	1141	591	171	40	11	1	1955	0.2766

Рассмотрим более детально сейсмичность каждой из четырех зон.

Сейсмическая активность территории зоны Юго-Западного Тянь-Шаня (I), по сравнению с соответствующим уровнем в 2002 г., несколько увеличилась как по числу земле-

трясений (с $N_{\Sigma}=35$ до $N_{\Sigma}=44$), так и по суммарной энергии (с $\Sigma E=0.0087 \cdot 10^{15}$ Дж до $\Sigma E=0.0403 \cdot 10^{15}$ Дж) [22]. Максимальный энергетический класс землетрясений этой зоны – тринадцатый. Таких землетрясений зарегистрировано три, они произошли вне территории Таджикистана. Два из них зарегистрированы на приграничной территории Кыргызстана с Узбекистаном: 9 марта в $00^{\text{h}}32^{\text{m}}$ с $K_p=13.0$ и 5 мая в $06^{\text{h}}34^{\text{m}}$ с $K_p=13.1$ [20]. Последнее вызвало сотрясения с $I=5$ баллов в Андижане, 4 балла – в Фергане, 3–4 балла – в Ташкенте [19]. Для него имеется решение механизма очага [21], согласно которому в его очаге преобладали напряжения сжатия, ориентированные на юг (рис. 8). Подвижка в его очаге типа взброс с компонентами левостороннего сдвига по крутой ($DP_2=55^\circ$) плоскости $NP2$ восток–северо-восточного простирания ($STK_2=71^\circ$) и правостороннего сдвига по пологой ($DP_1=37^\circ$) плоскости $NP1$ западного простирания ($STK_1=271^\circ$). Третье землетрясение 13-го класса возникло 10 ноября в $14^{\text{h}}45^{\text{m}}$ в южной приграничной части Казахстана с Узбекистаном, в песках Кызылкум. Оно проявилось на территории Таджикистана с интенсивностью 3–4 балла в Гезане (190 км) и 3 балла – в Душанбе (290 км) [20]. Более сильные сотрясения оно вызвало в Узбекистане: 4–5 баллов – в Джезтеу, 3 балла – в Джизаке и Ташкенте, 2–3 балла – в Самарканде [19]. В его очаге преобладали напряжения сжатия, ориентированные на северо-восток (рис. 8). Движение по пологой ($DP=27^\circ$) близширотной ($STK_1=121^\circ$) плоскости $NP1$ представлено надвигом, по крутопадающей ($DP_1=63^\circ$) плоскости $NP2$ северо-западного простирания ($STK_2=306^\circ$) – взбросом [21].

Общее число землетрясений с $K_p \geq 10$ уменьшилось, по сравнению с таковым в 2002 г. [22], на 7 толчков.

В 2003 г. на территории **Душанбино-Вахшского района** в зоне (II), в пределах 37.80 – 39.35°N и 68.00 – 70.50°E , зарегистрировано два ощутимых землетрясения с $K_p=13$ в периферийной области (рис. 6). Первое из них реализовалось 31 марта в $12^{\text{h}}05^{\text{m}}$ с $K_p=12.6$ на северо-западе, к востоку от сейсмической станции «Гезан» (30 км), где и отмечены сотрясения с $I=4$ –5 баллов. В Душанбе (95 км) оно вызвало сотрясения с $I=2$ –3 балла [20]. По данным [19], оно также ощущалось в Узбекистане (с интенсивностью 3–4 балла в Самарканде, 3 балла – в Джизаке, 2 балла – в Ташкенте). Второе, с $K_p=13.1$, локализовано 13 июля в $14^{\text{h}}36^{\text{m}}$ на северо-востоке в зоне влияния Южно-Гиссарского разлома (рис. 2) и ощущалось в Душанбе (150 км) с $I=2$ –3 балла. Землетрясения 12-го энергетического класса в Душанбино-Вахшском районе отсутствуют. Толчков с $K_p=11$ отмечено 6, что в два раза меньше, чем в [22]. Из них три ощутимых. Одно, с $K_p=10.8$, локализовано 9 августа в $05^{\text{h}}33^{\text{m}}$ в Таджикской депрессии, к югу от Илякско-Вахшского разлома и вызвало в Душанбе (30 км) сотрясения с $I=2$ –3 балла. Второе, с $K_p=10.8$, отмечено 21 октября в $04^{\text{h}}33^{\text{m}}$ к северу от Душанбе (57 км), в котором ощущалось с $I=2$ –3 балла. Третье (26 сентября в $02^{\text{h}}25^{\text{m}}$ с $K_p=11.4$) локализовано непосредственно на Илякско-Вахшском разломе в очаге Рогунского землетрясения 2002 г. [22], с ощутимостью в Рогуне (10 км) с $I=3$ –4 балла, в Душанбе (90 км) – 2–3 балла. Западнее Душанбе, на границе с Узбекистаном, 28 ноября в $08^{\text{h}}53^{\text{m}}$ зарегистрировано землетрясение с $K_p=10.7$. В районе Нурекской ГЭС в апреле локализована группа из трех событий: 4 апреля в $05^{\text{h}}21^{\text{m}}$ с $K_p=10.7$, 4 апреля в $07^{\text{h}}12^{\text{m}}$ с $K_p=10.6$, 15 апреля в $17^{\text{h}}37^{\text{m}}$ с $K_p=9.6$. Можно отметить также группу из двух толчков, близких по времени и координатам: 15 февраля в $18^{\text{h}}09^{\text{m}}$ с $K_p=9.7$ и в $18^{\text{h}}12^{\text{m}}$ с $K_p=8.7$. Первое из них ощущалось в Душанбе (30 км) с $I=2$ балла [20].

На остальной части зоны **Южного Тянь-Шаня** (II) зарегистрировано семь землетрясений с $K_p=12$. Три из них произошли на территории Кыргызстана (18 марта в $00^{\text{h}}33^{\text{m}}$ с $K_p=12.4$ вблизи Каракульско-Сарезского разлома, 12 мая в $08^{\text{h}}18^{\text{m}}$ с $K_p=11.8$ на Дарваз-Заалайском разломе, 24 июля в $20^{\text{h}}51^{\text{m}}$ с $K_p=12.1$ на Южно-Гиссарском разломе), два – на границе с Китаем (27 марта в $11^{\text{h}}26^{\text{m}}$ с $K_p=12.0$ на Южно-Гиссарском разломе, 6 июня в $14^{\text{h}}07^{\text{m}}$ с $K_p=12.0$ на Дарваз-Заалайском разломе) (рис. 2, 6). В целом в этой зоне в 2003 г. уровень сейсмичности, по сравнению с таковым в 2002 г., возрос как по числу землетрясений в 1.3 раза ($N_{\Sigma}=320$ вместо $N_{\Sigma}=241$), так и по суммарной сейсмической энергии в 2 раза ($\Sigma E=0.0299 \cdot 10^{15}$ Дж вместо $\Sigma E=0.0143 \cdot 10^{15}$ Дж) [22].

В Памиро-Гиндукушской зоне (III) коровых ($h=0$ –69 км) землетрясений отмечено уменьшение уровня сейсмичности, по сравнению с таковым в 2002 г. [22], и по числу землетрясений (в 1.7 раза), и по высвобожденной сейсмической энергии (в 3.7 раза). Тем не менее следует отметить весьма активные сейсмические процессы на юге, на приграничной территории Узбекистана и Таджикистана с Афганистаном, где локализовано упомянутое выше максимальное в 2003 г. землетрясение 14-го класса. Восточнее его эпицентра 28 ноября в $06^{\text{h}}24^{\text{m}}$ на южной гра-

нице Афганистана и Таджикистана реализовалось одно землетрясение с $K_p=13.0$ (рис. 6), ощущаемое в Душанбе (195 км) с $I=3$ балла. Между названными землетрясениями 14-го и 13-го классов локализован целый ряд землетрясений 12-го класса, произошедших 23 марта в 09^h04^m с $K_p=12.0$ и с $I=2$ балла в Душанбе (180 км); 23 марта в 13^h51^m с $K_p=12.2$ с $I=2$ балла в Душанбе (180 км); 17 мая в 09^h29^m с $K_p=12.2$, 17 мая в 11^h27^m с $K_p=12.4$, 18 мая в 16^h23^m с $K_p=11.7$, 26 ноября в 13^h57^m с $K_p=11.9$, 27 ноября в 03^h33^m с $K_p=11.8$, 12 декабря в 18^h14^m с $K_p=12.0$ [20].

В этой же зоне, но на крайнем востоке, на территории Китая, 1 сентября в 23^h16^m отмечено достаточно сильное землетрясение с $K_p=13.5$. Согласно [21], механизм его очага получен в NEIC и HRVD. Решения подобны. Землетрясение возникло под действием превалирующих по величине растягивающих напряжений, направленных на северо-восток (рис. 8). Движение по пологим плоскостям юго-восточного простирания представлено правосторонним сдвигом с компонентами сброса, по крутопадающей плоскости близмеридионального направления – сбросом с компонентами левостороннего сдвига.

В **Памиро-Гиндукушской зоне (IV)** глубокофокусных землетрясений локализовано 1223 землетрясения с $K_p \geq 9$ на глубинах $h=70-300$ км (табл. 3). Их пространственное распределение представлено на рис. 6.

Напомним, что в 2002 г. в этой зоне «разыгралась сейсмическая буря», когда 3 марта в зоне глубокофокусных землетрясений произошло очень сильное и разрушительное Гиндукушское землетрясение с $M_w=7.3$ [23], причем это был сдвоенный толчок. В республике оценили время в очаге, равным $t_0=12^h08^m07^s$ [24], определив величину его энергетического класса $K_p=16.4$. Как оказалось, указанное время в очаге относится к первому землетрясению, а оценка энергии – ко второму. Первые вступления от обоих землетрясений были выделены главными международными службами лишь на удаленных станциях: $t_{01}=12^h08^m06.7^s$ и $t_{02}=12^h08^m18.0^s$ по [23], $t_{01}=12^h08^m08.2^s$ и $t_{02}=12^h08^m22.5^s$ по [25] соответственно. При этом были получены следующие значения магнитуд: $m_{b1}=6.5/58$ и $m_{b2}=6.5/58$, $M_{w2}=7.3/57$ по [23], $MPSP_1=6.1/37$ и $MPSP_2=6.7/16$ по [25] соответственно. Землетрясения 3 марта [26] сопровождалась большой серией афтершоков [27].

Детальный анализ развития сейсмического процесса за весь 2002 г., описанный в [28], показал, что, во-первых, сдвоенное Гиндукушское землетрясение 3 марта с $h=180$ км предварялось землетрясением 3 января с $h=100$ км [26] со своей серией афтершоков. При этом замечательно отсутствие наложения зон афтершоков после землетрясений 3 января и 3 марта. Во-вторых, после событий 3 марта с $M_{max}=7.3$ активизировалась громадная территория [28], с появлением целого ряда связей землетрясений типа глубокое+коровое или коровое+коровое, близких по времени, но, зачастую, на больших расстояниях, иногда на существенно разных глубинах (рис. 9). Обозначим все выявленные связи очагов конкретными данными по [28, 29]:

1я связь – 3 + 9 января, $\Delta=175$ км (03.01. в 07^h05^m, $\varphi=36.3^\circ$, $\lambda=70.4^\circ$, $h=128$ км, $K_p=15.0 \Rightarrow$ 09.01. в 06^h45^m, $\varphi=38.73^\circ$, $\lambda=69.87^\circ$, $h=17$ км, $K_p=13.4$);

2я связь – 25 + 27 марта, $\Delta=10$ км (25.03. в 14^h56^m, $\varphi=35.8^\circ$, $\lambda=69.0^\circ$, $h=28$ км, $K_p=15.0 \Rightarrow$ 27.03. в 08^h52^m, $\varphi=35.8^\circ$, $\lambda=69.1^\circ$, $h=10$ км, $K_p=14.1$);

3я связь – 12 + 14 апреля, $\Delta=50$ км (12.04. в 04^h00^m, $\varphi=36.4^\circ$, $\lambda=69.5^\circ$, $h=38$ км, $K_p=14.6 \Rightarrow$ 14.04. в 02^h04^m, $\varphi=38.6^\circ$, $\lambda=73.5^\circ$, $h=115$ км, $K_p=13.9$);

4я связь – 5 + 29 сентября, $\Delta=300$ км (05.09. в 11^h02^m, $\varphi=40.2^\circ$, $\lambda=71.9^\circ$, $h=31$ км, $K_p=13.7 \Rightarrow$ 29.09. в 17^h02^m, $\varphi=36.4^\circ$, $\lambda=70.1^\circ$, $h=135$ км, $K_p=13.2$);

5я связь – 1 + 1 ноября, $\Delta=375$ км (01.11. в 02^h28^m, $\varphi=40.4^\circ$, $\lambda=72.1^\circ$, $h=26$ км, $K_p=13.0 \Rightarrow$ 01.11. в 22^h09^m, $\varphi=35.36^\circ$, $\lambda=74.72^\circ$, $h=26$ км, $K_p=13.6$);

6я связь – 3 + 20 ноября, $\Delta=25$ км (03.11. в 07^h33^m, $\varphi=35.36^\circ$, $\lambda=74.64^\circ$, $h=21$ км, $K_p=13.4 \Rightarrow$ 20.11. в 21^h32^m, $\varphi=35.35^\circ$, $\lambda=74.59^\circ$, $h=19$ км, $K_p=15.3$);

7я связь – 25 + 25 декабря, $\Delta=400$ км (25.12. в 12^h57^m, $\varphi=35.6^\circ$, $\lambda=75.1^\circ$, $h=29$ км, $K_p=14.1 \Rightarrow$ 25.12. в 19^h13^m, $\varphi=36.6^\circ$, $\lambda=69.0^\circ$, $h=90$ км, $K_p=13.7$) (рис. 9).

Отметим также большие серии афтершоков после некоторых из перечисленных событий, произошедших как вблизи Гиндукушских землетрясений 3 марта (25, 27 марта, 12 апреля [30, 31]), так и вдали от них [32, 33].

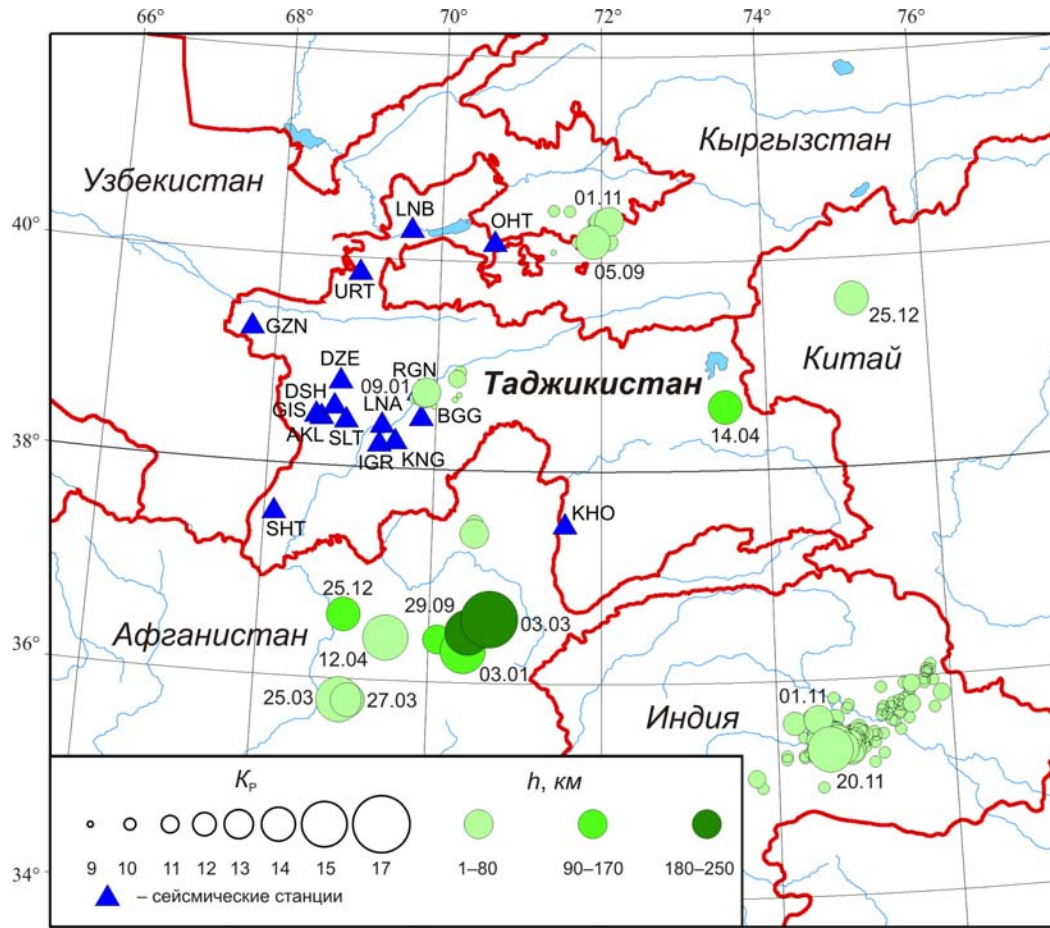


Рис. 9. Карта эпицентров сильных землетрясений Таджикистана и прилегающих территорий в 2002 г. из [28]

Основная часть глубокофокусных землетрясений располагалась за пределами республики на территории Афганистана. Традиционно **Памиро-Гиндукушская зона (IV)** подразделяется по плотности эпицентров на три подзоны: Афганскую, Хорогскую и Мургабскую [34]. Конкретные линии деления на подзоны указаны в [35]: $\varphi \leq 36.9^\circ\text{N}$ – для Афганской подзоны, $36.9 < \varphi \leq 37.9^\circ\text{N}$ – для Хорогской и $38.0 < \varphi \leq 38.8^\circ\text{N}$ – для Мургабской. Такое деление целесообразно, так как они характеризуются разным видом распределения землетрясений по глубине [35].

Землетрясения с $K_p \geq 12$ по подзонам распределились следующим образом (табл. 3).

Таблица 3. Распределение сильных ($K_p \geq 11.6$) глубоких землетрясений в зоне IV

Подзона	K_p		N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{15} \text{ Дж}$
	12	13		
Афганская	10	3	13	0.040
Хорогская	2	1	3	0.012
Мургабская	4		4	0.004

Как всегда большинство глубокофокусных землетрясений произошло в **Афганской подзоне Гиндукуша**. Максимальный по энергии толчок в 2003 г. с $K_p=13.0$ зарегистрирован на глубине $h=160 \text{ км}$ 2 апреля в $03^{\text{h}}20^{\text{m}}$. Этот уровень на три порядка ниже такового в 2002 году. Землетрясений с $K_p \geq 13$ зарегистрировано три. Глубины двух очагов (22 января в $16^{\text{h}}34^{\text{m}}$ с $K_p=12.6$ и 2 апреля в $03^{\text{h}}20^{\text{m}}$ с $K_p=13.0$) равны $h=160 \text{ км}$. Оба они ощущались в Душанбе (260 км) с $I=2-3$ балла. Для второго из них имеется решение механизма очага [21], согласно которому в очаге превалирует сжатие, но незначительно ($PL_p=10^\circ$, $PL_T=29^\circ$). Обе нодальные плоскости крутые: $DP_1=62^\circ$, $DP_2=78^\circ$; плоскость $NP1$ ориентирована на юго-восток ($STK=143^\circ$),

NP2 – ориентирована на северо-восток ($STK=47^\circ$); тип подвижки по обеим плоскостям – сдвиг с компонентами взброса (рис. 8). Третье произошло 2 декабря в 21^h46^m с $K_p=12.7$ на сравнительно большой глубине с $h=270$ км. Еще одно решение механизма очага имеется для землетрясения с $K_p=12.5$ (рис. 8), произошедшего 25 апреля в 16^h50^m и $h=80$ км. Землетрясение возникло под действием сжимающих напряжений, ориентированных на юг. Обе nodальные плоскости имеют близширотное простирание, *NP2* залегает круто ($DP_2=62^\circ$), *NP1* – полого ($DP_1=28^\circ$). Движение по пологой плоскости *NP1* представлено надвигом с компонентами левостороннего сдвига, по крутопадающей *NP2* – взбросом с компонентами правостороннего сдвига.

Хорогская подзона характеризуется небольшим повышением сейсмической активности за счет увеличения по одному толчку 13-го и 12-го классов. Событие 13-го класса произошло 8 июля в 13^h13^m с $K_p=12.8$ на глубине 140 км и ощущалось в Душанбе (305 км) с $I=2-3$ балла. Землетрясения с $K_p \geq 12$ зарегистрированы на глубинах 140 км (5 мая в 17^h04^m с $K_p=11.9$) и 180 км (21 октября с 07^h17^m $K_p=11.7$).

В **Мургабской подзоне** отмечено четыре толчка близкой энергии $K_p=11.7-11.8$, глубина очагов – 80–150 км (22 января в 11^h53^m с $h=90$ км, 20 мая в 06^h18^m с $h=130$ км, 23 июля в 11^h53^m с $h=150$ км, 25 декабря в 13^h31^m с $h=80$ км). Первое из них ощущалось вблизи оз. Сарез с $I=2-3$ балла [20].

В целом уровень сейсмичности зоны (IV) по величине высвобожденной энергии оказался в 2003 г. намного ниже такового в 2002 г. ($\Sigma E=0.0584 \cdot 10^{15}$ Дж вместо $\Sigma E=25.9724 \cdot 10^{15}$ Дж), хотя число землетрясений, наоборот, чуть выше ($N_\Sigma=1223$ вместо $N_\Sigma=1003$).

Л и т е р а т у р а

1. Саломов Н.Г., Улубиева Т.Р., Рислинг Л.И., Шакиржанова Г.Н., Джураев Р.У. Таджикистан за 1993–1995 годы // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 49–58.
2. Михайлова Р.С., Бибарсова Д.Г., Аранович З.И. Ахалбедашвили А.М., Джанузаков К.Д., Яковлев В.Н., Михайлова Н.Н., Шакиржанова Г.Н., Рахимов А.Р., Матасова Л.М. Опыт оценки уровня K_{min} представительных землетрясений отдельных районов и всего региона Средней Азии и Казахстана // Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1982 году. – Душанбе: Дониш, 1984. – С. 25–42.
3. Михайлова Р.С., Заславский Ю.Л., Килимник Е.А. 1988. Состав сейсмометрических наблюдений и основные параметры каналов регистрации сейсмических станций ТИССС. – Душанбе: Фонды ТИССС, 1988. – 1503 с.
4. Кулагин В.К. Строение земной коры Вахшского района Таджикской ССР по сейсмическим данным. Канд. диссерт. – Иркутск: Фонды Иркутского Гос. ун-та, 1970. – 150 с.
5. 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.
6. Лукк А.А., Нерсесов И.Л. Глубокие Памиро-Гиндукушские землетрясения // Землетрясения в СССР в 1966 году. – М.: Наука, 1970. – С. 118–136.
7. Введенская Н.А. О точности определения очага землетрясений методом засечек // Тр. ГЕОФИ АН СССР, №30(157). – М.: АН СССР, 1955. – С. 127–136.
8. Атлас землетрясений в СССР. – М.: АН СССР, 1962. – 338 с.
9. Мирзоев К.М., Баринаева А.Я., Голубятников В.Л., Шакиржанова Г.Н., Михайлова Р.С., Джанузаков К.Д., Садиков Ф.С., Михайлова Н.Н. Сейсмическая обстановка в Средней Азии и Казахстане в 1979 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1979 году. – Душанбе: Дониш, 1981. – С. 7–37.
10. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
11. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Труды ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
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, 1974. – С. 139–143.
13. Ачилов Г.Ш., Бабаев А.М., Мирзоев К.М., Михайлова Р.С. Сейсмогенные зона Памира // Геология и геофизика Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1985. – С. 117–138.

14. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А., Давлятова Р., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 2003 г. с $K_p \geq 8.6$. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 25.08.2008. – 49 с.
15. Джанузаков К.Д. (отв. сост. по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А. (Казахстан), Тулаганова М.К. (Узбекистан), Шукурова Р.Б., Сопиева К., Шипулина С.А., Ахметова Р.А., Умурзакова Р.А., Проскурина Л.П., Холикова М.Н., Джалилова С.С. Каталог землетрясений Центральной Азии за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
16. Закиров М.С. (отв. сост.), Соколов М.В., Бахриддинов С., Халикова М.А., Гиясова Ш.Ш. Каталог землетрясений Узбекистана за 2001–2005 гг. – Ташкент: АН РУ, КЭИС, 2006. – С. 37–43.
17. Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Тачов Б., Халлаева А.Т., Коржукова Т.А., Дурасова И.А., Эсенова А., Петрова Н.В., Мустафаев Н.С. Каталог землетрясений Копетдага за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
18. *Bulletin of the International Seismological Centre for 2003*. – Berkshire: ISC, 2005–2006.
19. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2003 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2003–2004.
20. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Каталог землетрясений Таджикистана за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
21. Михайлова Р.С., Чепкунас Л.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Таджикистана за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
22. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2002 г. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 153–167.
23. *Bulletin of the International Seismological Centre for 2002*. – Berkshire: ISC, 2003–2004.
24. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А., Давлятова Р., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 2002 г. с $K_p \geq 8.6$. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 02.07.2007. – 31 с.
25. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2002 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2002–2003.
26. Михайлова Р.С., Улубиева Т.Р., Чепкунас Л.С. Гиндукушское землетрясение 3 марта 2002 года с $M_w=7.3$, $I_0=8$ (южнее Таджикистана) // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 331–336.
27. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С. Форшоки и афтершоки глубокого Гиндукушского землетрясения 3 марта 2002 г. с $M_w=7.3$ // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
28. Михайлова Р.С. Отклик сильного землетрясения в мантии в сейсмичности земной коры // Связь поверхностных структур земной коры с глубинными. Материалы четырнадцатой Международной конференции 27–31 октября 2008 г. Ч. 2. – Петрозаводск: РАН, – 2008. С. 57–61.
29. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
30. Михайлова Р.С., Улубиева Т.Р., Чепкунас Л.С. Землетрясения 25 марта с $M_w=6.1$, 27 марта с $M_w=5.6$, 12 апреля 2002 г. с $M_w=5.9$ (южнее Таджикистана) // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 337–342.
31. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С. Афтершоки землетрясений 25, 27 марта и 12 апреля 2002 г. юго-западнее Таджикистана с $M_w=6.1$, 5.6 и 5.9 // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
32. Михайлова Р.С., Рогожин Е.А. Кашмирские землетрясения 1, 3 и 20 ноября с $M_w=5.3$, 5.3, и 6.3 в 2002 г. // Материалы Международной конференции, посвященной 10-летию выпуска сборника научных трудов «Землетрясения Северной Евразии». Обнинск, 28–31 июля 2008. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 186–193.
33. Михайлова Р.С. Рой землетрясений юго-восточнее Таджикистана в ноябре–декабре 2002 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
34. Лукк А.А., Нересов И.Л. 1970. Глубокие Памиро-Гиндукушские землетрясения // Землетрясения в СССР в 1966 году. – М.: Наука, 1970. – С. 118–136.
35. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 77–84.