

ТАДЖИКИСТАН

Т.Р. Улубиева¹, Р.С. Михайлова², Л.И. Рислинг¹Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии, г. Душанбе, anton_ulubiev@mail.ru
Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gsras.ru

В 1999 г. регистрацию землетрясений на территории Таджикистана осуществляли 20 сейсмических станций. Без пропусков работали одиннадцать: «Душанбе», «Джерино», «Гиссар», «Аккуйли», «Лангар», «Ура-тюбе», «Игрон», «Султанабад», «Богизагон», «Ленинабад» и «Гезан». С января 1999 г. возобновили свою работу сейсмические станции «Шаартуз», «Обигарм» и «Гарм», из которых в стабильном режиме работала только станция «Шаартуз». Станция «Гарм» проработала восемь месяцев (в июле и сентябре – по полмесяца), а с октября по декабрь материалы наблюдений отсутствовали. Станция «Обигарм» в первое полугодие работала с небольшими пропусками, во втором – данные с этой станции были только за сентябрь. Со станции «Кангурт» имеются сейсмограммы за апрель, «Арджинак» – август, сентябрь, «Офтобруй» – за второе полугодие. От четырех до пяти месяцев составили пропуски регистрации землетрясений на станциях «Рогун», «Большуан» и «Джиргаталь». Уровень представительной регистрации землетрясений, по сравнению с таковым в 1998 г. [1], практически не изменился: на всей территории Таджикистана представительны землетрясения с $K_{\min}=10$, за исключением самых окраинных северо- и юго-восточных частей, где уровень K_{\min} повышается до $K_{\min}=11$.

Границы исследуемой территории Таджикистана и прилегающих к нему районов Узбекистана, Кыргызстана, Афганистана и Китая изображены на рис. 1 вместе со схемой принятых в [1–3] крупных сейсмоактивных зон. Определение координат очагов землетрясений осуществлялось, по-прежнему, вручную. Для Душанбино-Вахшского района ($\varphi=37^{\circ}50'–39^{\circ}00' N$, $\lambda=68^{\circ}00'–70^{\circ}15' E$) использовались палетки изохрон с шагом по глубине 2.5 км, построенных на основе локального годографа [4]. На остальной части территории Таджикистана локализация коровых и глубоких землетрясений осуществлялась способом засечек. При определении координат очагов коровых землетрясений использовались осредненные годографы [5]. При этом глубина очага находилась с шагом 5 км при первых 10 км, а далее с шагом 10 км. Для определения координат глубокофокусных землетрясений ($h \geq 70$ км) применялся годограф [6] с шагом по глубине 10 км. Энергетическая классификация землетрясений проведена по номограмме Т.Г. Раутиан с использованием зависимости суммы максимальных амплитуд (A_p+A_s) от эпицентрального расстояния для землетрясений с очагом в земной коре [7, 8] и от гипоцентрального расстояния – для глубокофокусных землетрясений Памиро-Гиндукуша [9].

В результате сводной обработки составлен каталог землетрясений Таджикистана и прилегающих к нему районов [11], дополненный некоторыми событиями ($N=37$) из каталога землетрясений Центральной Азии [12] и международных бюллетеней агентств MOS [13], ISC [14] ($N=14$). По итоговым данным [15], на изучаемой территории локализовано 1851 землетрясение с $K_p=8.0–15.1$, из них 1124 – глубокофокусные Памиро-Гиндукушские и 727 – мелкофокусные землетрясения. При этом необходимо было на новом массиве данных оценить различия в оценках величины землетрясения с использованием энергетических классов Таджикистана и Центральной Азии.

Из сопоставления двух каталогов [11, 12] выявлено, что число землетрясений, локализованных одновременно указанными сетями, составило 105. Информация об их энергетических классах представлена на рис. 2, 3 в обычном виде поля корреляции $K_{\text{tad}}=f(K_{\text{kyr}})$ и в виде разностной функции – $K_{\text{tad}} - K_{\text{kyr}}=f(K_{\text{kyr}})$. Получены два уравнения:

$$K_{\text{tad}}=1.61+0.89 K_{\text{kyr}}, \quad (1)$$

$$K_{\text{tad}}-K_{\text{kyr}}=1.49-0.1 K_{\text{kyr}}. \quad (2)$$

Причина завышения значений энергетических классов по записям станций Таджикистана пока не ясна. Тем не менее полученный результат был учтен при отборе землетрясений Таджикистана в каталог сильных землетрясений Евразии [16].

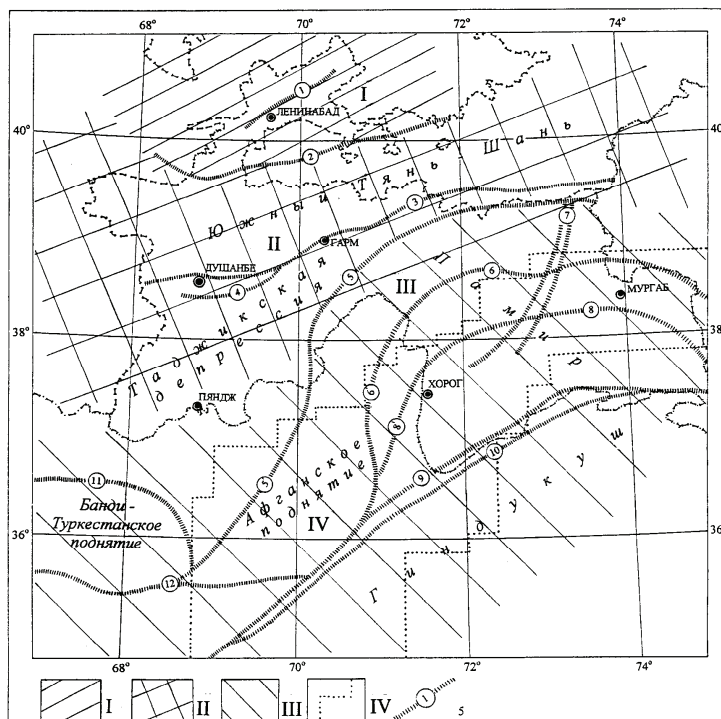


Рис. 1. Сейсмоактивные зоны Таджикистана и глубинные разломы

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 [10]: 1 – Северо-Ферганский; 2 – Заамин-Хайдараканский (Южно-Ферганский); 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.

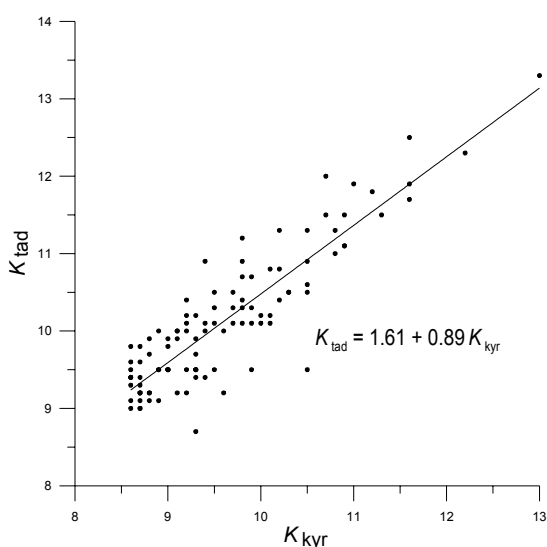


Рис. 2. График зависимости энергетических классов, определенных в Таджикистане (K_{tad}) и в Киргизии (K_{kyr})

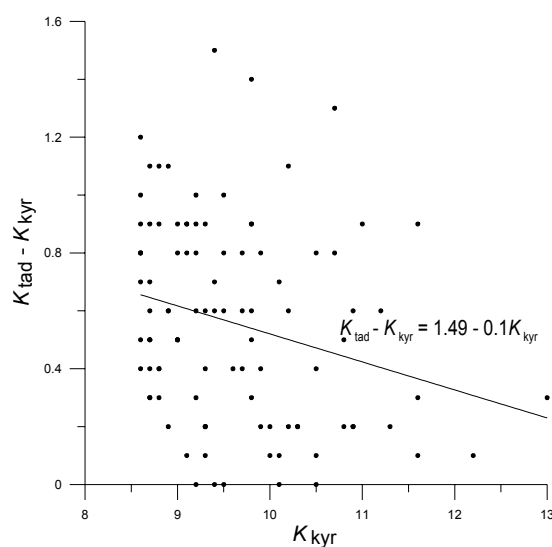


Рис. 3. Величина ступени ($K_{\text{tad}} - K_{\text{kyr}}$) при разных значениях K_{kyr}

Расчет значений K_p по m_b для землетрясений коровых ($h=0-69$ км) и глубоких ($h \geq 70$ км), добавленных из [14], проведен по уравнениям их связи, полученным ранее в [2] по материалам наблюдений за 1993–1996 гг.:

$$K_p = 3.31 + 1.89 m_b \quad \text{при } h < 70 \text{ км, (3)}$$

$$K_p = 1.57 + 2.31 m_b \quad \text{при } h \geq 70 \text{ км. (4)}$$

Распределение всех землетрясений по крупным сейсмоактивным зонам I–IV (рис. 1) дано в табл. 2. Величина высвободившейся сейсмической энергии в очагах всех землетрясений равна $\Sigma E = 1.19 \cdot 10^{15}$ Дж, что более чем на порядок ниже таковой в 1998 г. ($\Sigma E = 14.0 \cdot 10^{15}$ Дж [1]).

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по зонам

№	Зона	K_p								N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{15}$, Дж
		8	9	10	11	12	13	14	15		
I	Юго-Западный Тянь-Шань	–	25	2	3	–	–	–	–	30	0.0003
II	Южный Тянь-Шань	5	120	44	15	4	1	–	–	189	0.0177
III	Памиро-Гиндукуш (коровые)	16	204	146	53	20	6	–	–	445	0.0087
IV	Памиро-Гиндукуш (глубокие)	10	644	332	110	19	3	1	1	1120	1.1640
	Всего	31	993	524	181	43	10	1	1	1784	1.1907

Распределение землетрясений по глубине представлено отдельно для очагов в земной коре на всей территории (табл. 3) и глубокофокусных – для Памиро-Гиндукуша (табл. 4), из которых следует, что глубины $h=0-10$ км имели лишь 79% коровых толчков, вместо 92% в 1998 г. Глубокие землетрясения более стабильны: в одном и том же интервале глубин $h=70-210$ км в 1999 г. отмечено 96% всех толчков, что близко к аналогичной оценке за 1998 г. (94%). Самое глубокое землетрясение с $h=270$ км произошло 4 февраля в 23^h38^m с $K_p=9.5$ в Хорогской подзоне IV-й зоны, так же, как и в 1998 г. [1].

Таблица 3. Сравнение распределения землетрясений Таджикистана по глубине в пределах земной коры за 1998–1999 гг.

h , км	1998 г.		1999 г.		h , км	1998 г.		1999 г.	
	N	%	N	%		N	%	N	%
0–5	123	7.81	68	9.38	41–50	4	0.25	2	0.28
6–10	1313	83.37	507	69.93	51–60	6	0.38	10	1.38
11–20	49	3.11	42	5.79	не опред.	15	0.95	28	3.86
21–30	54	3.43	68	9.38	Всего	1575	100%	725	100%
31–40	11	0.70	–	–					

Таблица 4. Сравнение распределения глубокофокусных Памиро-Гиндукушских землетрясений по глубине за 1998–1999 гг.

h , км	1998 г.		1999 г.		h , км	1998 г.		1999 г.	
	N	%	N	%		N	%	N	%
70	10	0.72	13	1.14	180	183	13.12	173	15.40
80	250	17.92	158	14.07	190	46	3.30	44	3.90
90	12	0.86	3	0.27	200	189	13.54	134	11.93
100	56	4.02	81	7.21	210	74	5.31	27	2.40
110	6	0.42	5	0.44	220	33	2.36	12	1.05
120	10	0.72	16	1.42	230	31	2.22	19	1.69
130	100	7.17	90	8.01	240	9	0.64	6	0.53
140	41	2.94	38	3.38	250	10	0.72	5	0.44
150	166	11.91	147	13.08	260	–	–	–	–
160	99	7.10	57	5.07	270	1	0.07	1	0.08
170	76	5.45	100	8.90	Всего	1394	100%	1123	100%

Сейсмичность исследуемой территории представлена на трех годовых картах эпицентров: сильных землетрясений ($K_p \geq 12$) для всех глубин очагов $h=0-270$ км (рис. 4), коровых с $K_p \geq 9$, $h < 70$ км (рис. 5) и глубоких с $K_p \geq 9$, $h \geq 70$ км (рис. 6). Наиболее значительные события отмечены в Гиндукуше на территории Афганистана 29 июня в $23^h 18^m$ с $K_p=14.0$ и 8 ноября в $16^h 45^m$ с $K_p=15.1$. Глубины их гипоцентров равны 200 км. Они ощущались почти на всей территории Таджикистана с интенсивностью от 4 до 5 баллов [15]. Рассмотрим более детально проявления сейсмичности в пределах земной коры на всей территории Республики с прилегающими к ней районами (зоны I–III) и в Памиро-Гиндукушской зоне (IV) глубоких землетрясений.

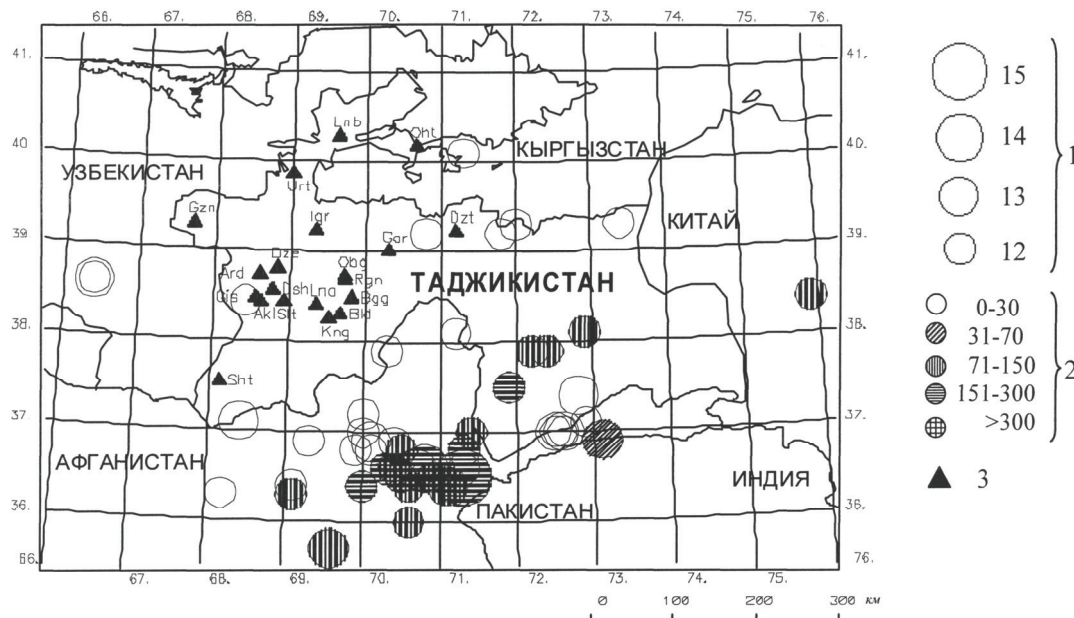


Рис. 4. Эпицентры сильных ($K_p \geq 11.6$) землетрясений Таджикистана за 1999 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция. Названия и коды сейсмических станций на рис. 4–6: 1 – «Душанбе» (Dsh); 2 – «Обигарм» (Obg); 3 – «Гарм» (Gar); 4 – «Джиргаталь» (Dzt); 5 – «Гиссар» (Gis); 6 – «Большджуан» (Bld); 7 – «Лангар» (Lna); 8 – «Джерино» (Dze); 9 – «Богизагон» (Bgg); 10 – «Аккуйли» (Akl); 11 – «Ура-Тюбе» (Urt); 12 – «Шаартуз» (Sht); 13 – «Рогун» (Rgn); 14 – «Игрон» (Igr); 15 – «Кангурт» (Kng); 16 – «Гезан» (Gzn); 17 – «Арджинак» (Ard); 18 – «Ленинабад» (Lnb); 19 – «Офтобруй» (Oht); 20 – «Султанабад» (Stt).

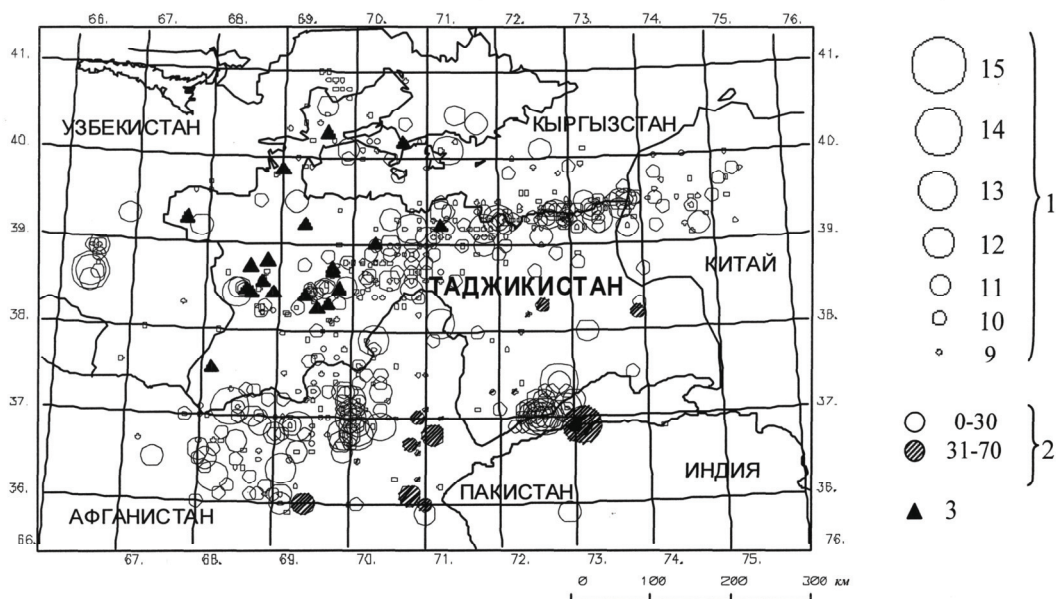


Рис. 5. Карта эпицентров коровых ($h \leq 69$ км) землетрясений Таджикистана за 1999 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция.

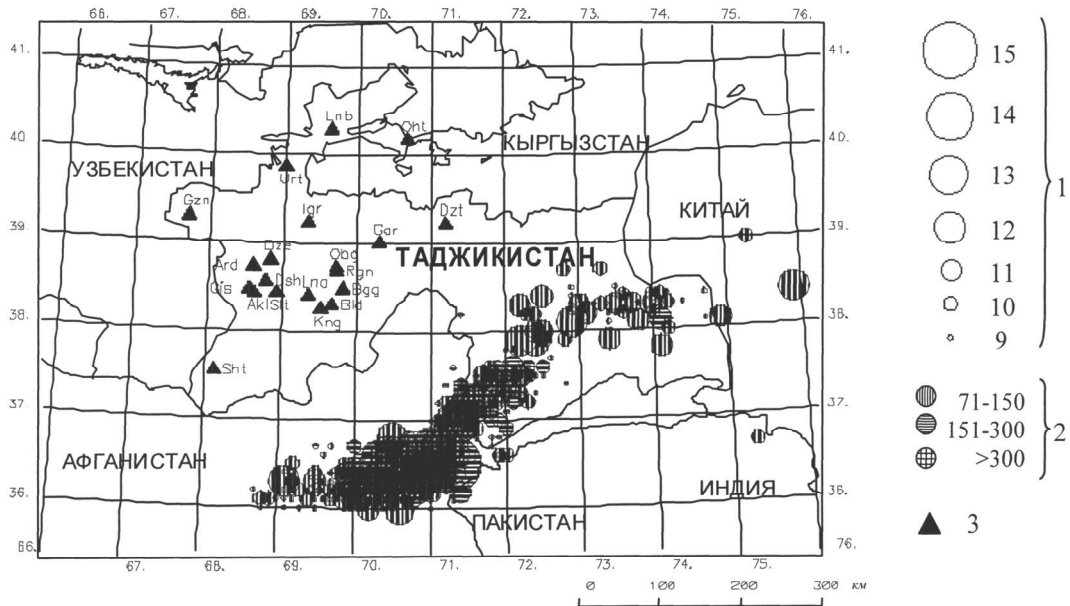


Рис. 6. Карта эпицентров глубоких ($h \geq 70$ км) землетрясений Таджикистана за 1999 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция.

На территории **Юго-Западного Тянь-Шаня (I)**, в Согдийской области, зарегистрированы только толчки с $K_p=9-11$. Общее число землетрясений уменьшилось вдвое, по сравнению с таковым в 1998 г. Сейсмическая активность этой зоны наименьшая. Вблизи Северо-Ферганского разлома (рис. 1) локализовано землетрясение с $K_p=10.6$ (рис. 5), произошедшее 18 октября в 16^h13^m [15].

Отметим, однако, на рис. 5 восемь землетрясений с $K_p \geq 10.6$ (табл. 5) в приграничной полосе с **Южно-Тяньшаньской зоной (II)**, линейно вытянутых частично вдоль Южно-Ферганского глубинного разлома (рис. 1). Четыре из них были ощутимы: в Намангане (1 августа с $K_p=11.1$, $I=4$ балла), в Фергане (29 июля с $K_p=11.7$, $I=4-5$ баллов), в Ленинабаде (27 июня с $K_p=11.0$, $I=4$ балла), в Айни (19 августа с $K_p=11.4$, $I=4$ балла) и в других пунктах [15].

Таблица 5. Список землетрясений с $K_p \geq 10.6$ на границе Юго-Западного (I) и Южного Тянь-Шаня (II), приведенных в порядке их расположения с востока на запад

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ° , N	λ° , E						φ° , N	λ° , E		
1	17.02	21 40 23	40.1	72.6	10	10.9	5	27.06	12 25 51	40.1	69.9	5	11.0
2	15.07	22 47 36	40.4	71.7	10	11.1	6	19.08	20 46 57	39.5	69.2	20	11.4
3	01.08	15 28 06	40.5	71.4	10	11.1	7	02.09	12 11 28	39.2	67.9	10	10.6
4	29.07	08 35 15	40.1	71.3	10	11.7	8	12.03	12 48 24	39.3	66.9	10	10.7

В западной своей части эта полоса эпицентров отклоняется на юг, стыкуясь с очаговой зоной достаточно сильного землетрясения 31 октября в Узбекистане в 60 км к юго-востоку от г. Карши на глубине 10 км с $K_p=13.3$, до которого «дотянулась» обработка, зарегистрировав частично и его афтершоки (табл. 6). Отметим также дальний по времени (12 марта в 12^h48^m) форшок с $K_p=10.7$, который можно с некоторой определенностью отнести к западному краю описанной выше цепочки эпицентров (рис. 5). Максимальный афтершок реализовался 25 декабря в 13^h28^m с $K_p=12.3$. Движение в очаге главного толчка произошло под действием сжимающих напряжений, ориентированных в широтном направлении. Нодальная плоскость $NP1$ имеет северо-восточное простирание, плоскость $NP2$ – северо-западное. Обе плоскости имеют крутое падение. Тип движения по обеим плоскостям – взброс с элементами сдвига правостороннего по $NP1$ и левостороннего – по $NP2$. В очаге максимального афтершока преобладающие напряжения сжатия ориентированы в юго-восточном направлении. Обе нодальные плоскости имеют северо-восточное простирание, но падают под разными углами. Плоскость

NP1 имеет более пологое залегание, по сравнению с плоскостью NP2. Тип подвижки по плоскости NP1 представлен взбросом с присутствием компоненты левостороннего сдвига, по более пологой плоскости NP2 – надвиг (рис. 7, [17]).

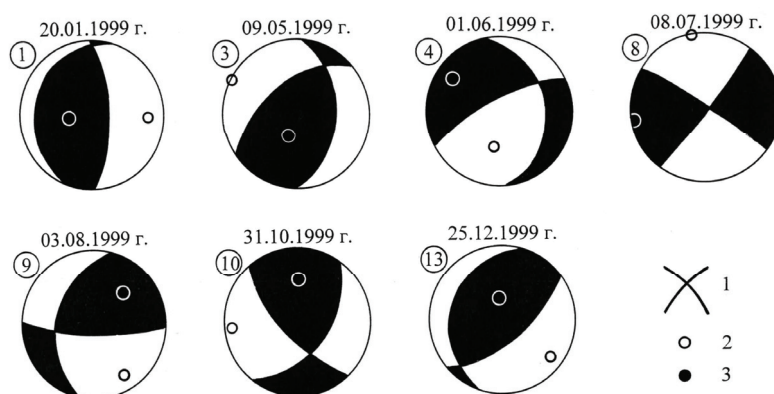


Рис. 7. Механизмы очагов землетрясений Таджикистана за 1999 г. с очагом в земной коре

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

20 января в 22^h09^m в зоне II, в 130 км к юго-западу от г. Душанбе, произошло ощутимое Кабодиёнское землетрясение с $I_0=5-6$ баллов. Движение в его очаге произошло под действием близгоризонтальных напряжений сжатия, ориентированных в субширотном направлении. Обе нодальные плоскости имеют близмеридиональное простирание (рис. 7), но разное падение – $DP=71^\circ$ и 20° . Подвижка по крутой плоскости – чистый взброс, по пологой – чистый надвиг [17]. Землетрясение обследовано, ему посвящена отдельная статья [18] в наст. сб.

Таблица 6. Основные параметры форшока, главного толчка и афтершоков землетрясения 31 октября по [15]

№	Дата,		$t_0,$	Эпицентр		$h,$	MS	MPSP	K_p
	д	м		ч	мин				
Форшок									
1	12.03	12 48 24	39.3	66.9	10				10.7
Основной толчок									
	31.10	17 09 07	38.6	66.4	10	4.5	5.5	13.3	
Афтершоки									
1	31.10	20 39 44	38.9	66.5	10				9.2
2	01.11	03 18 22	38.9	66.4	10				9.5
3	01.11	10 29 19	38.9	66.4	10				9.5
4	01.11	14 05 30	38.9	66.4	10				10.5
5	01.11	16 00 23	38.9	66.5	10				8.8
6	01.11	17 29 00	38.9	66.4	10				10.1
7	02.11	02 40 10	38.9	66.4	10				9.5
8	02.11	14 39 18	38.9	66.4	10				9.6
9	02.11	20 37 46	38.9	66.4	10				9.4
10	03.11	15 27 30	38.9	66.5	10				9.5
11	04.11	12 26 23	38.9	66.5	10				9.8
12	10.11	17 34 22	38.9	66.5	10				10.6
13	10.11	21 52 17	38.9	66.5	10				10.1
14	11.11	10 21 54	38.5	66.4	10		4.5		11.5
15	25.12	13 28 08	38.6	66.4	10		5.2		12.3
16	25.12	17 28 49	38.6	66.5	10				9.7
17	26.12	00 20 02	38.8	66.5	10				9.9
18	27.12	00 21 46	38.7	66.5	10				9.5
19	31.12	02 42 54	38.8	66.5	10				9.5

Активной сейсмичностью в зоне II характеризуется территория Душанбино-Вахшского района. Здесь зарегистрировано 12 землетрясений с $K_p=9-12$. Сильное землетрясение ($K_p=12.3$) произошло в южной части Гиссарской долины 27 марта в 10^h20^m, названное Гиссаро-Бабатагским и описанное в отдельной ст. [19] наст. сб. Интенсивность в эпицентре составила 6–7 баллов. Это землетрясение имело один ощутимый форшок с $K_p=10.6$, который произошел в 13^h40^m, т.е. за два часа до основного толчка.

В Памиро-Гиндукушской зоне (III) коровых землетрясений в очаговой зоне разрушительного землетрясения 30.05.1998 г. с $M=6.7$ [1] в 240 км юго-восточнее Душанбе продолжались афтершоки и в 1999 г. Афтершоки 20, 26 марта и 1 июня 1999 г. ощущались в Душанбе с $I=2-3$ балла [15]. Суммарное число всех афтершоков составило 1004, в том числе 118 – за 1999 г. Такая растянутость во времени моментов возникновения достаточно сильных и не-

малое число более слабых афтершоков говорит о том, что процессы последействия названных событий 1998 г. еще далеки от завершения.

Особенностью года является «оживление» сейсмической активности на юге Памира (рис. 5) в виде роя из 67 землетрясений с $K_p \geq 8.6$ (табл. 7), локализованных вблизи двух Афгано-Южно-Памирских разломов (9 и 10 на рис. 1), примерно в 100 км южнее известного Сарезского озера, образовавшегося после сильного землетрясения 1911 г. [21] с $M=7.4$ [22]. Наибольшей энергией характеризуются три толчка с $K_p=13$ (29 июня в 08^h03^m с $K_p=13.0$, 8 июля в 16^h42^m с $K_p=12.9$ и 18 июля в 21^h51^m с $K_p=12.6$), столько же землетрясений имели $K_p=12$ (29 июня в 10^h14^m с $K_p=11.8$, 10 июля в 22^h15^m с $K_p=11.6$ и 15 июля в 21^h46^m с $K_p=12.4$). Землетрясений с $K_p=11$ отмечено тринадцать (табл. 7), первые два из которых реализовались за 47 и 17 минут до максимального толчка 29 июня с $K_p=13.0$, вызвавшего сотрясения с $I=5-6$ баллов у оз. Сарез [15]. Для землетрясений 29 июня и 8 июля есть решения механизмов очагов. Землетрясение 29 июня возникло в условиях напряжений растяжения, ориентированных в юго-восточном направлении. Обе нодальные плоскости имеют практически равные углы падения. Простираения нодальных плоскостей также близки – обе вытянуты в северо-восточном направлении. Тип движения по ним представлен сбросом. В очаге землетрясения 8 июля движение произошло под действием близких по величине напряжений растяжения (ориентированного в близширотном направлении) и сжатия (ориентированного в меридиональном направлении). Обе нодальные плоскости имеют крутое падение, одна из них – $NP1$ простирается с северо-востока на юго-запад, вторая – $NP2$ – с северо-запада на юго-восток. Подвижка по $NP1$ представлена левосторонним сдвигом, по $NP2$ – правосторонним [17].

Таблица 7. Рой землетрясений на юге Памира в 1999 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	MS	$MPSP$	K_p	№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	MS	$MPSP$	K_p
			φ° , N	λ° , E								φ° , N	λ° , E				
1	23.06	23 57 27	37.3	72.6	10			9.7	34	12.07	20 24 22	37.0	72.4	10			10.2
2	29.06	07 16 39	37.4	72.8	10			11.2	35	12.07	20 30 05	37.1	72.5	10			10.4
3	29.06	07 49 45	37.2	72.6	10		4.5	11.1	36	13.07	05 24 43	37.1	72.5	10			10.2
4	29.06	08 03 55	37.4	72.8	10	4.7	5.2	13.0	37	13.07	06 43 05	37.0	72.5	10			10.2
5	29.06	09 01 44	37.2	72.6	10			10.0	38	13.07	07 28 43	37.0	72.5	10			9.4
6	29.06	09 16 05	37.1	72.9	10			8.7	39	14.07	06 15 48	37.0	72.5	10			9.7
7	29.06	09 20 22	37.1	72.9	10			9.7	40	15.07	20 37 07	37.0	72.5	10			10.3
8	29.06	09 35 05	37.1	72.9	10			9.0	41	15.07	20 41 45	37.1	72.6	10			9.4
9	29.06	09 57 23	37.1	72.9	10			10.5	42	15.07	21 46 58	37.0	72.6	10	4.3	4.7	12.4
10	29.06	10 14 05	37.1	72.9	10	3.8	4.5	11.8	43	15.07	22 07 51	37.1	72.5	10			10.2
11	29.06	12 04 37	37.3	72.7	10			9.8	44	15.07	23 50 45	37.0	72.5	10			10.3
12	29.06	19 43 39	37.3	72.9	10			9.7	45	16.07	06 22 24	37.0	72.5	10			10.7
13	30.06	02 40 13	37.2	73.0	10			11.1	46	17.07	12 45 31	37.0	72.5	10		4.3	11.2
14	08.07	16 42 03	37.0	72.6	10		4.8	12.9	47	18.07	21 51 43	37.0	72.5	10	4.1	5.0	12.6
15	08.07	17 05 03	37.1	72.4	10			10.3	48	19.07	04 33 46	37.1	72.4	10			10.4
16	08.07	17 53 18	37.0	72.5	10			9.3	49	19.07	15 53 02	37.1	72.5	10			9.4
17	08.07	19 28 46	37.0	72.5	10			9.5	50	22.07	16 32 03	37.1	72.3	10			9.7
18	08.07	19 43 09	37.0	72.5	10			9.8	51	23.07	14 28 21	37.1	72.4	10			10.8
19	08.07	20 47 35	37.0	72.5	10			11.0	52	24.07	19 36 44	37.1	72.5	10			10.4
20	08.07	22 47 37	37.0	72.3	10			10.2	53	25.07	10 39 33	37.1	72.5	10			10.1
21	08.07	23 43 06	37.0	72.3	10			9.7	54	29.07	18 16 17	37.1	72.5	10			10.0
22	09.07	02 35 32	36.9	72.2	10			10.1	55	31.07	18 28 55	37.1	72.0	10			9.7
23	09.07	02 48 28	37.0	72.4	10			9.8	56	04.08	21 21 00	37.0	72.6	10		4.5	11.2
24	09.07	03 17 14	36.9	72.3	10			9.7	57	07.08	23 57 51	37.1	72.5	10			10.1
25	09.07	04 16 52	37.0	72.3	10			9.4	58	10.08	17 31 12	37.1	72.5	10			9.1
26	09.07	20 01 29	37.0	72.5	10			10.1	59	13.08	18 49 43	37.1	72.4	10			11.2
27	09.07	20 23 04	37.0	72.6	10			9.5	60	14.08	14 19 08	37.1	72.6	10			10.6
28	10.07	07 10 58	37.0	72.5	10			11.1	61	14.08	19 15 19	37.1	72.5	10			9.3
29	10.07	07 26 22	37.0	72.3	10			9.6	62	05.09	00 41 57	37.2	72.5	10			10.7
30	10.07	21 25 08	37.0	72.5	10			10.0	63	08.09	00 24 10	37.0	72.7	10			10.8
31	10.07	22 15 16	37.0	72.5	10			11.6	64	27.11	09 33 12	37.1	72.3	10			10.3
32	11.07	04 48 14	37.0	72.5	10		4.2	9.3	65	29.11	05 41 37	37.1	72.3	10			10.5
33	12.07	19 44 42	37.1	72.5	10			9.4									

Решение механизма очага имеется еще для трех землетрясений на юге **зоны III** (рис. 7): 9 мая в 21^h38^m с $K_p=13.2$ ($\varphi=36.9^\circ N$, $\lambda=73.1^\circ E$), 1 июня в 12^h49^m с $K_p=12.1$ ($\varphi=36.9^\circ N$, $\lambda=70.4^\circ E$), 3 августа в 12^h02^m с $K_p=12.0$ ($\varphi=36.4^\circ N$, $\lambda=69.1^\circ E$) [15, 17]. Первое из них возникло под действием преобладания напряжения сжатия, ориентированного в северо-западном направлении. Для обеих нодальных плоскостей отмечается крутое падение, плоскость $NP1$ имеет близмеридиональное простирание, плоскость $NP2$ – северо-восточное. Тип движения по обеим плоскостям – взброс с компонентами сдвига (по $NP1$ – левостороннего, по $NP2$ – правостороннего). Второе землетрясение возникло в условиях превалирования по величине напряжений растяжения, ориентированных в северо-западном направлении. Одна нодальная плоскость ($NP1$) имеет субмеридиональное простирание и более пологое залегание, плоскость ($NP2$) имеет северо-восточное простирание и крутое падение; подвижка по первой плоскости – правосторонний сдвиг, по второй – сброс с компонентами левостороннего сдвига. Третье землетрясение характеризуется превалирующими напряжениями сжатия близмеридионального простирания, под действием которого по обеим нодальным плоскостям произошли взбросовые подвижки с компонентами сдвига.

Основная часть глубокофокусных землетрясений в **Памиро-Гиндукушской зоне (IV)** располагалась за пределами Республики, на территории Афганистана (рис. 6). Традиционно эта зона подразделяется по плотности эпицентров на три подзоны: Афганскую, Хорогскую и Мургабскую. Распределение сильных ($K_p \geq 11.6$) землетрясений по подзонам дано в табл. 8.

Таблица 8. Распределение сильных ($K_p \geq 11.6$) глубоких землетрясений по энергетическим классам в трех подзонах

Подзона	K_p				N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{15}$, Дж
	12	13	14	15		
Афганская	13	3	1	1	18	1.143
Хорогская	4	–	–	–	4	0.004
Мургабская	2	–	–	–	2	0.004
Всего	19	3	1	1	24	1.151

Из табл. 8 следует, что все пять землетрясений с $K_p=13-15$ произошли в Афганской подзоне. Они были зарегистрированы 9 февраля в 17^h33^m с $K_p=13.3$, 10 июня в 15^h07^m с $K_p=12.7$, 21 июня в 17^h37^m с $K_p=12.9$, 29 июня в 23^h18^m с $K_p=14.0$, 8 ноября в 16^h45^m с $K_p=15.1$. В целом количество выделившейся энергии этой зоны осталось почти на том же уровне, что и в 1998 г. [1]. Для всех перечисленных землетрясений имеются решения механизмов очагов (рис. 8, [17]).

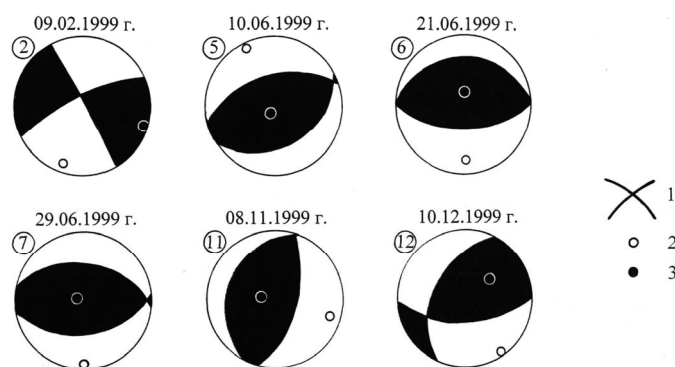


Рис. 8. Механизмы очагов глубоких землетрясений Памиро-Гиндукуша за 1999 г.

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

Землетрясение 9 февраля произошло под действием близких по величине напряжений растяжения, ориентированных в субширотном направлении, и сжатия, ориентированных в субмеридиональном направлении. Обе нодальные плоскости имеют крутое падение, одна из них

(*NP1*) простирается с северо-запада на юго-восток, вторая (*NP2*) с северо-востока на юго-запад. Подвижки по обеим плоскостям представлены сдвигами: по *NP1* – левосторонним, по *NP2* – правосторонним. Механизмы очагов глубоких землетрясений 10 июня, 21 июня и 29 июня подобны. Они произошли под действием сжимающих напряжений. Для землетрясения 10 июня ось сжатия *P* направлена на северо-запад, для двух других – на юг. Различие состоит в ориентации нодальных плоскостей – для землетрясения 10 июня обе плоскости имеют северо-восточное простирание, для землетрясений 21 июня и 29 июня они ориентированы близширотно. По всем нодальным плоскостям произошли взбросовые подвижки.

Землетрясение 8 ноября с $K_p=15.1$ – максимальное во всей зоне IV и имеет глубину 200 км по [15] и 226 км по фазе *pP* в [14]. Расчетная интенсивность сотрясений в его эпицентре – 6 баллов, в Душанбе оно ощущалось с $I=5-6$ баллов. Колебания с I от трех до пяти баллов распространились почти на всю территорию Таджикистана. Это землетрясение произошло под действием преобладающего напряжения сжатия (ориентированного в юго-восточном направлении). Обе нодальные плоскости простираются в северо-восточном направлении, тип движения по обеим плоскостям – взброс. Механизм его очага подобен таковому, приведенному выше.

В Хорогской подзоне количество выделившейся энергии, по сравнению с таковой в 1998 г., уменьшилась в четыре раза. Здесь не зарегистрировано ни одного толчка с $K_p \geq 13$.

В Мургабской подзоне, по сравнению с прошлым периодом, отсутствуют толчки с $K_p=13$, а количество толчков с $K_p=12$ осталось прежним. Для одного из них, произошедшего 10 декабря в $02^h 11^m$ на глубине 116 км (по фазе *pP* [14]), имеется решение механизма очага (рис. 8), согласно которому в его очаге преобладали напряжения сжатия юго-восточного направления. Обе нодальные плоскости крутые, плоскость *NP1* ориентирована в северо-восточном направлении, *NP2* – близширотно. Подвижки по обеим плоскостям представлены взбросами с компонентами левостороннего сдвига по *NP1* и правостороннего – по *NP2*.

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ФООП, 2004. – С. 91–104.
2. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 60–66.
3. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 77–84.
4. Кулагин В.К. Строение земной коры Вахшского района Таджикской ССР по сейсмическим данным. Канд. дис. – Иркутск: Фонды Иркутского государственного университета, 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. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясения // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: АН СССР, 1960. – С. 75–114.
8. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
9. 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.
10. Ачилов Г.Ш., Бабаев А.М., Мирзоев К.М., Михайлова Р.С. Сейсмогенные зоны Памира // Геология и геофизика Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1985. – С. 117–138.
11. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Каталог (оригинал) землетрясений Таджикистана за 1998 г. с $K_p \geq 8.6$. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2004. – 50 с.

12. Джанузаков К.Д. (по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А. (Казахстан), Гиязова Ш.Ш. (Узбекистан), Сопиева К., Жунусова Ж., Айбашева К., Шипулина С.А., Умурзакова Р.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Каймачникова Н.И., Гайшук Л.Н., Тулегенова М.К., Абдыкадыров А.А. Центральная Азия. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
13. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1999 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ГС РАН, 1999–2000.
14. Bulletin of the International Seismological Centre for 1999. – Berkshire: ISC, 2001.
15. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
16. Михайлова Р.С. (отв. сост.). Северная Евразия. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
17. Чепкунас Л.С., Михайлова Р.С. (сост.). Таджикистан. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
18. Джураев Р.У., Олимов Б.К. Кабодиёнское землетрясение 20 января 1999 года с $M_w=5.0$, $I_0=5-6$ (Таджикистан). (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
19. Джураев Р.У., Олимов Б.К. Гиссаро-Бабаатагское-II землетрясение 27 марта 1999 года с $K_p=12.3$, $I_0=6-7$ (Таджикистан). (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).
20. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ФООП, 2004. – (На CD).
21. Голицын Б.Б. О землетрясении 18 февраля 1911 г. // Известия Российской АН. – 1915. – Т. 9. – № 10. – С. 15–18.
22. Михайлова Р.С., Каток А.П., Матасова Л.М., Джанузаков Л.М., Сыдыков А. (отв. сост.). III. Средняя Азия и Казахстан [300 до н.э. – 1974 г., $M \geq 5.0$, $MPSP \geq 5.6$, $MPVA \geq 5.3$; $I_0 \geq 6.0$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 198–296.