

КОПЕТДАГ

Б.Н. Гаипов, Н.В. Петрова, Г.Л. Голинский, А.Р. Рахимов, Г.Ч. Сарыева

Сведения о числе сейсмических станций Туркменистана в 1999 г. и параметрах регистрирующей аппаратуры приведены в табл. 1. Каких-либо существенных изменений в этих данных, по сравнению с таковыми в 1998 г. [1], нет. Отметим лишь, что в конце 1999 г. выбраны места размещения и с начала 2000 г. подготовлены к запуску пять временных автономных станций типа «Черепаша» в области ожидаемого по ряду признаков сильного землетрясения в Балхано-Каспийском районе Туркменистана.

Таблица 1. Сейсмические станции Туркменистана (в хронологии их открытия), работавшие в 1999 г., и их параметры

№	Станция			Дата открытия	Координаты		h_y , м	Аппаратура				
	Название	Код			φ° , N	λ° , E		Тип прибора	Компонента	V_{\max}	ΔT_{\max} , с	
		Межд.	Рег.									
1	Ашхабад	ASH	Ашг	16.02.1947	37.96	58.37	305	СМ-3	N	20000	0.20–1.2	
									E	20000	0.40–0.9	
									Z	12000	0.50–0.9	
									СКМ-3	N, E, Z	6000	0.20–1.2
									СК	N, E, Z	1000	0.20–10
С-5-С	N, E, Z	100	0.20–3.1									
2	Кизыларват	КАТ	Кзл	01.01.1950	38.97	56.28	110	СК	N, E	1600	0.36–11	
									Z	1200	5.5–11	
3	Ванновская	VAN	Ван	07.07.1952	37.95	58.11	580	СКМ-3	N, E, Z	100000	0.30–1.3	
									СМ-3	N, E, Z	10000	0.20–1.2
									С-5-С	N, E, Z	100	0.15–4.5
									СКД	N–E	1000	0.20–19.0
									Z	950	0.20–20.5	
4	Красноводск	КРЕ	Крс	31.03.1966	40.04	53.00	10	СКМ-3	N, E, Z	30000	0.10–0.8	
									СК	N	1000	0.20–10
									E	1000	0.30–10	
									Z	1000	0.50–10	
5	Небитдаг	NBD	Нбд	12.02.1966	39.51	54.39	15	СКМ-3	N, E	5000	0.20–1.2	
									Z	5000	0.20–1.1	
									СКД	N, E, Z	1000	0.20–17
6	Кизылатрек		Ктр	10.10.1968	37.68	54.77	55	СМ-3	N, E, Z	5000	0.20–1.2	
									СКД	N	700	0.30–18
									E	770	0.60–18	
									Z	700	0.40–18	
7	Каракала		Крк	26.03.1971	38.44	56.27	315	СКМ-3	N, E, Z	5000	0.20–1.2	
									С-5-С	N	105	0.20–4.3
									E	100	0.20–4.0	
									Z	510	0.20–2.7	
8	Чагыл		Чгл	11.11.1972	40.78	55.38	144	СКМ-3	N	40000	0.30–0.8	
									E	40000	0.20–0.6	
									Z	40000	0.20–0.7	
9	Каушут		Кшт	24.06.1977	37.46	59.49	257	ВЭГИК	N, Z	10000	0.20–1.2	
									E	10000	0.20–1.1	
10	Маньш		Мнш	04.01.1978	37.72	58.61	680	СКМ-3	N, Z	30000	0.20–1.2	
									E	6000	0.20–1.2	
11	Овадан-Тепе		Овд	12.04.1978	38.11	58.36	160	СМ-3	N	7000	0.20–1.1	
									E	7000	0.20–1.2	
									Z	5000	0.20–1.0	

№	Станция			Дата открытия	Координаты		h_y , м	Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E		Тип прибора	Компонента	V_{max}	$\Delta T_{max, c}$
		Межд.	Рег.								
12	Серный		Срн	01.12.1980	39.99	58.83	120	СКМ-3	N, E, Z	50000	0.20–0.8
13	Гермаб		Грм	24.05.1980	38.01	57.75	775	СКМ-3	N, E, Z	50000	0.20–1.2
14	Серахс		Срх	01.01.1982	36.53	61.21		СМ-3	N, E, Z	12000	0.20–1.2
15	Гаурдак		Грд	01.12.1985	37.80	66.05	460	СМ-3	N, Z E	10000 10000	0.20–1.2 0.20–1.4
16	Кушка		Кшк	01.01.1986	35.27	62.31	650	СМ-3	N,Z,E	10000	0.20–1.2
17	Даната		Днт	24.04.1988	39.07	55.17		СКМ-3	N, E, Z	40000	0.20–0.8
18	Сунча		Сун	01.10.1990	38.50	57.30		СМ-3	N E Z	8880 9420 10000	0.60–1.4 0.80–1.5 0.60–1.3
19	Карлюк		Кар	20.07.1992	37.56	66.43		СМ-3	N E Z	10000 2000 10000	0.20–1.2 0.20–1.2 0.20–1.1
20	Кугитанг		Куг	05.10.1992	37.91	66.48		СМ-3	N E, Z	2000 10000	0.20–1.2 0.20–1.2
21	Кёнекесир		Кнк	04.09.1995	38.20	56.90		СМ-3-РВЗ	N E Z	40000 40000 40000	0.20–1.5 0.50–1.4 0.30–1.2

Представленная в табл. 1 сеть сейсмических станций обеспечила регистрацию без пропусков землетрясений с $K_{min}=9$ в Балхано-Каспийском, Туркмено-Хорасанском и Центрально-Каракумском районах, с $K_{min}=9-10$ – в Эльбурском и $K_{min}=10$ – в Восточном Туркменистане (рис. 1, табл. 2). В табл. 2 приведены также значения представительных энергетических классов, полученные по «левому загибу» графика повторяемости.

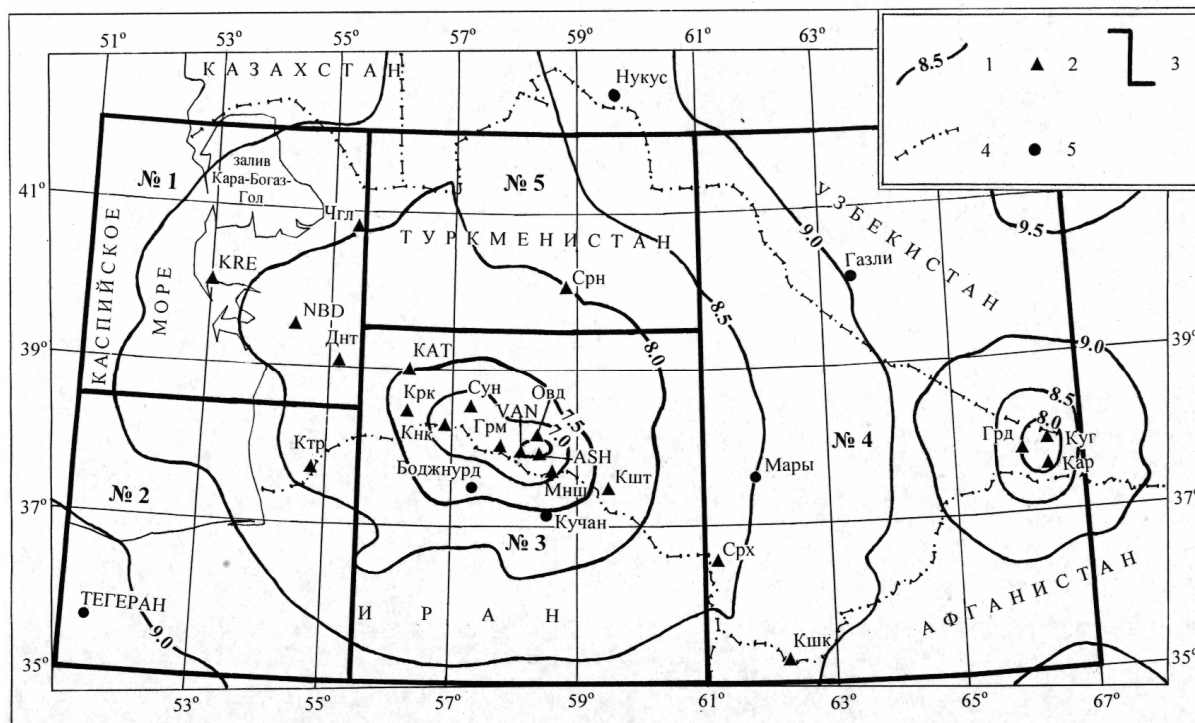


Рис. 1. Карта энергетической представительности K_{3min} землетрясений Копетдага за 1999 г.

1 – изолиния K_{3min} ; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница района; 4 – государственная граница; 5 – город.

Таблица 2. Координаты пяти районов Копетдага и региона в целом; представительные энергетические классы в их пределах, определенные по карте K_{3min} на рис. 1 и по левому загибу графика повторяемости ($K_{\gamma min}$)

№	Район	$S \cdot 10^3$, км ²	$\varphi_1^\circ - \varphi_2^\circ$, N	$\lambda_1^\circ - \lambda_2^\circ$, E	K_{3min}	$K_{\gamma min}$
1	Балхано-Каспийский	149	38.5–42.0	51.0–55.5	9	8
2	Эльбурский	156	35.0–38.5	51.0–55.5	9–10	9
3	Туркмено-Хорасанский	243	35.0–39.5	55.5–61.0	9	8
4	Восточный Туркменистан	406	35.0–42.0	61.0–67.0	10	9–10
5	Центрально-Каракумский	130	39.5–42.0	55.5–61.0	9	–
	КОПЕТДАГ	1082	35.0–42.0	51.0–67.0	9–10	9

Кинематические параметры землетрясений региона определялись на основе региональных блочных годографов [2], использованных в программе LOCTRY [3], энергетический класс K_p – по палетке Т.Г. Раутиан [4], магнитуды MPVA – согласно [5], макросейсмические характеристики ощутимых землетрясений – на основе регионального уравнения макросейсмического поля [6].

Общее число зарегистрированных в 1999 г. землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_p=2-13$ составило $\Sigma N=1734$, что в 1.3 и 6.9 раза меньше, нежели в 1998 г. и 1997 г. соответственно (табл. 3), т.е. продолжается спад активности после Боджнурдского землетрясения 04.02.1997 г. с $MS=6.6$ [7]. Но из сравнения покласовых чисел землетрясений видно, что уменьшилось в основном число слабых событий с $K_p \leq 9$, а более сильных, с $K_p=10-14$, увеличилось не только по сравнению с данными за предыдущий год, но и в большинстве случаев за 1992–1996 гг. Выделившаяся на территории региона сейсмическая энергия ($\Sigma E=73.5 \cdot 10^{12}$ Дж) и сейсмическая активность ($A_{10}=0.057$) также превышают средние их значения в отдельные годы за период 1992–1996 гг. и за 1998 г.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в границах всего Копетдага (35.0–42.0°N, 51.0–67.0°E) за 1992–1999 гг.

Год	K_p										N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{12}$, Дж
	2–7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1992	2048	343	150	42	17	2	4	1	–	–	2607	82.8
1993	1922	325	157	55	23	12	1	–	–	–	2495	20.4
1994	1737	333	176	77	16	3	4	1	–	–	2348	156.2
1995	1595	228	95	39	11	1	2	–	–	–	1971	12.2
1996	1070	210	98	52	20	3	1	–	–	–	1454	13.4
1997	10050	1170	482	139	57	9	2	1	–	1	11911	4102.4
1998	1685	363	173	49	10	2	1	–	–	–	2283	15.1
1999	1196	278	161	65	19	11	3	1	–	–	1734	73.5

В каталог [8] включены землетрясения лишь с $K_p \geq 8.6$. Карта их эпицентров дана на рис. 2. Следует отметить два наиболее сильных землетрясения с $K_p \geq 13$: первое реализовалось 19 ноября в 04^h40^m с $K_p=12.8$ на юге Западно-Туркменской низменности, второе – 5 декабря в 13^h12^m с $K_p=12.9$ в 65 км южнее г. Серахса. Общее число ощутимых землетрясений – 14, из них восемь произошли в пределах Туркменистана, пять – в северных районах Ирана и одно – в Узбекистане (табл. 4, рис. 3). Детальные сведения об их ощутимости в населенных пунктах приводятся в табл. 4, в каталоге [8] и частично в тексте данной статьи.

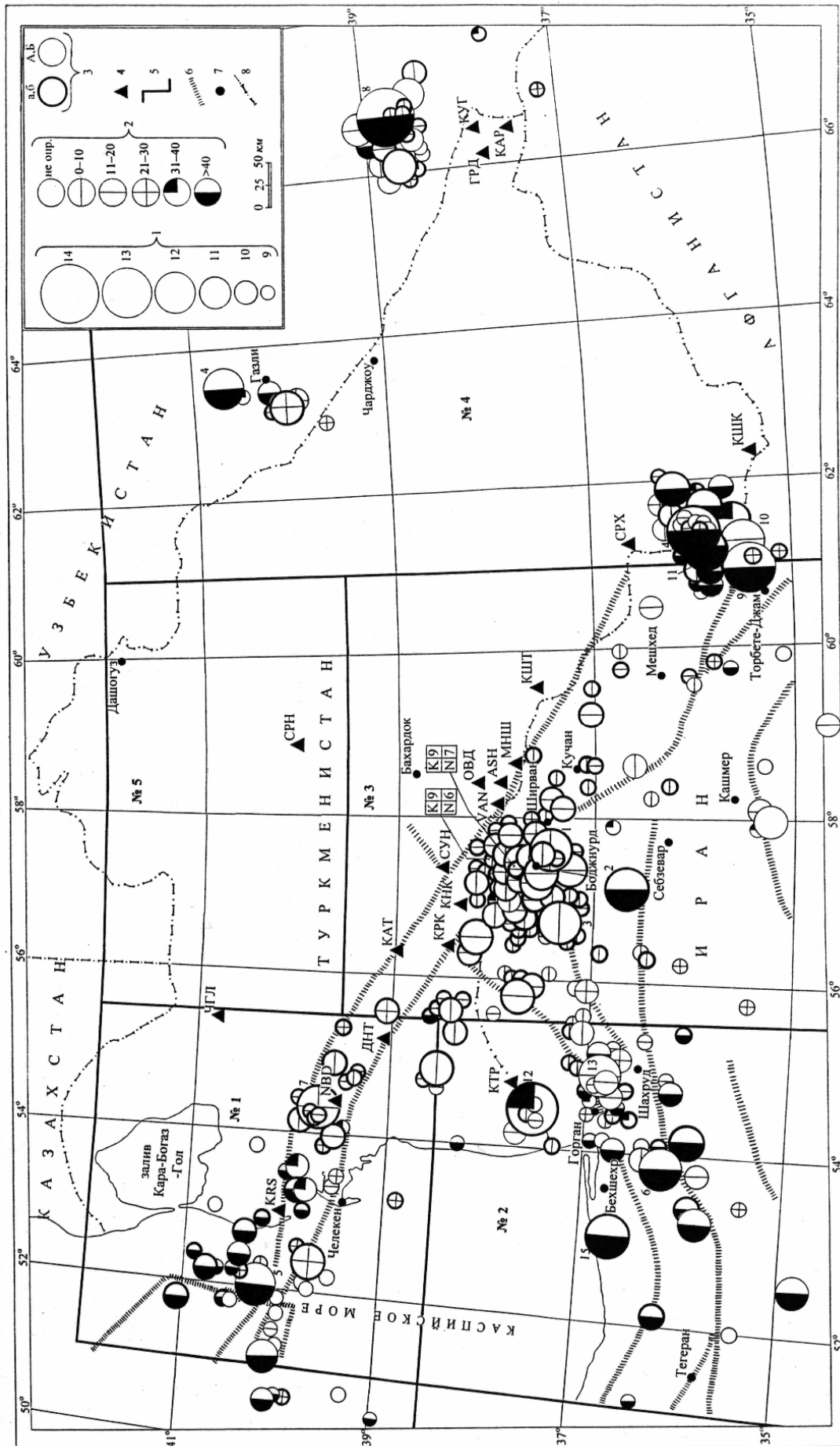


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Копетдага за 1999 г.

1 – энергетический класс K_r ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – точность определения эпицентра; 4 – сейсмическая станция; 5 – граница района; 6 – энергетический класс K_r ; 7 – населенный пункт; 8 – государственная граница. Номера землетрясений соответствуют таковым в графе 1 каталога [8].

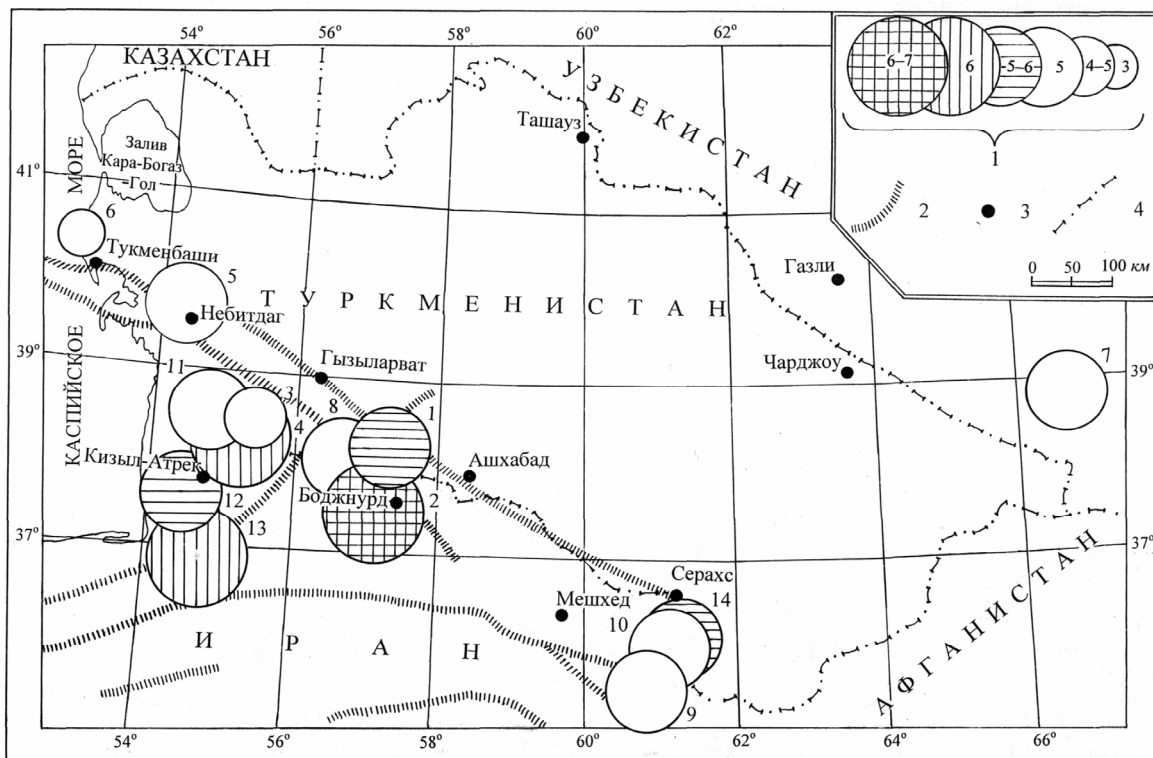


Рис. 3. Карта эпицентров ощутимых землетрясений Копетдага за 1999 г.

1 – интенсивность I_0 в эпицентре; 2 – глубинный разлом; 3 – населенный пункт; 4 – государственная граница. Числа соответствуют номерам сносок ощутимых землетрясений в графе 14 каталога землетрясений [8].

Таблица 4. Основные параметры макросейсмического поля ощутимых землетрясений, произошедших в Копетдагском регионе в 1999 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		K_p	Глубина h , км					Интенсивность, баллы			$R_{ощ.}$, км	$S_{сотр.} \cdot 10^3$, км ²	Краткая характеристика макросейсмического поля*
			φ°, N	λ°, E		Инструм.		Макросейсм.			I_0	I_{max}	I_{min}			
						h_n	δh	h_1	I_{0M}	h_n						
1	24.01	08 55 48	38.19	57.19	10.4	9	1	9	9	7	5-6	5-6	3	30	0.71	5-6-3(1), 5-10(2), 4-18(4), 3-4-25(2), 3-30(1)
2	16.02	19 20 48	37.44	57.59	11.8	9	2	9	9	8	6-7	5	2-3	90	6.4	5-25(1), 4-5-32(1), 3-70(4), 2-3-90(1)
3	17.02	03 43 03	38.40	55.61	10.0	8	1	8	8	8	4-5	3	2-3	40	1.3	3-20(1), 2-3-40(3)
4	14.03	20 32 10	38.16	56.51	10.9	17	1	17	7	8	6	6	3	40	1.3	6-5(2), 5-6-12(2), 4-23(1), 3-4-35(5), 3-40(1)
5	12.08	07 49 07	39.70	54.32	11.8	24	3	24	20	15	5	5	4-5	22	0.4	5-12(5), 4-5-22(3)
6	12.10	16 32 04	40.37	52.69	9.7	45	3	45	20	22	3	3	2	45	1.5	3-17(4), 2-3-38(2)
7	31.10	17 09 06	38.76	66.70	13.6	41	1	41	40	35	5	5	3	165	21.1	5-25(1), 4-100(2), 3-4-125(1), 3-165(2)
8	04.11	08 09 19	37.99	56.78	10.3	2	1	2	9	9	5	5	3	34	0.9	4-5-13(2), 4-18(3), 3-35(4), 2-3-45(1)
9	08.11	21 37 21	35.41	60.91	12.8	44	6	44	32	25	5	5	3	130	13.3	5-30(1), 4-55(1), 3-4-75(1), 3-130(3)
10	09.11	11 49 22	35.87	61.34	12.0	42	3	42	25	18	5	5	2-3	115	10.2	5-12(2), 4-5-23(2), 4-42(1), 3-4-60(2), 3-70(1), 2-3-115(1)

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		K_p	Глубина h , км					Интенсивность, баллы			$R_{\text{ощ.}}$, км	$S_{\text{сотр.}} \cdot 10^3$, км ²	Краткая характеристика макросейсмического поля*
						Инструм.		Макросейсм.			I_0	I_{max}	I_{min}			
			h_n	δh		h_I	I_{0M}	h_n	φ°, N	λ°, E						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
11	15.11	08 27 53	38.50	54.87	10.6	7	2	7	10	9	5	3	2	70	3.8	3–40(1), 2–3–45(1), 2–70(1)
12	19.11	04 40 25	37.51	54.46	12.8	35	7	35	25	23	5–6	5–6	4	47	1.6	5–6–8(1), 5–30(4), 4–47(1)
13	26.11	04 27 21	36.88	54.91	12.4	15	7	15	15	15	6	6	2–3	100	7.9	6–3(1), 3–4–70(3), 3–80(1), 2–3–100(1)
14	05.12	13 12 33	35.95	61.37	12.9	42	3	42	25	20	5–6	5–6	3	112	10.0	5–6–3(1), 5–18(2)

Примечание. Цифры в графе 17 означают значение интенсивности I_i в баллах (жирным шрифтом), максимальное эпицентральное расстояние (в км) и число пунктов (в круглых скобках), в которых ощущались сотрясения с интенсивностью I_i . Так запись **5–30(4)** означает, что сотрясения с интенсивностью $I_i=5$ баллов ощущались на расстоянии до 30 км в 4 пунктах.

В табл. 5 дано распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии по районам. Дополнительно приведены значения основных параметров сейсмического режима: сейсмической активности в единицах A_{10} и наклона γ графика повторяемости. Ниже детально рассмотрены проявления сейсмичности в каждом районе.

Таблица 5. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p , суммарная энергия ΣE и параметры сейсмического режима A_{10} , γ по районам

№	Район	K_p										N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{12}$, Дж	γ^*	A_{10}^*
		8	9	10	11	12	13	14	15	16					
1	Балхано-Каспийский	66	34	10	3	2	–	–	–	–	–	115	1.42	0.42	0.073
2	Эльбурский	27	30	13	2	3	1	–	–	–	–	76	11.27	0.36	0.069
3	Туркмено-Хорасанский	158	71	27	7	3	1	–	–	–	–	267	9.10	0.47	0.100
4	Восточный Туркменистан	27	26	15	7	3	1	1	–	–	–	80	51.75	0.39	0.040
5	Центрально-Каракумский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	КОПЕТДАГ	278	161	65	19	11	3	–	–	–	–	537	73.54	0.44	0.057

Примечание. Жирными прямоугольниками выделены диапазоны представительных энергетических классов, по которым рассчитаны параметры A_{10} и γ .

В Балхано-Каспийском районе (№ 1) в 1999 г. сейсмическая активность несколько повысилась ($A_{10}=0.07$), но все еще оставалась ниже средней долговременной, указывая на продолжающееся с 1989 г. сейсмическое затишье (рис. 4) и возможность возникновения здесь сильного землетрясения. В связи с этим рабочей группой Экспертного совета по прогнозированию сейсмической опасности Института сейсмологии Туркменистана было принято решение о развертывании в районе Балханского (Небитдагского) геодинамического полигона сети из пяти автономных сейсмических станций типа «Черепаша» (табл. 6) для мониторинга вариаций сейсмического режима в период подготовки ожидаемого землетрясения. Их первые сейсмограммы были получены в начале 2000 г.

Таблица 6. Размещение на территории Балханского (Небитдагского) геодинамического полигона временных сейсмических станций «Черепаша», подготовленных к пуску в 2000 г.

№	Станция	Координаты	
		φ°, N	λ°, E
1	Янкуи	40.01	54.67
2	Белек	39.93	55.90
3	Дашарват	39.75	54.375
4	Кыскасу	39.57	53.90
5	Насосная	39.45	54.54

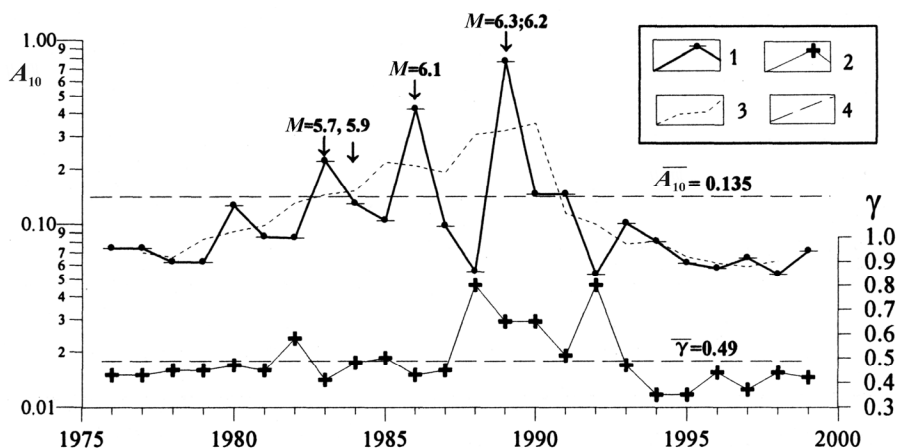


Рис. 4. Изменение во времени годовых значений сейсмической активности A_{10} и наклона γ графика повторяемости в Балхано-Каспийском районе Копетдага за 1976–1999 гг.

1 – параметр A_{10} ; 2 – параметр γ ; 3 – линия скользящего среднего значения A_{10} по трехлетним интервалам; 4 – уровни средних долговременных (за 1976–1999 гг.) значений A_{10} и γ . Стрелки указывают моменты возникновения сильных ($M \geq 5.5$) землетрясений в Балхано-Каспийском районе.

Первая половина 1999 г. характеризуется умеренной сейсмичностью, в основном, в акватории Каспия и на его побережье. Отметим в этот период несколько землетрясений с $K_p \div 10$ (рис. 5), произошедших в акватории Каспийского моря (10 января в 08^h09^m с $K_p=10.2$, $h=52$ км; 22 января в 13^h04^m с $K_p=10.2$, $h=52$ км), в Красноводском заливе (21 марта в 05^h18^m с $K_p=10.1$, $h=38$ км; 19 апреля в 08^h11^m с $K_p=9.8$, $h=45$ км) и на п-ове Дарджа (20 марта в 12^h46^m с $K_p=9.8$, $h=16$ км; 25 марта в 23^h02^m с $K_p=10.1$, $h=38$ км).

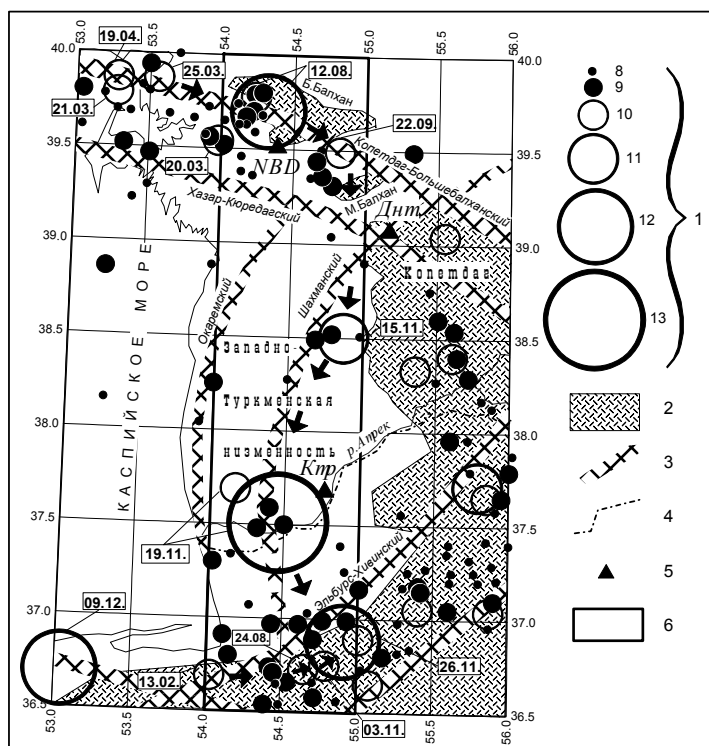


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Западного Туркменистана за 1999 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – горно-складчатые сооружения; 3 – глубинный разлом по [9]; 4 – государственная граница; 5 – сейсмическая станция; 6 – область выборки землетрясений для построения пространственно-временного графика (рис. 6). Цифры в прямоугольниках соответствуют датам землетрясений. Стрелки показывают направления миграции.

Более сильное ($K_p=11.7$) землетрясение произошло 15 июля в 14^h35^m в центральной части Каспийского моря и имело большую глубину $h=60$ км [8]. Среди возникших после него в июле–августе афтершоков максимальный имел энергетический класс $K_p=9.0$. Но в сентябре и декабре отмечены два более сильных афтершока: 9 сентября в 20^h45^m на юго-западе с $K_p=10.7$, $h=60$ км, и 3 декабря в 17^h11^m с $K_p=10.6$, $h=26$ км – на юго-востоке от главного толчка. Следует отметить большие глубины их очагов, причем с тенденцией заглубления в центральной части Каспия. Вероятно, с этим связано отсутствие сведений об их ощутимости.

В 1999 г. в Балхано-Каспийском районе зарегистрировано несколько ощутимых землетрясений. Наиболее сильное ($K_p=11.8$) из них возникло 12 августа в 07^h49^m на глубине $h_n=24$ км. Его эпицентр локализован в западных отрогах Большого Балхана (рис. 5, табл. 7), в очаговой зоне Дюзмергенского землетрясения 19.07.1996 г. с $K_p=12.2$, $I_0=5$ баллов [10]. Такая же интенсивность отмечена и 12.08.1999 г. [8]. Подвижка в очаге этого землетрясения представляет собой надвиг с небольшой компонентой правого сдвига по плоскости $NP1$ юго-восточного–северо-западного простириания, наклоненной к горизонту под углом 36° , или надвиг по плоскости $NP2$ того же простириания, составляющей с горизонтом угол 52° (рис. 3, [11]). Простириание обеих нодальных плоскостей примерно совпадает с ориентацией Копетдаг-Большебалханского разлома, проходящего через очаг (рис. 5), а также с положением одной из нодальных плоскостей и ориентацией первой изосейсты упомянутого Дюзмергенского землетрясения [10, 12]. Отмечено также совпадение типа подвижки (надвиг) в очагах землетрясений 19.07.1996 г. и 12.08.1999 г.

Землетрясению 12 августа предшествовало три землетрясения с $K_p \div 8-9$ в феврале–апреле и пять – в июне–июле. Спустя три минуты после основного толчка произошел афтершок с $K_p=10.1$, а до конца августа было зарегистрировано еще пять афтершоков с $K_p=8-9$ (табл. 7, рис. 6). Величина энергетической ступени с главным толчком для форшоков составляет $\Delta K_\phi=2.6$, для афтершоков – $\Delta K_a=1.7$. Спустя 40 дней после землетрясения, 12 августа наметилась миграция эпицентров последующих сейсмических событий с запада на юго-восток Большого Балхана, где 22 сентября в 18^h51^m произошло землетрясение с $K_p=9.9$ (рис. 5). Его афтершоки (19, 21, 22, 24 – в табл. 7) продолжили миграцию на юг, к хр. Малый Балхан.

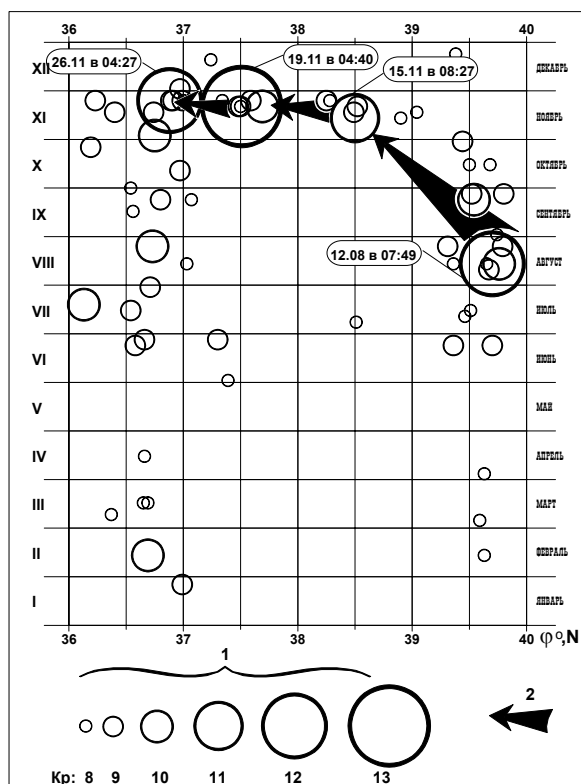


Рис. 6. График сейсмического режима участка Западного Туркменистана (см. рис. 5) за 1999 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – направления миграции. Координаты участка: $\phi=36-40^\circ N$, $\lambda=54-55^\circ E$.

Таблица 7. Список фор- и афтершоков с $K_p \geq 7.6$ для землетрясения 12 августа с $K_p=11.8$ на территории в пределах координат: 39.04–39.80°N, 54.00–54.87°E

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		δ , км	K_p	h , км	δh , км
			φ° , N	λ° , E				
Форшоки								
1	15.02	20 05 49	39.63	54.17	10	7.9	7	1
2	04.03	19 55 21	39.59	54.23	15	8.5	39	3
3	02.04	02 19 37	39.63	54.12	10	8.2	20	0
4	23.06	21 16 55	39.70	54.22	5	8.9	16	1
5	24.06	10 25 00	39.36	54.70	15	8.7	5	1
6	11.07	02 22 17	39.46	54.14	5	8.1	8	1
7	13.07	05 12 19	39.51	54.00	5	8.0	9	1
8	11.08	22 21 59	39.67	54.17	10	9.2	6	1
Основной толчок								
9	12.08	07 49 07	39.70	54.32	15	11.8	24	3
Афтершоки								
10	12.08	07 52 14	39.76	54.22	10	10.1	8	0

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		δ , км	K_p	h , км	δh , км
			φ° , N	λ° , E				
11	12.08	21 28 43	39.36	54.22	25	7.6	45	4
12	13.08	20 23 22	39.65	54.02	10	8.4	27	1
13	24.08	00 21 38	39.31	54.77	5	9.4	19	2
14	25.08	15 29 16	39.79	54.24	10	8.6	12	0
15	31.08	11 54 49	39.74	54.11	10	8.0	7	0
16	22.09	18 51 23	39.54	54.87	5	9.9	9	1
17	27.09	16 42 11	39.80	54.28	15	9.3	11	1
18	27.09	18 34 51	39.52	54.02	25	8.8	34	6
19	13.10	14 30 28	39.50	54.69	10	8.1	2	0
20	16.10	01 39 45	39.68	54.28	5	7.8	36	2
21	29.10	00 29 41	39.44	54.66	5	8.6	20	1
22	16.11	00 12 36	39.04	54.77	5	8.1	14	2
23	23.12	12 17 21	39.38	54.14	10	7.7	17	0
24	25.12	19 05 08	39.35	54.62	15	8.4	26	3

Землетрясение с $K_p=9.7$ произошло на восточном побережье Каспийского моря (12 октября в 16^h32^m). Оно ощущалось с интенсивностью $I=3$ балла на расстояниях до 17 км в селениях Огунгкумы, Рыбаков, Кызылджакуи, Куули-маяк, Киянлы, расположенных в пределах песчаных структур вдоль западных границ Красноводского полуострова; $I=2-3$ балла – в Дарта, Казахаул (37–38 км) и $I=2$ балла – в Туркменбаши (45 км) на северном побережье Красноводского залива [8].

Эльбурский район (№ 2). На границе Балхано-Каспийского и Эльбурского районов, в зоне Шахманского разлома, 15 ноября в 08^h27^m произошло землетрясение с $K_p=10.6$, вызвавшее сотрясения в селениях Мадау (40 км) $I=3$ балла, Бугдайлы (45 км) – 2–3 балла; Кызылбаир (70 км) – 2 балла. Глубина его очага по макросейсмическим данным ($h_{юм}=10$ км, $h_1=9$ км) хорошо согласуется с инструментальной ($h_{и}=7 \pm 2$ км) (табл. 4). Землетрясение 15 ноября продолжило описанную выше миграцию эпицентров землетрясений в южном направлении (рис. 5, 6). Надо отметить, что землетрясения подобной энергии – довольно редкое явление для этого района Западно-Туркменской низменности. Землетрясение сопровождалось несколькими афтершоками с $K_p=8-9$, произошедшими в ноябре.

Всего через четыре дня, 19 ноября в 04^h40^m, на продолжении линии миграции эпицентров землетрясений в южном направлении, на расстоянии 110 км от предыдущего очага, возникло максимальное землетрясение в районе с $K_p=12.8$, $I_0=5$ баллов (рис. 5, 6). Движение в его очаге произошло под действием сжимающих напряжений, ориентированных на север. Нодальная плоскость $NP1$ имеет северо-восточное простирание, $NP2$ – близширотна. Плоскость $NP1$ залегает более полого относительно плоскости $NP2$, их углы наклонов к горизонту составляют $DP=34^\circ$ и 64° [11]. Тип движения по обеим плоскостям – взброс, однако в движении по плоскости $NP1$ присутствует компонента левостороннего сдвига (рис. 7).

Спустя ровно одну неделю, 26 ноября в 04^h27^m, произошло близкое по величине ($K_p=12.4$) землетрясение в Иране (рис. 5), в г. Алибад ($\Delta=2-3$ км), где колебания почвы достигли по расчетным данным интенсивности $I_0^p=6$ баллов. В Туркменистане оно ощущалось с интенсивностью до 3–4 баллов [8].

В целом по Эльбурскому району сейсмическая активность, равная $A_{10}=0.069$, осталась на том же уровне, что и в 1998 г. [1], тогда как выделившаяся сейсмическая энергия возросла более чем на порядок.

В Туркмено-Хорасанском районе (№ 3) зарегистрировано пять ощутимых землетрясений. Три из них произошли на территории северного Ирана, в Мазендеранской провинции, два – в пределах Туркменистана. Максимальным ($K_p=12.8$) является землетрясение 11 августа в 11^h37^m в районе иранского г. Торбате Джам, на границе районов № 3 и № 4, но поскольку все последующие толчки сосредоточены в районе № 4 (Восточный Туркменистан), то это землетрясение будет обсуждаться при описании сейсмичности района № 4.

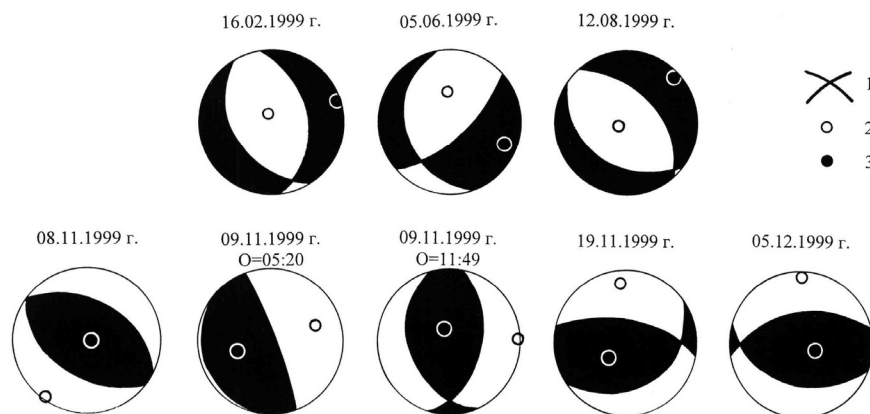


Рис. 7. Механизмы очагов землетрясений, добавленных в редколлегии [11]

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

На территории района № 3 в 1999 г. большинство землетрясений сконцентрировались в зоне Боджнурдского землетрясения 04.02.1997 г. с $MS=6.6$ [7] (рис. 3, 8), причем на юге этой зоны наиболее значительные сейсмические события произошли 24 января в 08^h55^m с $K_p=10.4$, 16 февраля в 19^h20^m с $K_p=11.8$, 14 марта в 20^h32^m с $K_p=10.9$.

Первое из них реализовалось в 50 км к северо–северо-западу от Боджнурдского землетрясения, в приграничном районе Туркменистана с очагом на территории Ирана (рис. 2, 8), где оно ощущалось с интенсивностью до 5–6 баллов в Иране, а в Туркменистане – до 5 баллов.

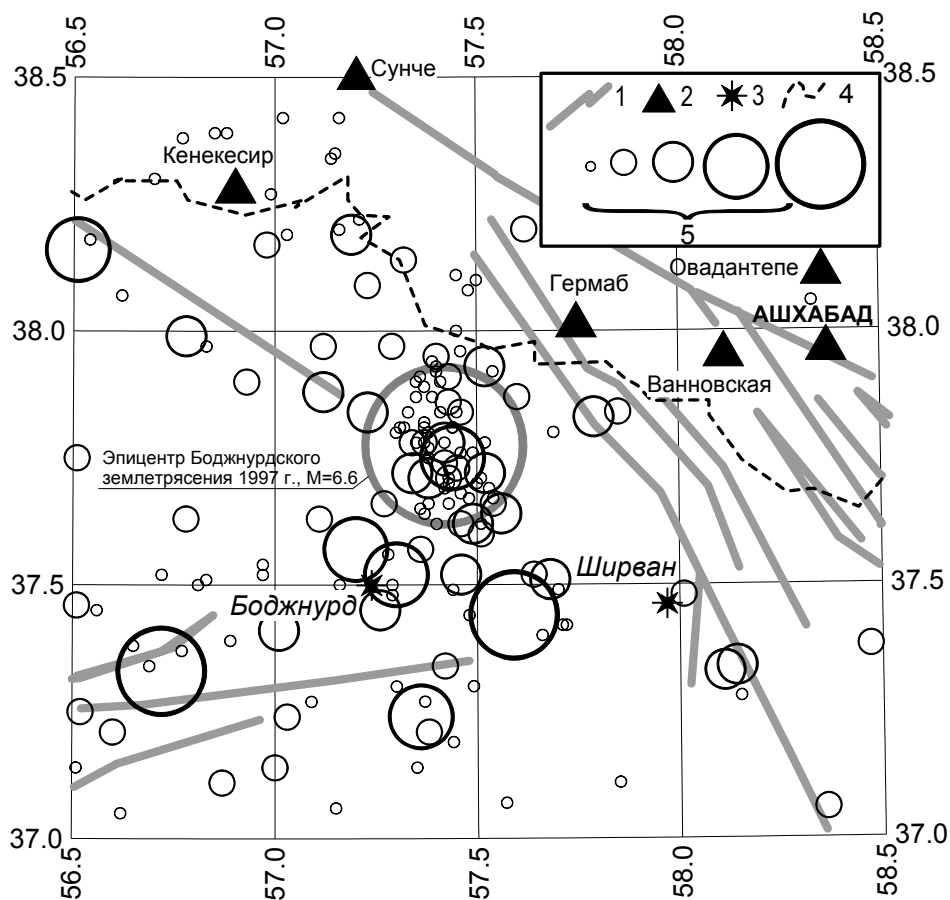


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений Боджнурдской очаговой зоны за 1999 г.

1 – разлом; 2 – сейсмическая станция; 3 – город; 4 – государственная граница; 5 – энергетические классы $K_p=8-12$.

Землетрясение 16 февраля локализовано в Иране, между гг. Боджнурд и Ширван (рис. 8). В г. Боджнурд, удаленном от эпицентра на 30 км, землетрясение ощущалось с интенсивностью 5 баллов, в г. Ширван (35 км) – 4–5 баллов. В Туркменистане оно проявилось в приграничных селениях с интенсивностью до 3 баллов. Глубина очага по макросейсмическим данным ($h_{\text{юм}}=9$ км, $h_1=8$ км) хорошо согласуется с инструментальным определением: $h_{\text{и}}=9\pm 2$ км. Согласно [11], в его очаге реализовалась подвижка типа надвиг по обеим нодальным плоскостям, но с компонентой правого сдвига по наклонной плоскости $NP1$ северо-западного простирания, или с компонентой левого сдвига по наклонной нодальной плоскости $NP2$ меридионального простирания. Этому землетрясению предшествовали четыре форшока: 10 февраля в $07^{\text{h}}26^{\text{m}}$ с $K_p=9.8$; 11 февраля в $06^{\text{h}}08^{\text{m}}$ и в $06^{\text{h}}33^{\text{m}}$ с $K_p=10.3$ и 8.6 соответственно; 14 февраля в $09^{\text{h}}06^{\text{m}}$ с $K_p=9.6$. После основного толчка последовали афтершоки: 20 февраля в $18^{\text{h}}56^{\text{m}}$ с $K_p=9.5$, 26 февраля в $01^{\text{h}}32^{\text{m}}$ с $K_p=8.7$ и 24 апреля в $09^{\text{h}}22^{\text{m}}$ с $K_p=11.5$.

Третье землетрясение, 14 марта, произошло также в Иране, вызвав сотрясения в 6 баллов в Карпишли, Хесарче (5 км) и 5–6 баллов в Эгреккая, Дуюлен (10–12 км). В Туркменистане оно ощущалось в приграничных селениях Кара-Калинского этрапа (района) с интенсивностью от 3 до 4 баллов [8]. Всего через 11 минут после основного толчка (в $20^{\text{h}}33^{\text{m}}$) возник афтершок с $K_p=10.2$.

Еще несколько землетрясений с $K_p=11$ –12 отмечено южнее и юго-западнее Боджнурдской очаговой зоны: 5 апреля в $16^{\text{h}}20^{\text{m}}$ и $17^{\text{h}}04^{\text{m}}$ с $K_p=10.7$ и 10.9 соответственно; 24 апреля в $09^{\text{h}}22^{\text{m}}$ с $K_p=11.5$; 5 июня в $07^{\text{h}}15^{\text{m}}$ с $K_p=11.6$ [8]. Для последнего из них определен механизм очага (рис. 7, [11]). Его первая нодальная плоскость – наклонная и ориентирована субмеридионально. Подвижка по ней представляет собой надвиг с компонентой правостороннего сдвига. Ориентация второй, близвертикальной, плоскости северо-восточного простирания согласуется с положением существующего в месте очага разлома (рис. 8). Подвижка по ней характеризуется взбросом с компонентой левостороннего сдвига. 23 июня в $15^{\text{h}}00^{\text{m}}$ непосредственно в очаге Боджнурдского землетрясения 1997 г. произошел толчок с $K_p=10.8$.

На территории Туркменистана небольшое, но ощутимое землетрясение произошло 17 февраля в $03^{\text{h}}43^{\text{m}}$ с $K_p=10.0$, $I_0=4$ –5 баллов. Его очаг залегал в 60 км к западу от Кара-Кала, юго-западнее хр. Кулмач. Оно вызвало сотрясения в 3 балла в Кызылбаир (20 км) и 2–3 балла в Оплегушлук (30 км), Терсакан (33 км), Карагач (40 км). Глубина очага, определенная по инструментальным данным, полностью совпадает с таковой по макросейсмическим данным: $h_{\text{и}}=h_{\text{юм}}=h_1=8$ км (табл. 4).

В целом сейсмическая активность на территории Туркмено-Хорасанского района в 1999 г. осталась на уровне, соответствующем таковому в 1998 г. [1].

На территории **Восточного Туркменистана (№ 4)** в 1999 г. отмечена необычная серия землетрясений с двумя главными событиями (табл. 8): 8 ноября в $21^{\text{h}}37^{\text{m}}$ ($K_p=12.8$, $h=44$ км, $I_0=5$ баллов) и 5 декабря в $13^{\text{h}}12^{\text{m}}$ ($K_p=12.9$, $h=42$ км, $I_0=5$ –6 баллов), произошедшими по обе стороны Туркмено-Иранской границы, в 130 и 65 км соответственно к югу от г. Серахс (рис. 9). Движение в их очагах произошло под действием сжимающих напряжений, ориентированных в юго-западном направлении для землетрясения 8 ноября и в северном – 5 декабря (рис. 7). Обе нодальные плоскости для первого из них имеют близкие простирания с северо-запада на юго-восток и близкие углы падения ($DP=43$ – 47°), для второго – обе нодальные плоскости имеют близширотное простирание с также близкими углами падения ($DP=41$ – 53°) [11]. Тип движения по обеим плоскостям для того и другого землетрясения – взброс.

Проанализировав все имеющиеся сведения о сейсмичности предшествующего периода с 765 г., представленные на рис. 10, можно констатировать, что на этой территории землетрясения подобной и даже на порядок меньшей энергии до сих пор не были известны.

Рассматривая рис. 10, можно отметить, что здесь отмечалась слабая сейсмическая активность на уровне землетрясений с $K_p=8$ –9 в феврале–марте 1999 г., причем все они произошли в западной части этого района. Затем наступило сейсмическое затишье, длившееся до основного толчка 8 ноября с $K_p=12.8$ (рис. 11).

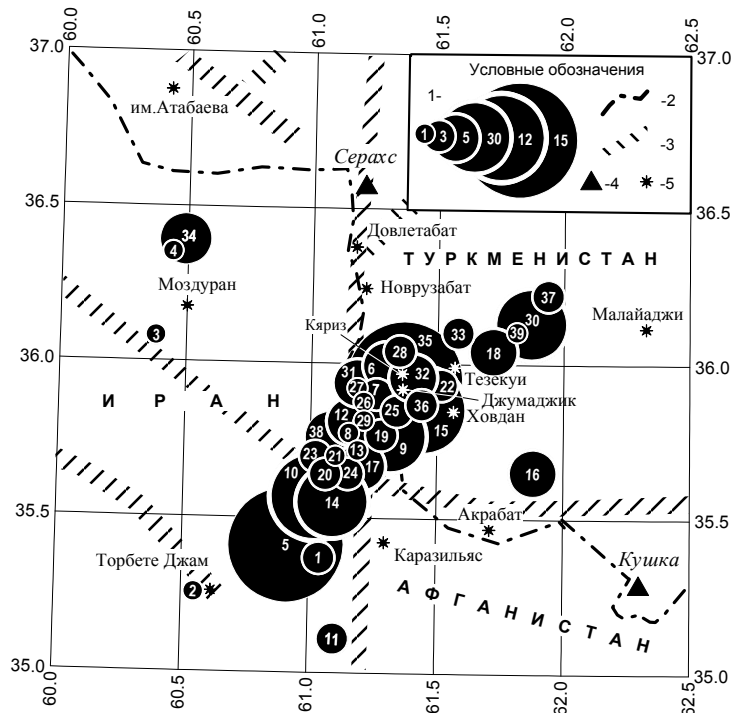


Рис. 9. Серия землетрясений в районе Серхеса (в пределах координат: $\varphi=35.0-37.0^\circ\text{N}$; $\lambda=60.0-62.5^\circ\text{E}$)

1 – энергетический класс; 2 – государственная граница; 3 – разлом; 4 – сейсмическая станция; 5 – город или поселок.

Таблица 8. Список землетрясений с $K_p \geq 7.6$ Серхеского района за 1999 г. в пределах координат: $\varphi=35.0-37.0^\circ\text{N}$, $\lambda=60.0-62.5^\circ\text{E}$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		δ , км	K_p	h , км	δh , км	№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		δ , км	K_p	h , км	δh , км
			φ°, N	λ°, E								φ°, N	λ°, E				
Форшоки																	
1	16.02	17 23 32	35.37	61.04	15	8.7	22	5	19	09.11	16 41 50	35.83	61.30	5	9.3	42	1
2	21.02	22 38 00	35.25	60.57	15	8.3	42	5	20	10.11	11 33 52	35.70	61.10	10	9.1		
3	13.03	06 30 05	36.08	60.38	10	8.2	31	9	21	10.11	20 23 22	35.70	61.10	10	8.4		
4	30.03	10 48 52	36.34	60.42	15	8.1	11	9	22	10.11	20 26 02	35.90	61.58	10	8.8	36	3
1-й толчок																	
5	08.11	21 37 21	35.41	60.91	5	12.8	44	6	23	11.11	04 35 52	35.70	61.10	10	9.3		
Афтершоки																	
6	08.11	22 16 23	35.96	61.37	5	10.3	2	1	24	11.11	04 47 29	35.70	61.10	10	8.9		
7	08.11	23 25 51	35.88	61.26	5	8.7	30	0	25	14.11	14 29 33	35.86	61.29	5	9.0	41	0
8	09.11	01 55 00	35.78	61.22	10	8.5	19	2	26	15.11	00 27 41	35.90	61.20	10	8.3		
9	09.11	04 11 16	35.82	61.34	15	11.1	42	3	27	16.11	23 21 08	35.90	61.20	10	8.5		
10	09.11	05 20 53*	35.57	61.02	5	11.9	19	4	28	17.11	04 55 46	35.98	61.36	15	8.9	18	2
11	09.11	06 05 51	35.11	61.10	15	8.6	21	4	29	24.11	00 14 09	35.80	61.20	5	8.5		
12	09.11	06 57 12	35.80	61.20	5	9.8			30	26.11	07 47 33	36.13	61.87	10	10.6	41	2
13	09.11	08 10 43	35.78	61.25	5	8.5	27	0	31	27.11	04 03 50	35.89	61.26	10	10.3	8	1
14	09.11	09 57 33	35.55	61.09	15	11.2	37	3	32	27.11	04 15 36	35.98	61.43	5	10.5	6	3
15	09.11	11 49 22*	35.87	61.34	15	12.0	42	3	33	30.11	22 36 10	36.10	61.58	5	9.0	15	2
16	09.11	12 03 19	35.65	61.88	5	10.1	42	4	34	03.12	16 28 35	36.39	60.49	5	9.8	11	2
17	09.11	13 31 22	35.77	61.18	15	10.5	42	3	2-й толчок								
18	09.11	16 14 09	36.04	61.72	5	9.6	29	4	35	05.12	13 12 33	35.95	61.37	5	12.9	42	3
									36	05.12	13 58 32	35.90	61.40	10	9.2		
									37	11.12	22 30 56	36.20	61.97	5	9.2	20	1
									38	12.12	13 02 16	35.77	61.16	5	10.5	42	5
									39	14.12	00 12 01	36.11	61.84	10	8.5	13	4

Примечание. Знаком * в графе 3 отмечены афтершоки, для которых имеются определения механизма их очагов [11].

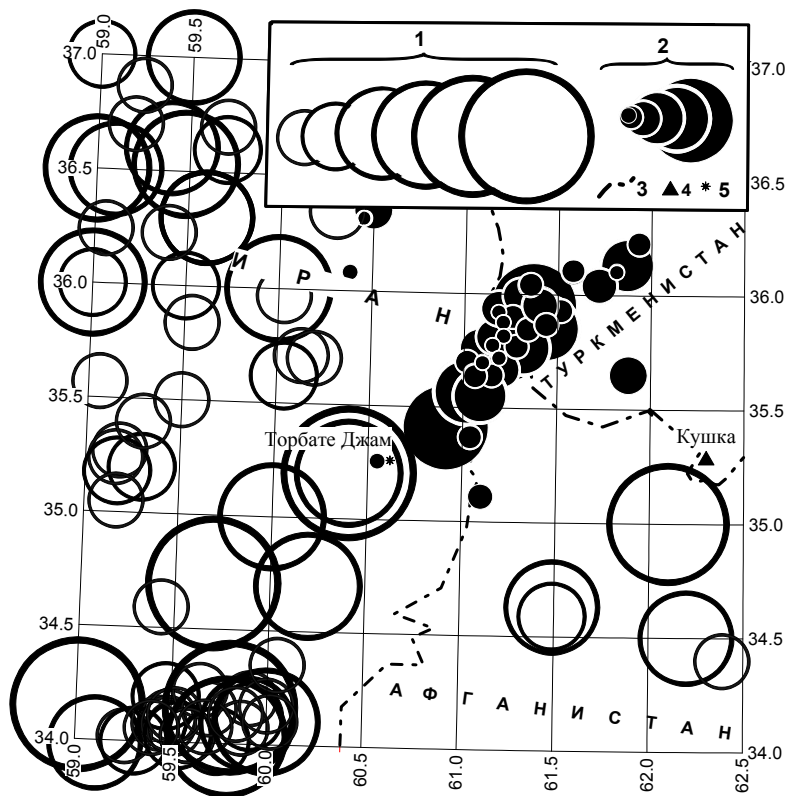


Рис. 10. Карта эпицентров землетрясений Серахского района за 765–1999 г.

1 – энергетический класс $K_p=12-17$ землетрясений за 765–1998 гг.; 2 – энергетический класс $K_p=8-13$ землетрясений за 1999 г.; 3 – государственная граница; 4 – сейсмическая станция; 5 – город

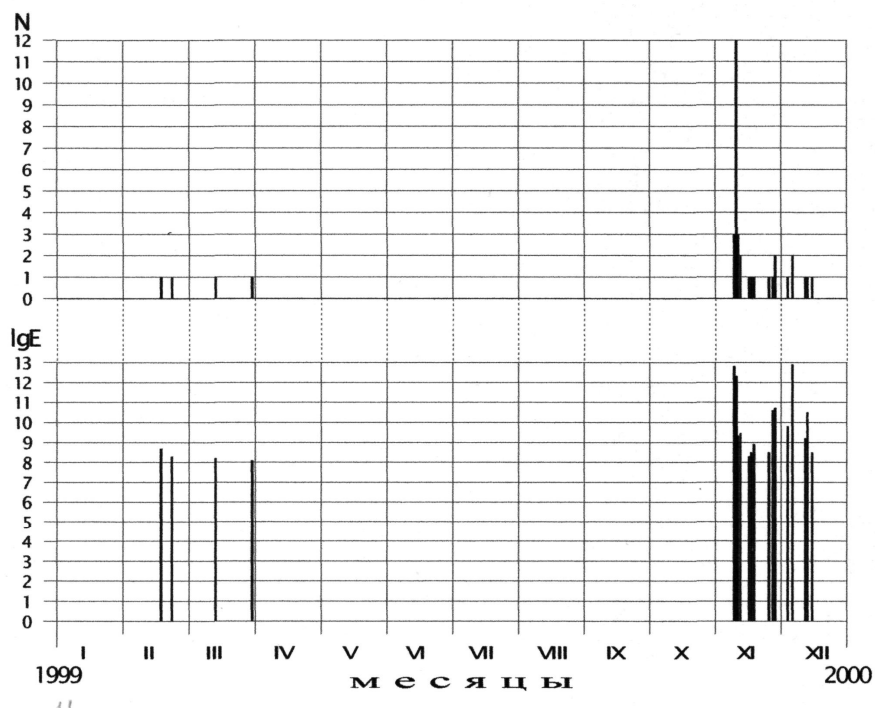


Рис. 11. Ежесуточное распределение числа N землетрясений и логарифма выделившейся в их очагах суммарной энергии $lg\Sigma E$ в Серахском районе за 1999 г.

Землетрясение 8 ноября реализовалось в 30 км к северо-западу от иранского г. Торбете Джам, где сотрясения ощущались с интенсивностью 5 баллов. В Туркменистане сотрясения достигли 4 баллов [8]. Инструментальная глубина его очага равна $h_{и}=44\pm 6$ км, а макросейсмическая – $h_{юм}=32$ км, $h_1=25$ км (табл. 4). После основного толчка последовала серия афтершоков, зарегистрированных в ноябре, четыре из которых имели энергию $K_p=11.1-11.9$; шесть – 10.1–10.6. Последовавший непосредственно после основного толчка, в 22^h16^m, афтершок с $K_p=10.3$ произошел в 75 км к северо-востоку от него, вблизи туркменского пос. Кяриз (рис. 9), обозначив место подготовки второго главного толчка 5 декабря (35 в табл. 8 и на рис. 9). Следующие сейсмические события (7–32 в табл. 8 и на рис. 9) постепенно заполняли пространство между эпицентрами землетрясений (5) и (35), а несколько событий (18, 30, 33) продлили эту зону дальше к северо-востоку. Спустя менее суток после толчка (5), 9 ноября в 11^h49^m, произошел самый сильный афтершок с $K_p=12.0$ (15), очаг которого расположен в 10 км к югу от (35). Он ощущался с интенсивностью до 5 баллов [8].

Для двух афтершоков, произошедших 9 ноября в 05^h20^m и 11^h49^m, в [11] даны параметры механизмов их очагов. В очаге первого из них движение произошло под действием как сжимающих, так и растягивающих напряжений, ось сжатия ориентирована в направлении северо-восток–восток, ось растяжения – на юго-запад–запад. Обе нодальные плоскости имеют близкие простирания с северо-запада на юго-восток. Одна из нодальных плоскостей ($NP1$) залегает полого, другая ($NP2$) имеет крутое падение. Тип движения по крутой плоскости – взброс, по пологой – надвиг. Движение в очаге второго афтершока произошло под действием напряжений сжатия, ориентированных на восток. Обе нодальные плоскости имеют близкимеридиональное простирание и близкие углы падения ($DP=43-51^\circ$) и подвижку типа взброс, как и в случае землетрясения 8 ноября.

Хотя значительная удаленность землетрясений (15, 35) и ряда других от первого основного толчка (5) с $K_p=12.8$ вызывает сомнение в принадлежности их к афтершоковой зоне этого землетрясения, тем не менее можно считать их или афтершоками землетрясения (5), или форшоками произошедшего через три недели землетрясения (35) с классом энергии $K_p=12.9$. Землетрясение (35) локализовано вблизи эпицентра ощутимого землетрясения (15) и ощущалось в тех же селениях, что и (15). После него отмечено четыре афтершока с $K_p=8.5-10.5$.

Можно предположить, что серия землетрясений, произошедших в Серахском районе в 1999 г., представляет собой дискретные акты единого процесса разрывообразования вдоль разрывной структуры северо-восточного простирания, которой, однако, нет на тектонических картах. Это предположение поддерживают и исторические сведения о сейсмичности, а именно, локализация эпицентров сильных землетрясений вдоль линейной зоны северо-восточного простирания, совпадающей с ориентацией афтершоковой зоны землетрясений 1999 г. (рис. 10). К сожалению, Серахский район слабо населен, поэтому макросейсмических данных недостаточно для точного оконтуривания первой изосейсты, как недостаточно данных и для построения механизма очагов, которые позволили бы уточнить положение плоскостей разрывов в очагах землетрясений.

На части территории района № 4, в Узбекистане (рис. 2), зарегистрировано сильное землетрясение с $K_p=13.6$, произошедшее 31 октября в 17^h09^m. Его эпицентр расположен на западе Гиссарского хребта. Движение в его очаге 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 [11]. Тип движения по обеим плоскостям – взброс с элементами сдвига правостороннего по $NP1$ и левостороннего – по $NP2$. Землетрясение ощущалось в Узбекистане, в Камаше (25 км) с интенсивностью 5 баллов и в Карши (80 км) – 4 балла; в Туркменистане сотрясения были меньшей интенсивности [8]. Из-за значительной глубины залегания очага ($h_{и}=41\pm 1$ км, $h_{юм}=40$ км, $h_1=35$ км) землетрясение имело большую область распространения сотрясений (Керки, 165 км), хотя интенсивность его по расчетным данным составила лишь $I_0=5$ баллов. Оно сопровождалось серией афтершоков (рис. 2), проявление которых длилось до конца года (табл. 9), причем в течение первых 12 дней произошло 28 толчков различных энергетических классов, из которых три имели $K_p\div 11$ и столько же с $K_p\div 10$. После сильного ($K_p=11.5$) афтершока 11 ноября в 10^h21^m наступило 50-дневное сейсмическое затишье, прерванное толчком с $K_p=9.9$, реализовавшимся 31 декабря.

Таблица 9. Список афтершоков с $K_p \geq 7.6$ Каршинского землетрясения 31 октября в 17^h09^m с $K_p=13.6$ в радиусе 70 км от его эпицентра

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		δ , км	K_p	h , км	δh , км
			φ° , N	λ° , E				
1	31.10	17 09 06	38.76	66.70	50	13.6	41	1
2	31.10	17 20 32	38.70	66.50	10	8.5		
3	31.10	17 21 48	38.70	66.50	10	8.2		
4	31.10	19 00 14	38.66	66.47	10	8.3	3	18
5	31.10	19 05 18	38.70	66.50	>50	8.9		
6	31.10	19 49 50	38.60	66.72	25	8.2	5	8
7	31.10	20 39 44	38.61	66.62	10	9.3	12	1
8	01.11	01 37 51	38.50	66.50	50	8.4		
9	01.11	03 18 23	38.50	66.40	50	9.7		
10	01.11	06 31 52	38.50	66.40	50	8.1		
11	01.11	06 38 47	38.50	66.40	50	8.5		
12	01.11	08 26 40	38.50	66.40	50	8.0		
13	01.11	09 43 20	38.50	66.40	50	7.7		
14	01.11	10 29 22	38.58	66.44	10	10.4	17	0
15	01.11	14 05 30	38.51	66.95	50	11.0	3	7
16	01.11	17 28 56	38.75	66.11	25	10.5	9	4
17	02.11	07 38 31	38.56	66.65	15	9.3	5	3
18	02.11	14 39 24	38.41	66.56	10	9.3	14	0
19	02.11	20 37 47	38.56	66.62	15	9.4	5	3
20	03.11	15 27 30	38.50	66.70	10	9.3	4	0
21	10.11	17 34 20	38.65	66.09	15	11.0		
22	11.11	01 26 02	38.70	66.50	50	8.2		
23	11.11	02 25 11	38.70	66.54	10	8.2	40	1
24	11.11	05 12 18	38.56	66.35	10	8.3	39	0
25	11.11	06 26 29	38.56	66.34	10	8.1	22	1
26	11.11	06 46 51	38.63	66.48	10	8.5	23	0
27	11.11	07 04 47	38.51	66.51	10	8.1	15	0
28	11.11	09 22 29	38.62	66.22	10	8.0	15	0
29	11.11	10 21 53	38.90	66.59	25	11.5	20	7
30	31.12	02 42 53	38.81	66.65	10	9.9	42	8

В целом по Копетдагу сейсмическая активность в 1999 г. повысилась ($A_{10}=0.057$), по сравнению с таковой в 1998 г. ($A_{10}=0.043$ [1]), при одновременном падении параметра γ с 0.57 до 0.44, отражая повышение числа толчков старших классов ($K_p=10\div 14$) и снижение слабой сейсмичности. Обращает на себя внимание активизация сейсмичности в исторически слабо-сейсмичных областях территории Туркменистана – в центральной части Западно-Туркменской низменности и в Серахском районе.

Л и т е р а т у р а

1. Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ФОП, 2004. – С. 70–82.
2. Рахимов А.Р., Славина Л.Б. Региональный годограф Копетдагской сейсмической зоны // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1984. – № 3. – С. 31–38.
3. Абасеев С.С. Решение задачи гипоцентрии с учетом горизонтальной неоднородности среды и произвольного расположения точек приема относительно источника // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1991. – № 6. – С. 34–42.
4. 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.
5. Рахимов А.Р., Соловьёва О.Н., Арбузова Г.Н. Определение магнитуды землетрясений Туркмении на эпицентральных расстояниях до 400 км // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1983. – № 5. – С. 61–65.

6. Голинский Г.Л. Уравнения макросейсмического поля землетрясений Туркмении // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1977. – № 1. – С. 69–74.
7. Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Ильясов Б.И., Мурадов Ч.М., Рахимов А.Р., Безменова Л.В., Гарагозов Д., Ходжаев А., Баймурадов К., Рахманова М.С. Боджнурдское землетрясение 4 февраля 1997 года с $MS=6.6$, $I_0=8$ (Копетдаг) // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 199–218.
8. Сарыева Г.Ч., Рахимов А.Р., Голинский Г.Л. (отв. сост.), Тачов Б., Мамедязова М.Т., Халлаева А.Т., Коржукова Т.А., Таджиева Ш.К., Дурасова И.А., Клычева Э.Р., Эсенова А., Петрова Н.В. Копетдаг. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб.).
9. Гаипов Б.Н., Воронцова Э.С., Голинский Г.Л., Мурадов Ч., Петрова Н.В., Рахимов А.Р., Абасев С.С. Национальная карта сейсмического районирования Туркменистана // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Ашхабадского землетрясения. Тезисы докладов. – Ашхабад: ИС при КМТ, 1999. – С. 43–65.
10. Голинский Г.Л., Мурадов Ч.М., Рахимов А.Р. Дюзмергенское землетрясение 19 июля 1996 года, $MS=4.1$, $I_0=5-6$ (Копетдаг) // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 190–197.
11. Аннаорозова Т.А., Безменова Л.В., Чепкунас Л.С., Михайлова Р.С. (отв. сост.). Копетдаг. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
12. Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 43–51.