

КОПЕТДАГ

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

В 1997 г. сеть сейсмических станций Туркменистана не изменилась по сравнению с таковой в 1996 г. [1]: она насчитывала 23 стационарных сейсмических станции, обеспечивая энергетическую представительность регистрируемых землетрясений с $K_{min}=9$ в Балхано-Каспийском, Туркмено-Хорасанском и Центральном-Каракумском районах, с $K_{min}=9-10$ в Эльбурском районе и с $K_{min}=10$ в Восточном Туркменистане (табл. 1). На территории наибольшей плотности расположения сейсмических станций, от Кизыларвата до Каушута, обеспечивалась представительная регистрация землетрясений с $K_{min}=8$ (рис. 1). Список сейсмоактивных районов, на которые разделен регион для удобства описания сейсмичности, приведен в табл. 1 с указанием их границ и площадей.

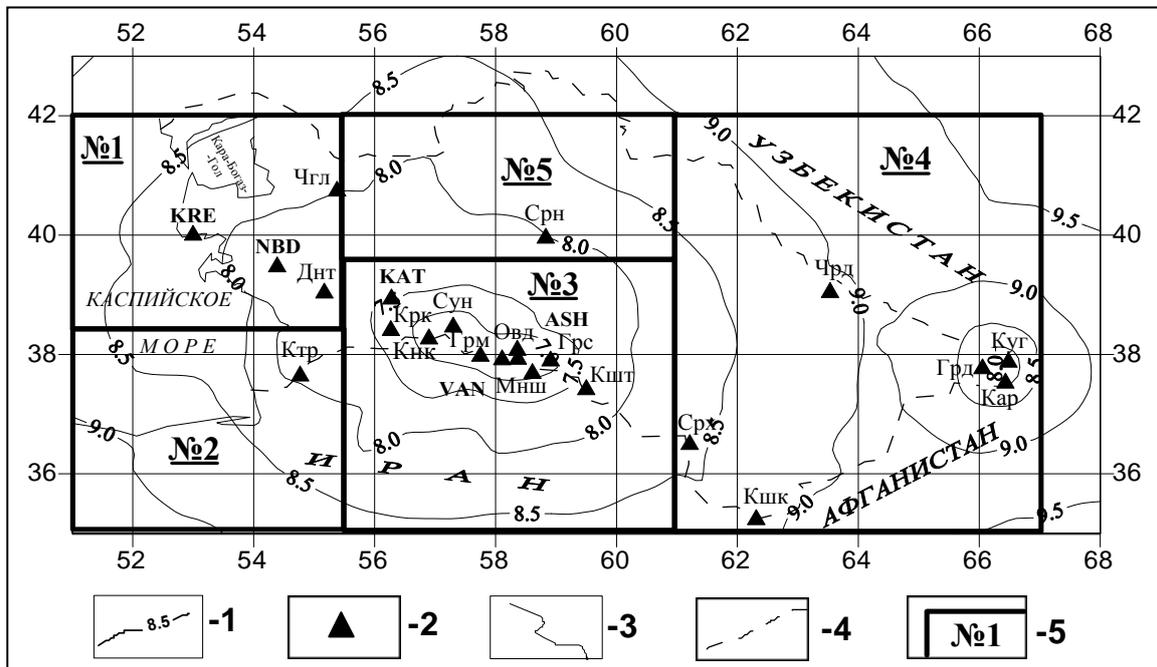


Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений Копетдага по данным наблюдений в 1997 г.

1 – изолиния K_{min} ; 2 – сейсмическая станция; 3 – контуры Каспийского моря; 4 – государственная граница; 5 – границы района.

Таблица 1. Сейсмоактивные районы Копетдага и уровень энергетической представительности K_{min} в их пределах

№	Район	$S \cdot 10^3, \text{ км}^2$	$(\varphi_1^\circ - \varphi_2^\circ), \text{ N}$	$(\lambda_1^\circ - \lambda_2^\circ), \text{ E}$	K_{min}
1	Балхано-Каспийский	150	38.5–42.0	51.0–55.5	9
2	Эльбурский	155	35.0–38.5	51.0–55.5	9–10
3	Туркмено-Хорасанский	242	35.0–39.5	55.5–61.0	9
4	Восточный Туркменистан	405	35.0–42.0	61.0–67.0	10
5	Центрально-Каракумский	130	39.5–42.0	55.5–61.0	9
	КОПЕТДАГ	1082	35.0–42.0	51.0–67.0	10

Методы обработки зарегистрированных землетрясений также не изменились. Определение кинематических параметров землетрясений региона выполнялось на основе региональных блочных годографов [2] с помощью программы LOCTRY [3], энергетического класса K_p – по

палетке Раутиан [4], магнитуды M_{PVA} – по [5]. Макросейсмические характеристики ощутимых землетрясений оценивались на основе уравнения макросейсмического поля, полученного для условий Туркменистана [6]:

$$I_0 = 1.5 M - 3.8 \lg h + 3.5 \quad (1).$$

Степень интенсивности сотрясений I_i в обследованных населенных пунктах Туркменистана определялась по шкале MSK-64 [7]. Для четырех землетрясений региона определены механизмы очагов [8]. Каталог землетрясений Копетдага с $K_p \geq 8.6$ за 1997 г. [9] содержит 690 землетрясений в пределах указанных в табл. 1 границ региона и три события вне этих границ, которые не анализируются.

В 1997 г. отмечено максимальное годовое число землетрясений, начиная с 1947 г. – момента начала инструментальных наблюдений в Туркменистане. Если обычно общее число сейсмических событий за год в целом по Копетдагу не превышало 3000, то в 1997 г. обработано 11911 землетрясений, 693 из которых имеют $K_p \geq 8.6$ (табл. 2, рис. 2). При этом выделившаяся сейсмическая энергия, равная $\Sigma E = 4.1 \cdot 10^{15}$ Дж, максимальна за последние 10 лет. Сейсмическая активность региона в целом повысилась до $A_{10} = 0.14$ (табл. 3), по сравнению с $A_{10} = 0.035$ в 1996 г. [1].

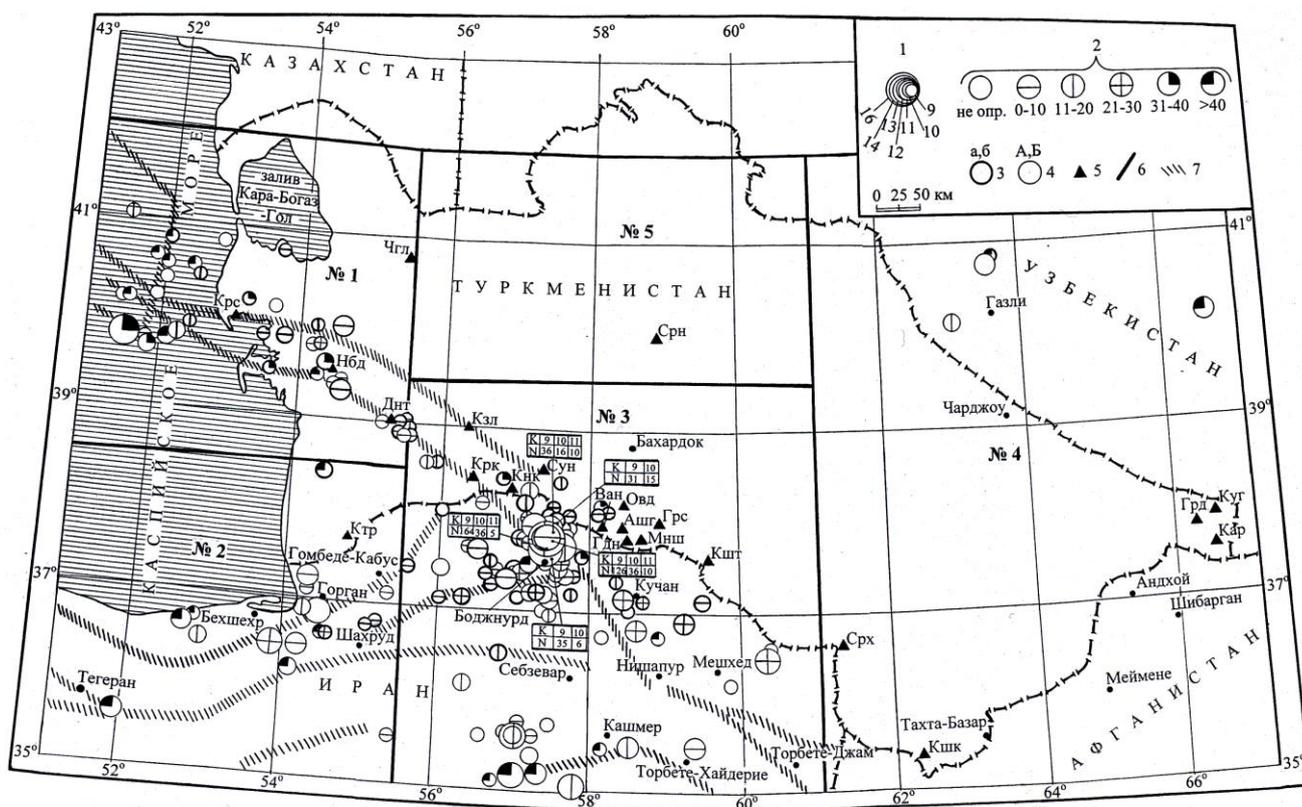


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Копетдага за 1997 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3,4 – точность определения эпицентра: ≤ 10 км и ≤ 50 км, соответственно; 5 – сейсмическая станция, 6 – граница сейсмоактивного района; 7 – глубинный разлом.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в 1992-1997 гг. в границах всего Копетдага

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

Высокий уровень сейсмической активности и выделившейся в 1997 г. энергии по Копетдагу в целом и по Туркмено-Хорасанскому району в частности (табл. 2,3) связаны с землетрясением с $M_S=6.6$, происшедшим 4 февраля в 10^h37^m в 25 км севернее иранского г. Боджнурд. Число афтершоков Боджнурдского землетрясения в несколько раз превысило общее число землетрясений, зарегистрированных на остальной территории региона. Сведения об этом землетрясении, включая макросейсмические данные, анализ предшествующей сейсмичности и афтершоковой деятельности, даны в отдельной статье наст. сб. [10]. Всего на территории Копетдага произошло 33 ощутимых землетрясений (рис. 3, [9]).

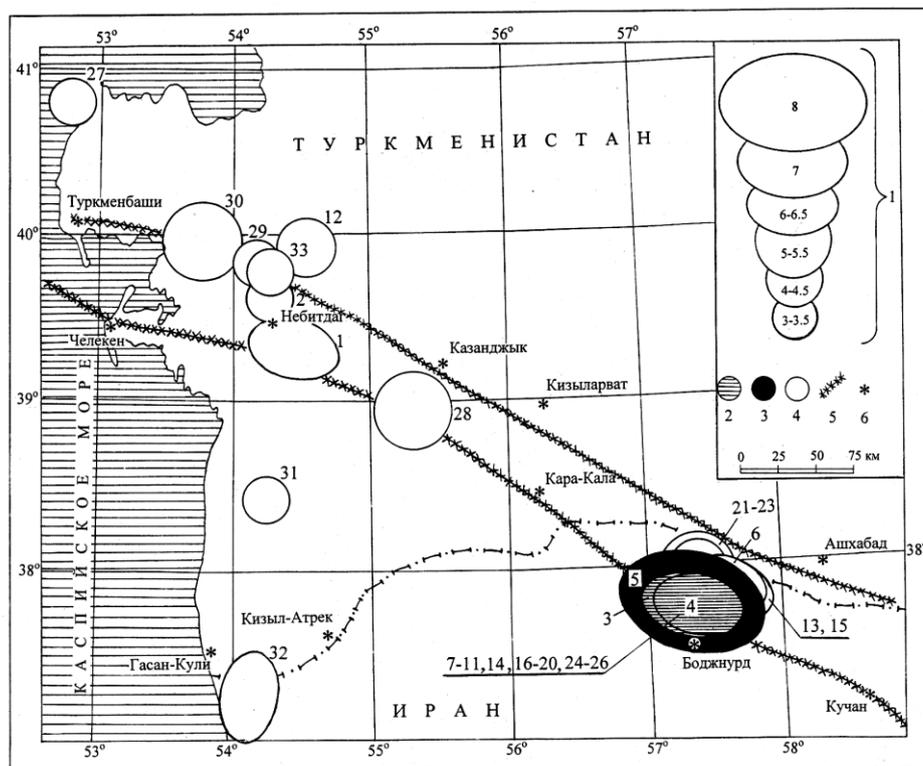


Рис. 3. Схема расположения очагов ощутимых в 1997 г. землетрясений Копетдага

1 – интенсивность в эпицентре I_0 , баллы; 2-4 – форшок, основной толчок и афтершок Боджнурдского землетрясения, соответственно, 5 – глубинный разлом; 6- населенный пункт.

Числа внутри схематических очагов соответствуют номерам сносок ощутимых землетрясений в графе 14 каталога землетрясений [9].

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p , суммарная энергия ΣE и параметры сейсмического режима A_{10} и γ по районам

№	Район	K_p								N_{Σ}	$\Sigma E * 10^{12}$, Дж	γ	ΔK	A_{10}
		9	10	11	12	13	14	15	16					
1	Балхано-Каспийский	32	7	2	-	1	-	-	-	42	4.38	0.60	9-11	0.05
2	Эльбурский	8	4	4	2	-	-	-	-	18	3.82	-	-	-
3	Туркмено-Хорасанский	441	127	49	7	1	1	-	1	627	4094.0	0.58	9-14	0.50
4	Восточный Туркменистан	1	1	2	-	-	-	-	-	4	0.57	-	-	-
5	Центрально-Каракумский	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	КОПЕТДАГ	482	139	57	9	2	1	-	1	691	4102.8	0.57	10-14	0.14

На рис. 4 показаны графики повторяемости за 1997 г. для Балхано-Каспийского, Туркмено-Хорасанского районов и Копетдага в целом, на основании которых определены представленные в табл. 3 параметры сейсмического режима A_{10} и γ . При этом в правой части графиков не принимались во внимание сильные землетрясения с $K_p=13$ и $K_p=16$, соответственно, для которых период повторения выше 1 года ($T_{K=13}=5$ лет, $T_{K=16}=40$ лет). Приведенные в табл. 3 параметры сейсмического режима указывают на существенное повышение в 1997 г. сейсмической активности

в Туркмено-Хорасанском районе и Копетдаге в целом при понижении ее в Балхано-Каспийском и Эльбурском районах по сравнению с аналогичными данными за 1996 г. [1]. Ниже рассматриваются вкратце сейсмические процессы в каждом из пяти районов.

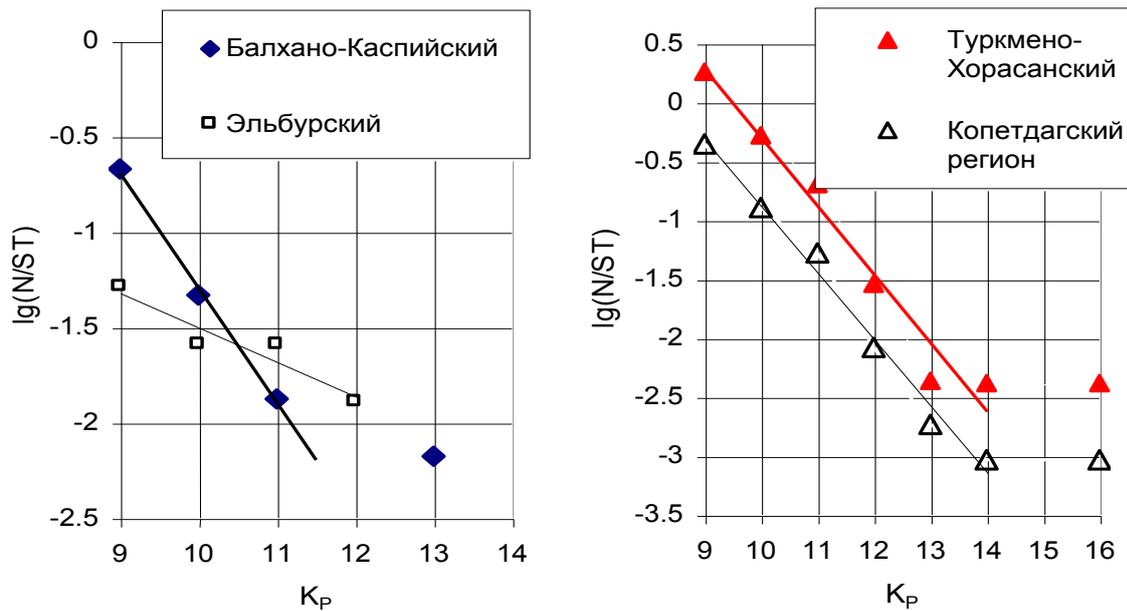


Рис. 4. Графики повторяемости землетрясений отдельных районов и региона в целом (табл. 4)

В Балхано-Каспийском районе (№1) в 1997 г. продолжалось относительное сейсмическое затишье, наблюдавшееся с 1994 г. [1,11,12]. Максимумы выделившейся сейсмической энергии приходятся на январь и май месяцы, а максимумы числа землетрясений – на январь и июнь (рис. 5).

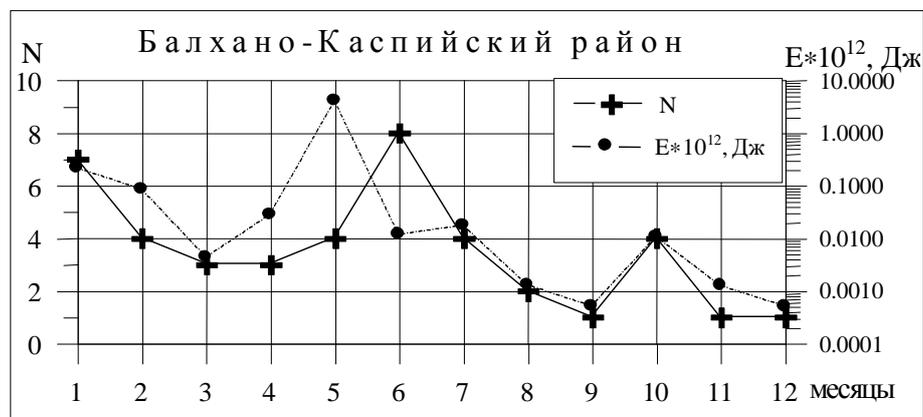


Рис. 5. Месячные числа землетрясений с $K_p \geq 8.6$ и выделившаяся суммарная сейсмическая энергия ΣE на территории Балхано-Каспийского района в 1997 г.

Январский максимум выделившейся сейсмической энергии связан, в первую очередь, с землетрясением с $K_p=11.3$, происшедшим 11 января в $13^{\text{h}}32^{\text{m}}$ северо-западнее Гумдага (рис. 3,6), в зоне западного крыла Внутрикопетдагского (Челекен-Апшеронского) разлома. По сообщению заведующего сейсмической станцией "Небитдаг" К. Байрамова оно ощущалось в Гумдаге (12 км) с интенсивностью 5-6 баллов [9]. В селениях, расположенных в эпицентральной зоне, интенсивность сотрясений составила: на ж/д разъезде №121 (13 км) 5-6 баллов, в Балла-Ишеме (15 км) 5 баллов, в Балаишеме и Куйджике (20 км) 4-5 баллов, в Айдине (30 км) до 4 баллов. На расстояниях до 45 км землетрясение имело интенсивность 3-4 балла [9]. Это землетрясение предварялось форшоком (3 января в $09^{\text{h}}18^{\text{m}}$ с $K_p=8.6$) и сопровождалось рядом афтершоков, максимальный из которых имеет энергетический класс $K_p=8.8$. К концу месяца наметилась миграция эпицентров слабых землетрясений из района Гумдага на северо-запад, в район Небитдага, где 28 января в $04^{\text{h}}18^{\text{m}}$ произошло землетрясение с $K_p=9.8$, вызвавшее в Джебеле (7 км) слабые колебания в 3 балла, в Небитдаге (13 км) – 2-3 балла. Несколько эпицентров землетрясений с $K_p=9$ возникло в январе в акватории Каспийского моря.

4 февраля в 17^h26^m в районе северного склона Большого Балхана произошло ощутимое (3-4 балла) землетрясение с $K_p=10.9$, которое не имело ни форшоков, ни афтершоков [9]. Трудно судить, существует ли связь между этим землетрясением и Боджнурдским ($M_S=6.6$), происшедшим всего за 7 часов до него на расстоянии более 300 км, а также могло ли какое-либо из этих событий спровоцировать рой из 11 слабых землетрясений с $K_p=5.5-8.5$, наблюдавшийся 13 февраля с 05^h25^m по 11^h01^m в районе хр. Карагёз (рис. 6). Центр роя имел координаты $\varphi=38.8^\circ N$, $\lambda=55.4^\circ E$. Отметим, что в июне и ноябре в районе хребтов Карагёз и Кюрендаг произошли еще 2 роя слабых землетрясений (табл. 5), причем центры тяжести роев неуклонно смещались на северо-запад (рис. 6).

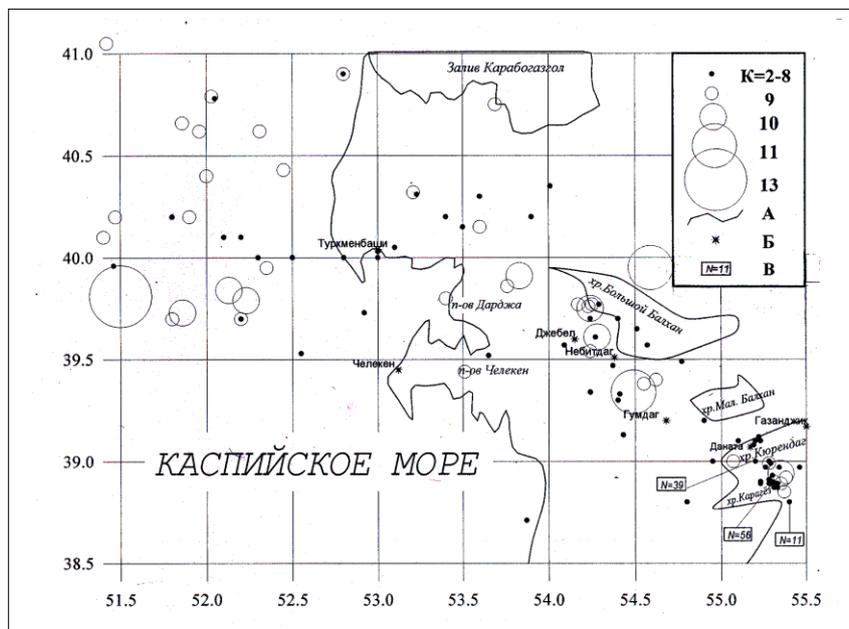


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений с $K_p=2-13$ территории Балхано-Каспийского района за 1997 г.

А – границы Каспийского моря и тектонических поднятий; Б – населенные пункты; В – число толчков N в рое.

Таблица 5. Каталоги землетрясений трех роев 1997 г. в районе хребтов Карагёз и Кюрендаг

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		δ , км	h, км	K_p
			φ°, N	λ°, E			
1	2	3	4	5	6	7	8
Рой №1							
1	13.02	05 25 42	38.80	55.40	50		8.5
2	13.02	05 29 49	38.80	55.40	50		6.3
3	13.02	05 31 00	38.80	55.40	50		5.8
4	13.02	05 34 51	38.80	55.40	50		5.5
5	13.02	05 36 01	38.80	55.40	50		6.5
6	13.02	05 37 53	38.80	55.40	50		6.7
7	13.02	05 38 23	38.80	55.40	50		6.1
8	13.02	05 46 50	38.80	55.40	50		6.1
9	13.02	08 28 18	38.80	55.40	50		7.9
10	13.02	09 47 21	38.80	55.40	50		7.4
11	13.02	11 01 09	38.80	55.40	50		7.6
Рой №2							
1	06.06.	20 48 15	38.99	55.29	5	6	8.2
2	07.06.	01 22 54	38.90	55.30	25		6.2
3	07.06.	19 36 29	38.89	55.35	15	3	8.6
4	07.06.	19 40 33	38.90	55.30	25		6.0
5	07.06.	19 40 34	38.90	55.30	25		6.7
6	07.06	19 41 11	38.90	55.30	25		6.5
7	07.06	19 42 52	38.90	55.30	25		5.6
8	07.06	19 43 13	38.90	55.30	25		7.0
9	07.06	19 43 49	38.90	55.30	25		6.4
10	07.06	19 45 19	38.90	55.30	25		7.1
11	07.06	19 45 49	38.89	55.29	10	2	8.0

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		δ , км	h, км	K_p
			φ°, N	λ°, E			
1	2	3	4	5	6	7	8
12	07.06	19 49 05	38.89	55.33	15	4	8.5
13	07.06	19 57 53	38.90	55.30	25		5.8
14	07.06	19 58 46	38.90	55.30	25		5.6
15	07.06	20 05 55	38.90	55.30	25		5.6
16	07.06	20 10 50	38.90	55.30	25		6.1
17	07.06	20 12 01	38.90	55.30	25		5.5
18	07.06	20 13 01	38.90	55.30	25		5.0
19	07.06	20 16 51	38.90	55.30	25		5.0
20	07.06	20 17 48	38.90	55.30	25		6.0
21	07.06	20 22 13	38.90	55.30	25		6.3
22	07.06	20 45 11	38.90	55.30	25		5.7
23	07.06	21 36 51	38.90	55.30	50		6.4
24	07.06	22 15 12	38.93	55.30	10	4	7.8
25	07.06	22 21 36	38.90	55.31	10	6	8.8
26	07.06	22 41 04	38.90	55.30	25		5.7
27	07.06	22 58 47	38.90	55.30	25		5.6
28	07.06	23 01 42	38.90	55.23	10	2	8.4
29	07.06	23 06 29	38.87	55.33	15	5	8.1
30	07.06	23 13 51	38.90	55.30	25		4.8
31	07.06	23 13 57	38.90	55.30	25		5.0
32	07.06	23 14 10	38.90	55.30	15		5.0
33	07.06	23 29 46	38.94	55.35	10	7	9.7
34	07.06	23 37 22	38.90	55.30	25		6.4
35	07.06	23 58 44	38.99	55.28	10	5	8.8
36	07.06	23 58 54	39.00	55.28	15	2	8.0

№	Дата, д м	t ₀ , ч мин с	Эпицентр		δ, км	h, км	K _p	№	Дата, д м	t ₀ , ч мин с	Эпицентр		δ, км	h, км	K _p
			φ°, N	λ°, E							φ°, N	λ°, E			
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
37	08.06	00 52 46	38.90	55.30	25		5.9	Рой №3							
38	08.06	01 15 10	38.87	55.31	10	6	7.8	1	20.11	04 08 04	39.00	55.20	25		4.0
39	08.06	01 37 55	38.90	55.30	25		6.4	2	20.11	04 17 54	39.00	55.20	25		4.3
40	08.06	04 02 10	38.90	55.30	25		5.3	3	20.11	05 32 32	39.00	55.20	25		4.0
41	08.06	05 54 09	38.90	55.30	25		6.0	4	20.11	06 19 09	39.00	55.20	25		4.3
42	08.06	05 56 40	38.89	55.28	10	10	8.2	5	20.11	06 24 14	39.10	55.10	25		6.9
43	08.06	07 43 35	38.90	55.30	25		5.6	6	20.11	06 42 44	39.00	55.20	25		4.5
44	08.06	08 06 17	38.90	55.30	25		5.6	7	20.11	07 56 47	39.00	55.20	25		4.3
45	08.06	08 11 55	38.92	55.38	10	12	8.7	8	20.11	09 10 39	39.00	55.20	25		3.0
46	08.06	08 12 43	38.90	55.30	25		6.0	9	20.11	15 18 18	39.00	55.20	25		4.0
47	08.06	08 15 37	38.90	55.30	25		4.6	10	20.11	16 09 01	39.00	55.20	15		4.0
48	08.06	08 17 08	38.90	55.30	25		6.1	11	20.11	16 27 18	39.00	55.20	25		4.0
49	08.06	08 20 22	38.90	55.30	25		5.3	12	20.11	16 27 47	39.00	55.20	15		4.0
50	08.06	08 43 11	38.90	55.30	50		6.5	13	20.11	16 28 02	39.00	55.20	25		4.9
51	08.06	08 43 13	38.97	55.34	5	1	7.6	14	20.11	16 28 41	39.00	55.20	25		4.0
52	08.06	08 50 04	38.89	55.32	15	5	8.1	15	20.11	16 29 28	39.00	55.20	25		4.0
53	08.06	08 52 20	38.97	55.46	25	5	8.4	16	20.11	17 00 05	39.00	55.20	25		2.0
54	08.06	08 54 28	38.85	55.37	15	5	8.9	17	20.11	17 24 36	39.00	55.20	25		4.0
55	08.06	08 55 06	38.90	55.30	15		7.7	18	20.11	17 35 11	39.00	55.20	15		4.0
56	08.06	08 57 06	38.90	55.30	25		5.0	19	20.11	17 35 46	39.00	55.20	25		3.0
57	08.06	08 57 54	38.89	55.23	5	14	8.0	20	20.11	17 44 40	39.00	55.20	25		4.0
58	08.06	09 04 11	38.90	55.30	25		5.8	21	20.11	18 14 22	39.00	55.20	25		4.0
59	08.06	09 05 41	38.90	55.30	25		4.4	22	20.11	18 21 31	39.00	55.20	25		3.0
60	08.06	09 14 48	38.90	55.30	25		6.0	23	20.11	18 45 26	39.00	55.20	15		4.0
61	08.06	09 18 31	38.90	55.30	25		5.3	24	20.11	18 53 36	39.00	55.20	25		4.0
62	08.06	09 30 27	38.90	55.30	15		4.6	25	20.11	19 37 48	39.00	55.20	25		4.0
63	08.06	09 34 59	38.90	55.30	25		5.8	26	20.11	23 40 15	39.00	55.20	15		4.0
64	08.06	09 38 51	38.90	55.30	25		6.5	27	20.11	23 43 18	39.00	55.20	25		4.0
65	08.06	09 56 16	38.90	55.30	15		5.3	28	20.11	23 45 30	39.00	55.07	25	12	9.1
66	08.06	10 23 13	38.90	55.30	25		6.5	29	21.11	00 03 52	39.00	55.20	10		4.0
67	08.06	11 05 29	38.91	55.28	5	9	8.1	30	21.11	00 33 37	39.00	55.20	10		3.0
68	08.06	12 48 03	38.90	55.30	25		5.3	31	21.11	00 36 57	39.00	55.20	15		4.0
69	08.06	16 39 11	38.90	55.30	25		5.0	32	21.11	01 13 43	39.00	55.20	15		3.0
70	08.06	18 53 26	38.90	55.30	50		5.4	33	21.11	02 12 53	39.00	55.20	25		4.0
71	09.06	04 21 52	38.90	55.30	15		5.3	34	22.11	19 00 30	39.00	55.20	15		4.6
72	09.06	07 54 00	38.90	55.30	15		8.3	35	22.11	19 01 04	39.00	55.20	15		3.0
73	09.06	09 24 44	38.90	55.30	15		5.5	36	22.11	19 08 38	39.00	55.20	15		4.5
74	09.06	09 39 24	38.90	55.30	15		5.0	37	22.11	19 12 33	39.00	55.20	15		4.7
75	10.06	23 11 20	38.90	55.30	25		5.5	38	22.11	19 15 06	39.00	55.20	15		4.0
76	11.06	11 52 24	38.90	55.30	50		6.2	39	22.11	19 58 05	39.00	55.20	15		5.1
77	13.06	16 01 20	39.10	55.20	25		3.4	40	22.11	20 11 00	39.00	55.20	25		4.8
78	20.06	06 28 30	38.90	55.30	5		4.9	41	22.11	22 03 17	39.00	55.20	25		4.0

Максимум выделившейся сейсмической энергии в мае (рис. 5) связан с землетрясением 7 мая в 16^h16^m с K_p=12.6 в акватории Каспийского моря (рис. 6). Оно предварялось двумя форшоками (30 апреля в 03^h46^m с K_p=10.4, 6 мая в 15^h34^m с K_p=10.2) и сопровождалось рядом афтершоков, максимальный из которых (K_p=9.8) произошел 8 мая в 01^h16^m. Эпицентры всех предшествующих и последующих толчков локализованы восточнее очага 7 мая (рис. 6), однако, учитывая невысокую точность определения координат, как основного толчка, так и его форшоков и афтершоков (в большинстве δ=±50 км), мы предположили их принадлежность к одному очагу. Кроме того, принимая во внимание более высокую точность определения координат форшока 6 мая (δ=±15 км), более вероятным представляется расположение основного толчка восточнее инструментального определения его эпицентра. Как видно на рис. 5, упомянутый максимум выделившейся энергии не сопровождался заметным повышением числа землетрясений.

Наибольшее число сейсмических событий с K_p≥8.6 приходится на июнь (рис. 5). Это связано, главным образом, с роем из 78 землетрясений в районе хр. Карагёз с K_p=3.4-9.7, шесть из которых имеют K_p≥8.6 (табл. 5). Большинство событий роя (N=56) локализовано в точке с координатами φ=38.9°N, λ=55.3°E. Максимальное (K_p=9.7) в рое землетрясение произошло 7 июня в 23^h29^m и вызвало в эпицентре сотрясения в 4-5 баллов. Вблизи очага населенные пункты отсутствуют, а на расстояниях ±30 км (Обой, Дянеата) сотрясения имели интенсивность 2-3 балла и в 40-43 км (Газанджике и Куйляре) до 2 баллов. Определение глубины очага этого землетрясения по макросейсмическим данным (h_{юм}=8 км, h_г=9 км [9]) хорошо согласуется с

инструментальным – $h_{и}=7\pm 1$ км). Кроме того, в июне произошли еще два землетрясения с $K_p=9$ вблизи упомянутого выше очага Каспийского землетрясения 7 мая с $K_p=12.6$.

В течение следующих трех месяцев сейсмическая активность на территории Балхано-Каспийского района постепенно снижалась. Самое большое ($K_p=10.1$) за этот период землетрясение произошло 24 июля в 11^h05^m северо-западнее Джебела на п-ове Дарджа, которое ощущалось с интенсивностью 5 баллов в селениях Белек-Туркменском и в Белеке (3-5 км), 3-4 балла на ж/д разъезде №126 (16 км), 3 балла – в Ягмане (25 км). Согласно [9] $P_0=5$ баллов, $h_{юм}=h_{г}=7$ км, что соответствует глубине по инструментальным данным (7 ± 2 км).

Повышение в октябре выделившейся сейсмической энергии и числа землетрясений с $K_p\geq 8.6$ (рис. 5) связано с происшедшими на западном склоне Большого Балхана землетрясениями 10 октября ($t_0=00^h58^m$, $K_p=9.9$ и $t_0=04^h39^m$, $K_p=9.2$), эпицентры которых практически совпадают, а также с 2 сейсмическими событиями с $K_p=9$ в акватории Каспия.

С 04^h08^m 20 ноября по 20^h03^m 22 ноября в районе хр. Кюрендаг наблюдался третий рой землетрясений с $K_p=2.0-9.1$ (табл. 5). Лишь одно из них превысило энергетический уровень $K_p=8.6$ (20 ноября в 23^h45^m с $K_p=9.1$), начиная с которого учитывались землетрясения на рис. 5, поэтому рой №3 не выражен максимумом на этом графике. 39 сейсмических событий роя из 41 имеют координаты $\varphi=39.0^\circ N$, $\lambda=55.2^\circ E$.

В Эльбурском районе (№2) в 1997 г. наблюдалось снижение сейсмической активности: значительно уменьшилось число землетрясений с $K_p=9-10$, но сейсмическая энергия, наоборот, возросла в результате двух землетрясений с $K_p=12$ на иранской территории. Одно из них, с $K_p=11.7$, произошло 17 февраля в 22^h55^m вблизи г. Горган. Его координаты ($\varphi=36.9^\circ N$, $\lambda=54.45^\circ E$ [9]), определенные по записям 16 сейсмических станций Туркменистана, недалеко от таковых в [13]: – $\varphi=37.04^\circ$, $\lambda=54.98^\circ E$. Сейсмограммы данного землетрясения отличаются от записей других землетрясений этого района: при четких и интенсивных вступлениях Р-волн выделить S-волну оказалось затруднительным, данные ближних и дальних станций не согласуются между собой. Сведений об ощутимости этого землетрясения нет.

В довольно необычном месте – на восточном побережье Каспийского моря, 24 августа в 09^h12^m произошло землетрясение с $K_p=10.4$ (№31 на рис. 2, 3). Его эпицентр приурочен к центральной части Западно-Туркменской впадины, характеризующейся невысокой сейсмической активностью и максимальными возможными сотрясениями не выше 7 баллов [14]. Гипоцентр землетрясения находится на большой глубине ($h_{и}=46\pm 5$, $h_{юм}=30$, $h_{г}=25$ км [9]), вследствие чего интенсивность сотрясений на поверхности не превышала 3 баллов: в селениях Алтыкуи (30 км), Аллангиртли, Орунчага (32 км), Бугдайлы (35 км) – 3 балла, в Окарем (38 км), Карадепе, Шахман (40 км) – 2-3 балла [9].

Максимальным ($K_p=11.4$) в Эльбурском районе было землетрясение 16 сентября в 12^h15^m. Его очаг расположен в Иране, в прибрежной зоне Каспийского моря, вблизи приграничной полосы с Туркменистаном. В пределах Туркменистана оно ощущалось, согласно сообщению заведующего сейсмической станцией "Кизыл-Атрек" В. Соешова, в селениях Аджияб, Чалюк (20-25 км) с интенсивностью в 4-5 баллов, в Гасан-Кули (28 км) – 4 балла, в Караджабатыре, Гудуролуме, Акъяйла (50-55 км) – 3 балла. В Кизыл-Атреке, удаленном на 70 км, были легкие колебания в 2-3 балла. В эпицентре $P_0=6$ баллов, глубина по макросейсмическим данным ($h_{юм}=8$, $h_{г}=8$ км) полностью соответствует инструментальным определениям ($h_{и}=8\pm 4$ км) [9].

Землетрясение 3 ноября (06^h59^m, $K_p=12.4$), эпицентр которого расположен юго-западнее иранского г. Горган на юге от Каспийского моря, сопровождалось афтершоками, самые крупные из которых произошли в тот же день, в 07^h31^m ($K_p=10.2$) и в 11^h43^m ($K_p=11.5$). Оно не ощущалось на территории Туркменистана.

Туркмено-Хорасанский район (№3). После сейсмического затишья, длившегося здесь несколько лет [1, 11, 12], (рис. 7), средняя по району сейсмическая активность достигла в 1997 г. максимального значения $A_{10}=0.5$. Увеличение числа землетрясений и их энергии целиком связано с возникновением на иранской территории, в 25 км к северу от иранского г. Боджнурд, сильного ($M_S=6.6$; $I_0=8$ баллов) землетрясения 4 февраля в 10^h37^m с огромным числом афтершоков (рис. 2). По результатам изучения сейсмичности Копетдагского региона в целом и Туркмено-Хорасанского района в частности установлено, что Боджнурдская очаговая зона на протяжении 30-летнего периода инструментальных наблюдений (1966–1995 гг.) характеризовалась высокими значениями сейсмической активности: в районе севернее Боджнурда средние долговременные значения A_{10} , согласно карте сейсмической активности за вышеуказанный период [12], составляли $A_{10}=0.5-1.0$.

Однако в 1995 и 1996 гг. значения A_{10} в районе будущего очага понизились до $A_{10}=0.2-0.3$ [1,12]. Это затишье завершилось в 1997 г. сильным Боджнурдским землетрясением, в результате которого значения сейсмической активности в радиусе 30 км от его эпицентра повысились до $A_{10}=1.0-5.0$ (рис. 8).

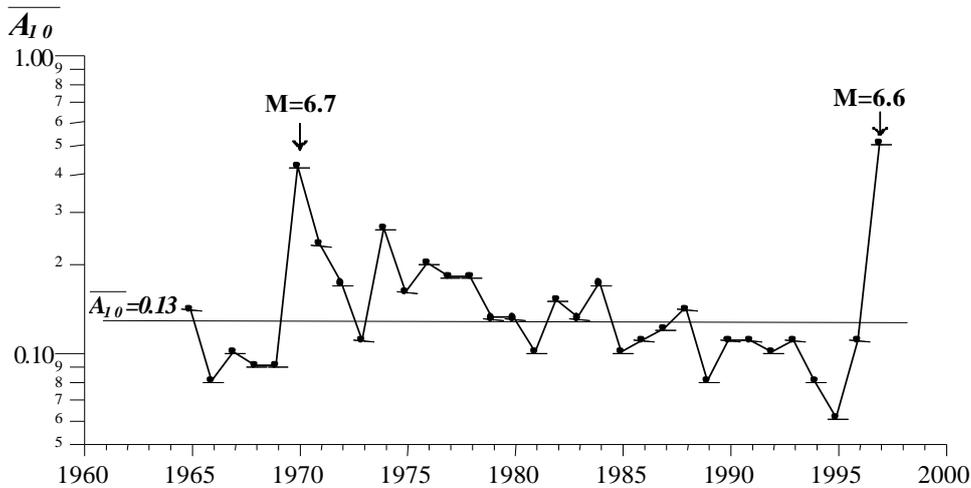


Рис. 7. Изменение во времени сейсмической активности A_{10} в Туркмено-Хорасанском районе (№3) за 1965-1997 гг. Тонкой линией отмечен уровень среднего во всем районе долговременного значения активности $A_{10}=0.13$. Стрелки указывают моменты возникновения Моравского 1970 г. ($M=6.7$) [15] и Боджнурдского 1997 г. ($M=6.6$) [10] землетрясений.

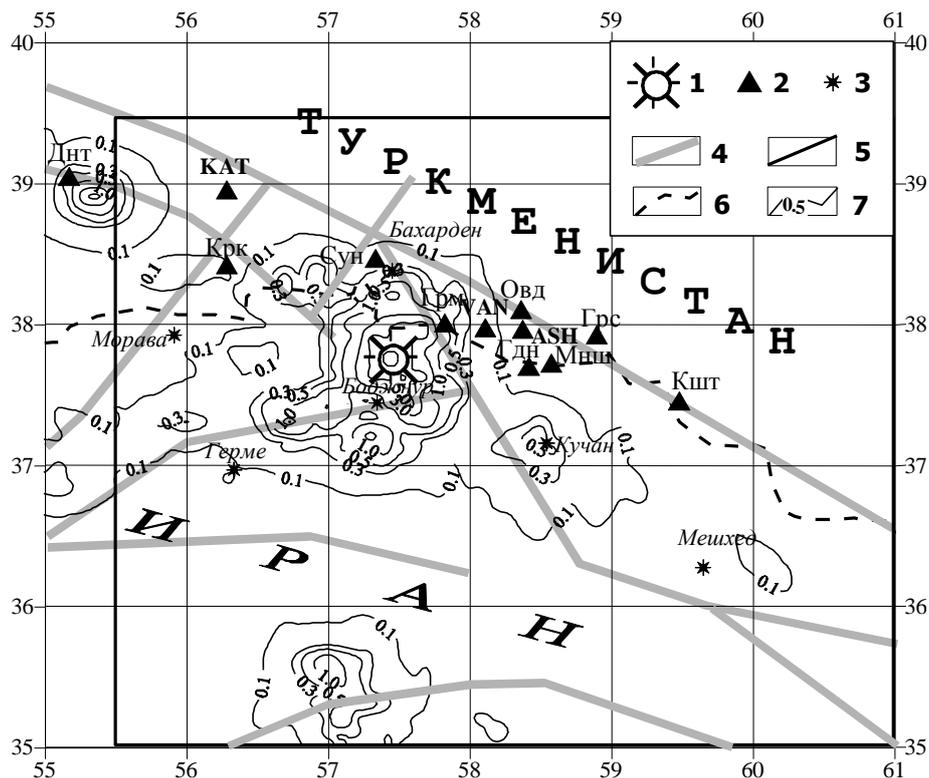


Рис. 8. Сейсмическая активность в единицах A_{10} на территории Туркмено-Хорасанского района в 1997 г., рассчитанная методом суммирования с постоянной точностью ($N=3$) и значениями $\gamma=0.57$

1 – эпицентр Боджнурдского землетрясения ($M=6.6$); 2 – сейсмическая станция; 3 – город; 4 – глубинный разлом; 5 – граница Туркмено-Хорасанского района; 6 – государственная граница; 7 – изолиния A_{10} .

Среди афтершоков Боджнурдского землетрясения в радиусе 40 км от эпицентра основного толчка 40 имеют $Kp \div 11$, 4 – $Kp \div 12$ и 1 – $Kp \div 13$. Преобладающее большинство афтершоков произошло в первые три дня после основного толчка. Сейсмограммы повторных толчков первых дней и даже недель после Боджнурдского землетрясения представляют собой накладывающиеся

друг на друга записи, которые не могут быть использованы для определения механизма их очагов, за исключением двух из них, происшедших 3 и 5 марта. Обе плоскости разрыва в очаге афтершока 3 марта ($13^{\text{h}}00^{\text{m}}$, $K_p=12.0$) – субмеридиональные, и, согласно первому решению (I) в очаге произошел сброс по вертикальной плоскости, а второму (II) – поддвиг по близгоризонтальной плоскости. В очаге афтершока 5 марта ($13^{\text{h}}55^{\text{m}}$, $K_p=11.1$): I – сброс по вертикальной плоскости северо-западного простирания; II – поддвиг по горизонтальной плоскости северо-западного простирания ([8,10]).

Кроме Боджнурдской очаговой зоны сейсмическая активность проявилась в Кучан-Мешхедской очаговой зоне. Здесь 23 февраля ($12^{\text{h}}22^{\text{m}}$) в 70 км к юго-востоку от иранского г. Кучан произошло землетрясение с $K_p=11.1$ и 9 августа ($17^{\text{h}}05^{\text{m}}$) с $K_p=12.2$ – восточнее Мешхеда. Еще три землетрясения с $K_p \geq 11$ произошли также в районе Кучана 7 сентября в $07^{\text{h}}08^{\text{m}}$, 27 октября в $14^{\text{h}}11^{\text{m}}$ и 2 ноября в $16^{\text{h}}25^{\text{m}}$. Перечисленные толчки сопровождались событиями более слабыми, с $K_p=9$ и ниже.

Продолжалась активная сейсмическая деятельность на юге Туркмено-Хорасанского района, юго-западнее иранских городов Себзевар и Кашмер, где 25.02.1996 г. в $17^{\text{h}}41^{\text{m}}$ произошло достаточно сильное ($K_p=12.6$) землетрясение, предваряемое тремя форшоками с $K_p=11.5$, 12.3, 11.2 и сопровождавшееся серией афтершоков с $K_p=11.5$ и ниже [1]. В сентябре 1997 г. здесь произошло три землетрясения с $K_p \geq 12$: 23 сентября ($03^{\text{h}}05^{\text{m}}$, $K_p=12.1$) и два 24 сентября ($20^{\text{h}}23^{\text{m}}$, $K_p=11.6$ и $22^{\text{h}}27^{\text{m}}$, $K_p=12.1$). Они предварялись 23 сентября ($01^{\text{h}}46^{\text{m}}$) толчком на порядок меньшей энергии ($K=11.2$). Еще два землетрясения 11-го энергетического класса произошли здесь 13 октября ($22^{\text{h}}53^{\text{m}}$, $K_p=10.9$) и 1 декабря ($12^{\text{h}}25^{\text{m}}$, $K_p=11.0$).

Резюмируя обзор сейсмичности Туркмено-Хорасанского района, отметим, что главным событием 1997 г., определившим параметры сейсмичности как рассматриваемого района, так и Копетдага в целом, явилось Боджнурдское землетрясение 4 февраля. Анализ временного хода годовых значений A_{10} за период с 1965 г. по 1997 г. (рис. 7) позволяет сделать вывод об общей закономерности подготовки сильных землетрясений указанного района – понижении сейсмической активности до уровня $A_{10}=0.1$ и ниже в течение 2-4 лет перед землетрясением с магнитудой MS порядка 6.6.

В Восточном Туркменистане (№4) эпицентры землетрясений с $K_p \geq 8.6$ не зарегистрированы. Ближайший толчок с $K_p > 9.5$, зарегистрированный на территории Узбекистана, произошел 13 июля ($12^{\text{h}}25^{\text{m}}$, $K_p=9.6$) западнее Газли и имел глубину $h=20$ км. Эпицентр землетрясения 12 апреля ($06^{\text{h}}37^{\text{m}}$, $K_p=11.4$), происшедшего к северу от Газли, находился довольно далеко от границ Туркменистана (около 100 км), поэтому мы не располагаем сведениями о характере сотрясений на поверхности при этом землетрясении.

В Центрально-Каракумском районе (№5) в 1997 г. не произошло ни одного землетрясения с $K_p \geq 8.6$.

Л и т е р а т у р а

1. Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. 2002. Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии в 1996 г. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 43-50.
2. Рахимов А.Р., Славина Л.Б. 1984. Региональный годограф Копетдагской сейсмической зоны // Известия АН ТССР. Сер. ФТХиГН. №3. С. 31-38.
3. Абасеев С.С. 1991. Решение задачи гипоцентрии с учетом горизонтальной неоднородности среды и произвольного расположения точек приема относительно источника // Известия АН ТССР. Сер. ФТХиГН. №6. С. 34-42.
4. Раутиан Т.Г. 1964. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. М.: Наука С. 88-93. (Тр. ИФЗ АН СССР; №32(199)).
5. Рахимов А.Р., Соловьёва О.Н., Арбузова Г.Н. 1983. Определение магнитуды землетрясений Туркмении на эпицентральных расстояниях до 400 км // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. №5. С. 61-65.
6. Голинский Г.Л. 1977. Уравнения макросейсмического поля землетрясений Туркмении // Известия АН ТССР. Сер. ФТХиГН. №1. С. 69-74.
7. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). 1965. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: Изд-во МГК АН СССР. 11 с.
8. Аннаорова Т.А. (отв. сост.). Копетдаг. См. раздел IV в наст. сб. (на CD).

9. Сарыева Г.Ч., Рахимов А.Р. Голинский Г.Л. (отв. сост.), Мамедязова М., Халлаева А., Коржукова Т.А., Таджиева Ш., Дурасова И., Клычева Э., Эсенова А., Петрова Н.В. Копетдаг. См. раздел III в наст. сб. (на CD).
10. Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Ильясов Б., Мурадов Ч.М., Рахимов А.Р., Безменова Л.В., Гарагозов Д., Ходжаев А., Баймурадов К., Рахманова М.С. Боджнурдское землетрясение 4 февраля 1997 г., $M_S=6.6$, $I_0=8$ (Копетдаг). См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.
11. Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. 2000. Землетрясения Копетдага // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 30-35.
12. Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. 2001. Землетрясения Копетдага // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 39-44.
13. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1997 год. 1997-1998. / Отв. ред. Старовойт О.Е. Обнинск: Изд-во ЦОМЭ ОИФЗ РАН.
14. Гаипов Б.Н., Воронцова Э.С., Голинский Г.Л., Мурадов Ч.М., Петрова Н.В., Рахимов А.В., Абасев С.С. 1999. Пояснительная записка к Национальной карте сейсмического районирования Туркменистана в масштабе 1:2500000. Ашхабад: Фонды НИИС МСПСМ Туркменистана.
15. Непесов Р.Д., Голинский Г.Л., Лагуточкина К.Д. 1973. Землетрясения Копетдага // Землетрясения в СССР в 1970 г. М.: Наука. С. 56-67.