

КОПЕТДАГ

Б.Н. Гаипов, Н.В. Петрова, Л.В. Безменова, Г.Ч. Сарыева

Институт сейсмологии АН Туркменистана, г. Ашхабад, gaipsr@online.tm

В 2004 г. на территории Туркменистана действовало 20 аналоговых и одна цифровая станция системы IRIS с сейсмометрами STS-1 и GS-13 (табл. 1, 2). В число действующих станций не включены вновь приобретенные цифровые станции Дельта-Геон, размещенные в конце года на разных этажах многоэтажного здания в г. Ашхабаде, а также на станциях «Овадан-Тепе» и «Гермаб». Не считали действующей и станцию «Гермаб», аппаратура СКМ-3, на которой простаивала с середины 2003 г. Комплект СКМ-3 на станции «Гермаб» проработал в 2004 г. с 3 сентября до 19 ноября, а затем был заменен цифровой станцией Дельта-Геон. В июне 2004 г. из-за нехватки фотобумаги был остановлен комплект СК на станции «Кизыл-Арват», на которой осталась лишь аппаратура сильных движений грунта. На станции «Кизыл-Атрек» длиннопериодный комплект аппаратуры СКД, простаивавший по той же причине, был запущен в конце года. На станции «Небит-Даг» комплект СКД, остановленный в июне 2003 г., не работал в течение всего 2004 г. Уровень представительности K_{\min} землетрясений в регионе (рис. 1) не изменился с конца 2003 г., поскольку на нем не могли существенно отразиться простой длиннопериодной аппаратуры с низким увеличением $V_{\max}=1000-1580$.

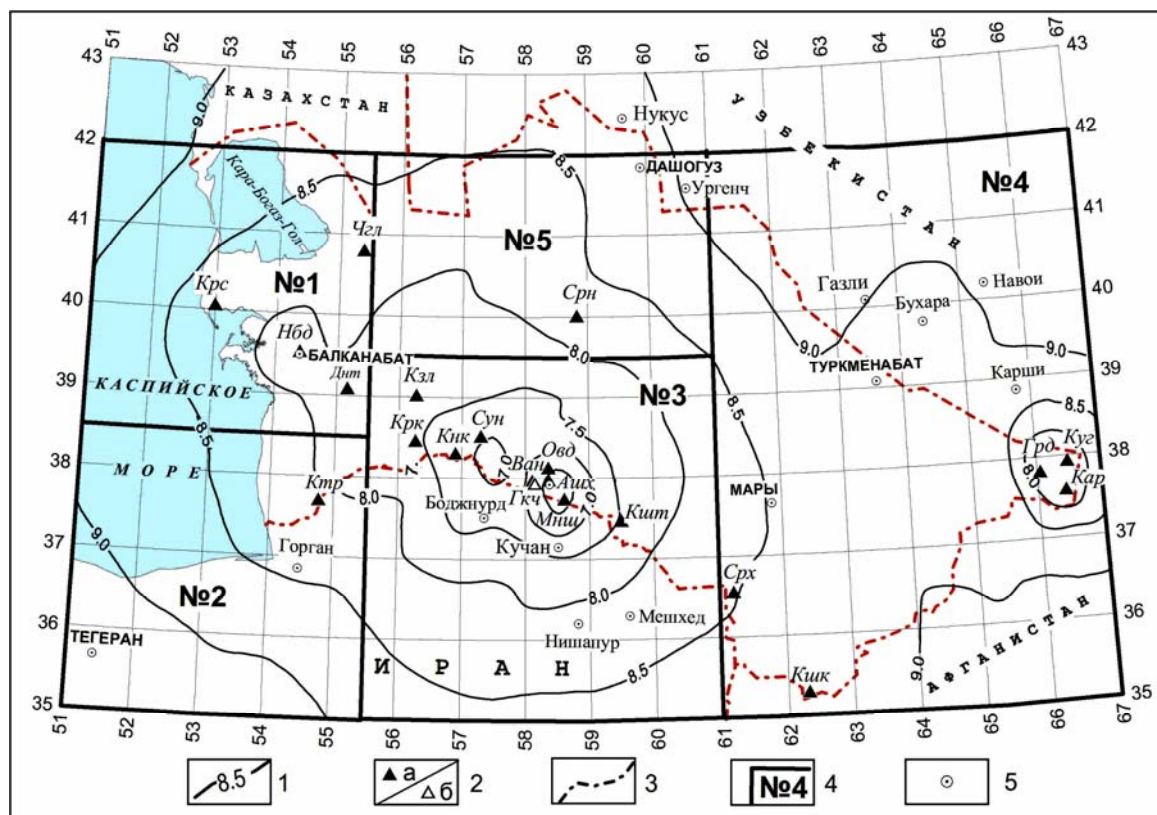


Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений Копетдага $K_{3\min}$ по данным наблюдений в 2004 г.

1 – изолиния $K_{3\min}$; 2 – сейсмическая станция: аналоговая (а) и цифровая (б) соответственно; 3 – государственная граница; 4 – граница и номер сейсмоактивного района; 5 – город.

Таблица 1. Сейсмические станции Туркменистана (в хронологии их открытия), действовавшие в 2004 г., и параметры аппаратуры

№	Станция			Дата открытия	Координаты		h_y , м	Аппаратура			
	Название	Код			φ° , N	λ° , E		Тип прибора	Композента	V_{max}	ΔT_{max} , с
		межд.	рег.								
1	Ашхабад (г. Ашгабат)	ASH	Ашх	16.02.1947	37.96	58.37	305	СКМ-3	N, E, Z	1000	0.30–10.2
								СК	N	100	0.20–3.1
								C5C	E, Z	100	0.20–3.2
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
								ССРЗ-М	Z	0.1 с	0.01–4.5
	N, E, Z	0.0019 с ²	0.05								
2	Кизыл-Арват ¹⁾ (г. Сердар)	KAT	Кат	01.01.1950	38.97	56.28	110	СК	N, E	1580	0.36–11
									Z	1190	5.50–11
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
								ССРЗ-М	N, E, Z	0.0021 с ²	0.05
3	Ванновская (г. Арчабил)	VAN	Ван	07.07.1952	37.95	58.11	580	СКМ-3	N	70000	0.17–1.4
									E	70000	0.18–1.2
									Z	70000	0.20–1.3
								СКД	N, E	1000	0.17–19.3
									Z	950	0.25–20.5
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
ССРЗ-М	N, E, Z	0.0021 с ²	0.05								
4	Красноводск (г. Туркменбаши)	KRS	Крс	31.03.1966	40.04	53.00	10	СКМ-3	N, E	30000	0.14–0.81
									Z	30000	0.17–0.81
								СК	N, Z	1000	0.20–9.8
									E	100	0.24–9.8
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
	Z	0.1 с	0.01–4.5								
ССРЗ-М	N, E, Z	0.0019 с ²	0.05								
5	Небит-Даг ²⁾ (г. Балканабат)	NBD	Нбд	12.02.1966	39.51	54.39	15	СКМ-3	N, E	5000	0.16–1.3
									Z	5000	0.13–1.3
								СКД	N, E, Z		
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
ССРЗ-М	N, E, Z	0.002 с ²	0.05								
6	Кизыл-Атрек ³⁾ (пос. Этрек)	KTR	Ктр	10.10.1968	37.68	54.77	55	СМ-3	N, E, Z	5000	0.20–1.2
								СКД	N, E, Z	1000	0.20–18.5
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
7	Кара-Кала (пос. Магтымгулы)	KRK	Крк	26.03.1971	38.44	56.27	315	СКМ-3	N, E, Z	5000	0.20–1.2
								СМТР		8.0	
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
8	Чагыл (с. Чагыл)	CHGL	Чгл	11.11.1972	40.78	55.38	144	СКМ-3	N	40000	0.13–0.8
									E, Z	40000	0.20–0.7
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
	Z	0.1 с	0.01–4.5								
9	Каушут (с. Говшут)	KSHT	Кшт	24.06.1977	37.46	59.49	257	ВЭГИК	N	9400	0.20–1.2
									E	10700	0.30–1.5
									Z	8300	0.20–1.2
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
10	Маньш (с. Касамлы)	MNSH	Мнш	04.01.1978	37.72	58.61	680	СКМ-3	N	6000	0.14–1.3
									E, Z	30000	0.17–1.3
								ИСО+C5C	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5

№	Станция			Дата открытия	Координаты		h_y , м	Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E		Тип прибора	Комп- нента	V_{max}	$\Delta T_{max, c}$
		межд.	рег.								
11	Овадан-Тепе (с. Овадантепе)	OVD	Овд	12.04.1978	38.11	58.36	160	СМ-3 ИСО+C5C	N, E, Z N, E Z	5000 0.1 c; 2.5 c 0.1 c	0.20–1.3 0.01–4.5 0.01–4.5
12	Серный (с. Серный завод)	SRN	Срн	01.12.1980	39.99	58.83	120	СКМ-3	N E Z	56000 61000 52000	0.20–0.8 0.20–0.8 0.20–0.8
13	Гермаб ⁴⁾ (с. Гермап)	GRM	Грм	24.05.1980 12.2004	38.01	57.75	775	СКМ-3 ИСО+C5C	N, E, Z N, E Z	50000 0.1 c; 2.5 c 0.1 c	0.20–1.2 0.01–4.5 0.01–4.5
14	Серахс (пос. Серахс)	SRH	Срх	01.01.1982	36.53	61.21		СМ-3 ИСО+C5C	N, E, Z N, E Z	11700 0.1 c; 2.5 c 0.1 c	0.20–1.2 0.01–4.5 0.01–4.5
15	Гаурдак (г. Магданлы)	GRD	Грд	01.12.1985	37.80	66.05	460	СМ-3 ИСО+C5C ССРЗ-М	N E Z N, E N, E, Z	13600 10700 11200 0.1 c; 2.5 c 0.1 c 0.0021 c ²	0.10–1.3 0.16–1.3 0.20–1.3 0.01–4.5 0.01–4.5 0.05
16	Кушка (г. Серхетабат)	KSHK	Кшк	01.01.1986	35.27	62.31	650	СМ-3 ИСО+C5C	N, Z, E N, E Z	10000 0.1 c; 2.5 c 0.1 c	0.20–0.9 0.01–4.5 0.01–4.5
17	Даната (с. Дянеата)	DNT	Днт	24.04.1988	39.07	55.17		СКМ-3 ССРЗ-М	N, E, Z N, E, Z	30000 0.0021 c ²	0.20–0.8 0.05
18	Сунча (с. Сунче)	SNCH	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 (с. Кюнджек)	KAR	Кар	20.07.1992	37.56	66.43		СМ-3 ИСО+C5C	N E Z N, E Z	20000 20000 28400 0.1 c; 2.5 c 0.1 c	0.20–1.2 0.20–1.3 0.30–1.3 0.01–4.5 0.01–4.5
20	Кугитанг (с. Койтен)	KUG	Куг	05.10.1992	37.91	66.48		СМ-3 ИСО+C5C	N E, Z N, E Z	2000 10000 0.1 c; 2.5 c 0.1 c	0.13–1.3 0.20–1.3 0.01–4.5 0.1–4.5
21	Кёнекесир (с. Кёнекесир)	KKS	Кнк	04.09.1995	38.20	56.90		СМ-3+PB3 ССРЗ-М	N E Z N, E, Z	40000 40000 40000 0.002 c ²	0.20–1.5 0.50–1.4 0.30–1.2 0.05
22	Геокча (АВКТ) (г. Арчабил)	GKCH	Гкч	20.11.2000	37.93	58.12		IRIS – цифровая станция			

Примечание. ¹⁾ Комплект СК на станции «Кизыл-Арват» был остановлен 10.06.2004 г. из-за нехватки фотобумаги; ²⁾ комплект СКД на станции «Небит-Даг», остановленный в июне 2003 г., не работал в течение всего 2004 г.; ³⁾ комплект СКД на станции «Кизыл-Атрек» был остановлен 01.03.1996 г. и запущен вновь 8.11.2004 г.; ⁴⁾ Комплект СКМ-3 на станции «Гермаб» простаивал с 06.07.2003 г. до 03.09.2004 г., затем в декабре заменен цифровой станцией Дельта-Геон.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровой станций «Геокча» в 2004 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с)
Геокча	IRIS+STS-1	BH(N, Z, E)v	0.002–5	20	24	$6.28 \cdot 10^8$
	IRIS+GS-13	SH(N, Z, E)v	0.5–10	40	24	$6.25 \cdot 10^8$
	Дельта-Геон+СК-П1	SH(N, Z, E)v	0.3–0.8	31	24	$1.00 \cdot 10^7$

Таблица 3. Координаты и площади пяти районов и региона в целом; представительные энергетические классы K_{3min} и $K_{\gamma min}$ соответственно

№	Район	$S,$ 10^3 км^2	$\varphi_1^\circ - \varphi_2^\circ, \text{ N}$	$\lambda_1^\circ - \lambda_2^\circ, \text{ E}$	K_{3min}	$K_{\gamma min}$
1	Балхано-Каспийский	149	38.5–42.0	51.0–55.5	9–10	9
2	Эльбурский	156	35.0–38.5	51.0–55.5	10	10
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	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	10

Методика обработки записей землетрясений Копетдага в 2004 г. не изменилась: кинематические параметры определялись на основе региональных блочных годографов [1], энергетический класс K_p – по палетке Раутиан [2], магнитуды $MPVA$ – согласно [3], макросейсмические характеристики ощутимых землетрясений – на основе регионального уравнения макросейсмического поля [4]. В каталог землетрясений Копетдага [5] и на карту эпицентров традиционно включены все землетрясения с $K_p \geq 8.6$, зарегистрированные сейсмическими станциями Туркменистана за 2004 г. безотносительно указанных в табл. 3 границ. Однако в расчеты энергетической представительности $K_{\gamma min}$, числа землетрясений ΣN , ежегодно выделяющейся сейсмической энергии ΣE , характеристик сейсмического режима A_{10} и γ по районам и региону в целом взяты только те сейсмические события, которые произошли в указанных в табл. 3 границах. Исключением из этого правила в 2004 г. явился Эльбурский район (№ 2), на западной границе которого произошло землетрясение с $K_p=14$ (рис. 2). Хотя по данным сейсмической службы Туркменистана часть его фор- и афтершоков локализована за пределами Копетдагского региона, но, по данным Международного сейсмологического центра ISC [6], все они расположены в границах региона. По причинам, изложенным в отдельной статье [7] наст. сб., было отдано предпочтение кинематическим параметрам этих землетрясений из бюллетеня ISC, а потому при расчетах параметров ΣE , A_{10} и γ в табл. 4 и 5 отнесены все афтершоки к территории района № 2.

Механизмы очагов 24 землетрясений Копетдага за 2004 г., определенные с привлечением данных о знаках первых вступлений на сейсмических станциях ISC [6], представлены в [8] и на рис. 3. При решении фокальных механизмов использовались методические приемы, предложенные в [9].

Таблица 4. Сводные данные о годовых числах землетрясений и суммарной энергии в регионе ($\varphi=35-42^\circ\text{N}$, $\lambda=51-67^\circ\text{E}$) за 1992–2004 гг.

Год	K_p										N_{Σ}	$\Sigma E,$ 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
2000	4531	763	304	94	31	6	4	2		1	5739	31796.7
2001	1982	383	158	54	19	2	1	2			2601	408.3
2002	3070	279	143	42	21	5					3560	6.6
2003	1563	297	150	52	22	3	1				2088	18.0
2004	1189	357	159	64	24	6	2	1			1802	132.3

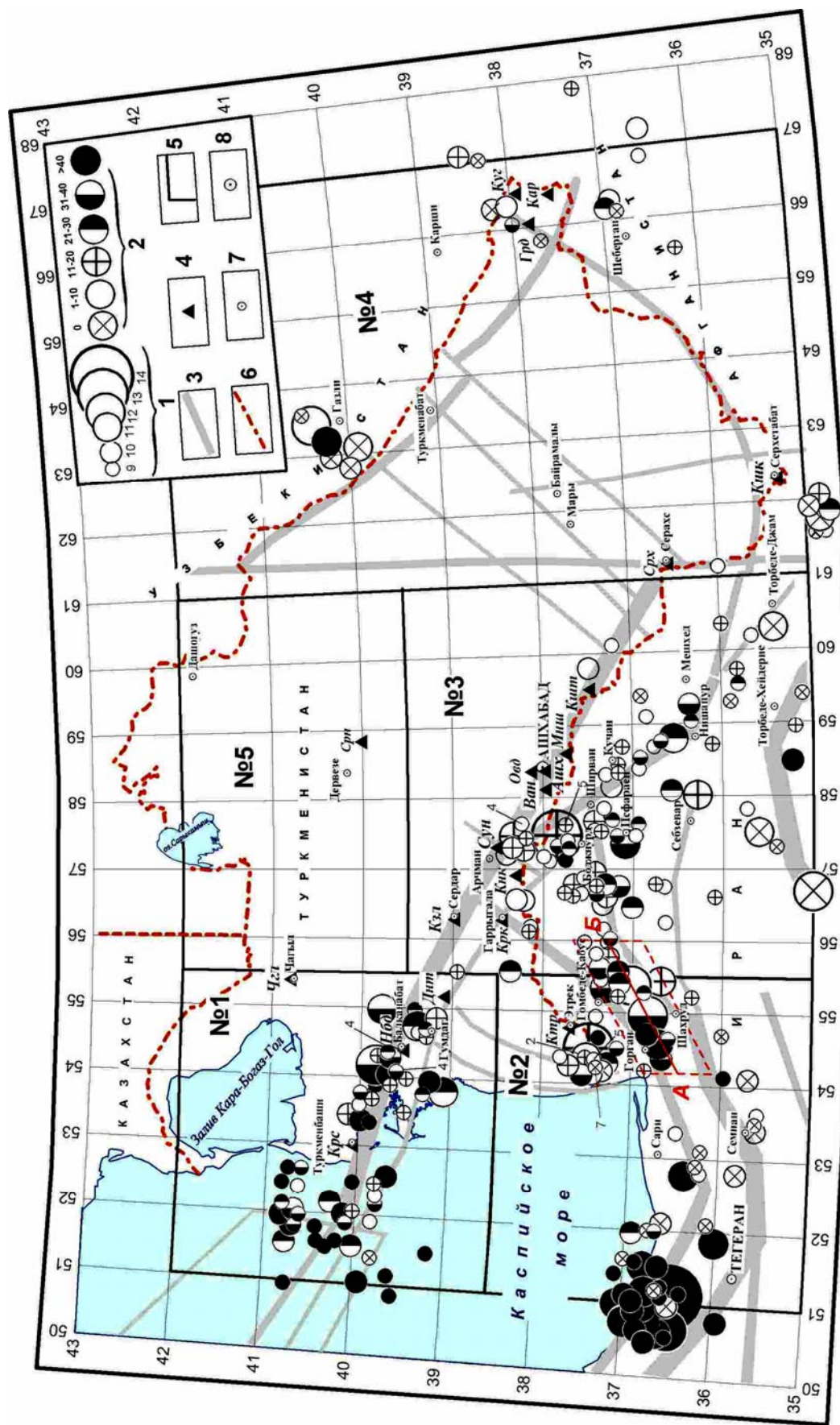


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Копетдага с $K_p \geq 8.6$ за 2004 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина гипотендра h , км (0 – глубина не определена); 3 – глубинный разлом; 4 – сейсмическая станция; 5 – граница района; 6 – государственная граница; 7 – город; 8 – столицы Туркменистана и Ирана; пунктиром показаны границы района выборки для пространственно-временного графика в проекции на линию АВ на рис. 6.

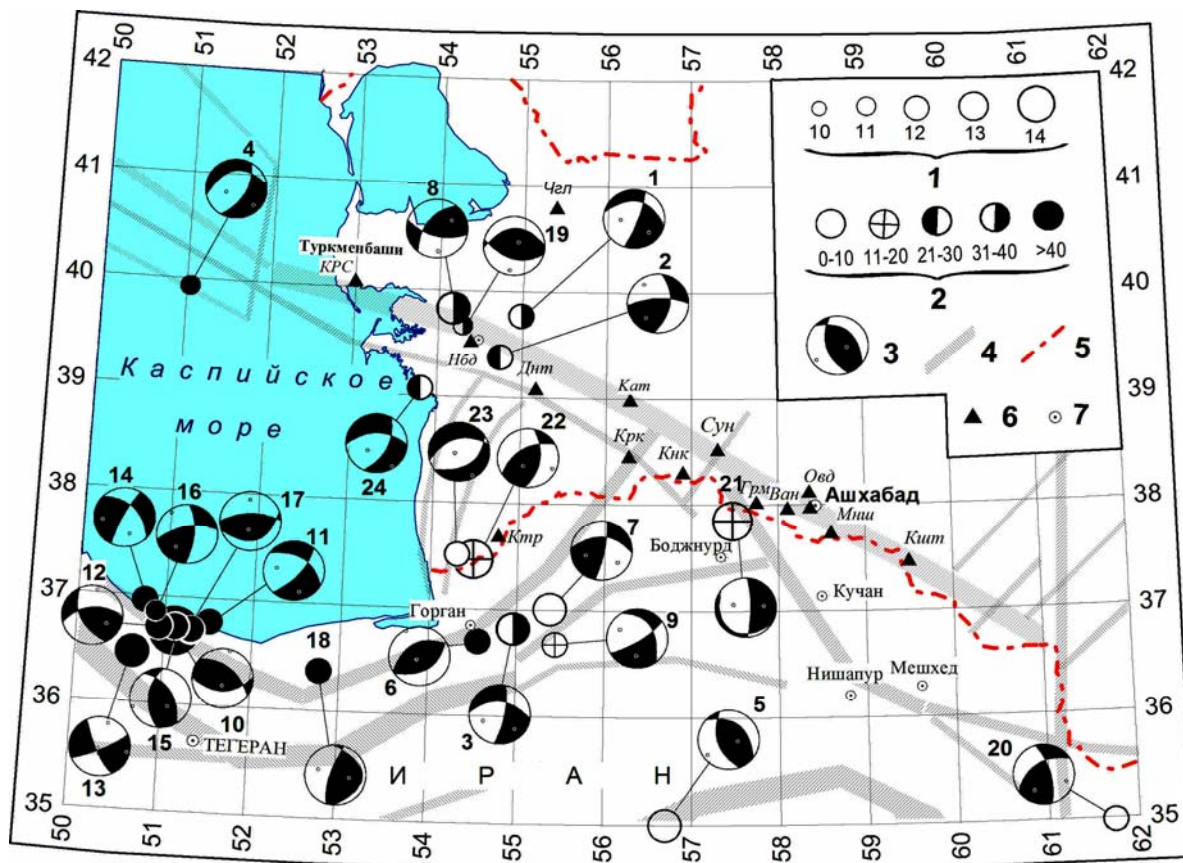


Рис. 3. Механизмы очагов землетрясений Копетдага в 2004 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – стереограмма механизма очага (нижняя полусфера), зачернена область сжатия, цифра рядом соответствует номеру землетрясения в [8]; 4 – глубинный разлом; 5 – государственная граница; 6 – сейсмическая станция; 7 – город.

Таблица 5. Распределение по районам числа землетрясений N разных классов K_p , суммарной сейсмической энергии ΣE и параметров сейсмического режима A_{10} и γ за 2004 г.

№	Район	K_p							N_Σ	$\Sigma E,$ $10^{12} Дж$	γ	A_{10}	ΔK
		8	9	10	11	12	13	14					
1	Балхано-Каспийский	116	44	15	3	1			179	1.12	0.56	0.086	9–12
2	Эльбурский	51	43	21	13	3	1	1	141	120.7	0.46	0.168	10–13
3	Туркмено-Хорасанский	167	64	22	6	1	1		261	9.46	0.55	0.07	8–12
4	Восточный Туркменистан	23	8	6	2	1			40	1.064	0.39	0.0138	10–12
5	Центрально-Каракумский									0.000063			
	КОПЕТДАГ	357	159	64	24	6	2	1	613	132.35	0.51	0.0631	10–13

Примечание. В графе « ΔK » приведен диапазон энергетических классов, в котором строились графики повторяемости для определения γ и A_{10} .

В 2004 г. выделившаяся на территории Копетдагского региона сейсмическая энергия, равная $\Sigma E = 1.32 \cdot 10^{14}$ Дж, значительно превысила соответствующую сейсмическую энергию в 2002, 2003 гг. (табл. 4). Наоборот, общее число землетрясений всех энергетических классов за год ($\Sigma N = 1802$) продолжило падение, начатое в 2003 г., причем опять за счет уменьшения числа слабых землетрясений с $K_p = 2-7$, хотя число землетрясений с $K_p \geq 8$ в 2004 г. даже увеличилось. Можно связать вышеупомянутый факт падения ΣN в 2003 и 2004 гг. не с вариациями параметров сейсмического режима, а с пропусками в регистрации слабых землетрясений в Ашхабадском районе [10], обусловленный семимесячным простоем высокочувствительного ($V_{max} = 50000$) комплекта СКМ-3 на станции «Гермаб» в 2003 г. и десятимесячным – в 2004 г.

Самое сильное ($K_p=14.0$) землетрясение в регионе произошло 28 мая в 12^h38^m на иранской территории, в 85 км к северо-западу от столицы Ирана г. Тегеран. Его сопровождало множество афтершоков, что обусловило максимальный уровень сейсмической энергии на территории Эльбурского района в 2004 г., по сравнению с остальными сейсмоактивными районами Копетдага (табл. 5).

В Балхано-Каспийском районе (№ 1) число землетрясений и выделившаяся сейсмическая энергия возросли, по сравнению с таковыми в 2003 г. ($A_{10}=0.086$, $\Sigma E=1.12 \cdot 10^{12}$ Дж – в 2004 г. (табл. 5); $A_{10}=0.073$, $\Sigma E=0.67 \cdot 10^{12}$ Дж – в 2003 г. [10]). Увеличилось как общее число зарегистрированных сейсмических событий, так и число землетрясений каждого энергетического класса с $K_p \leq 10$. Число землетрясений с $K_p=11$, наоборот, понизилось ($N=3$ вместо $N=5$ в 2003 г.), зато произошло землетрясение с $K_p=12$ (табл. 5). Все это обусловило рост наклона графика повторяемости от аномально низкого $\gamma=0.37$ в 2003 г. до повышенного $\gamma=0.56$ в 2004 г. (рис. 4).

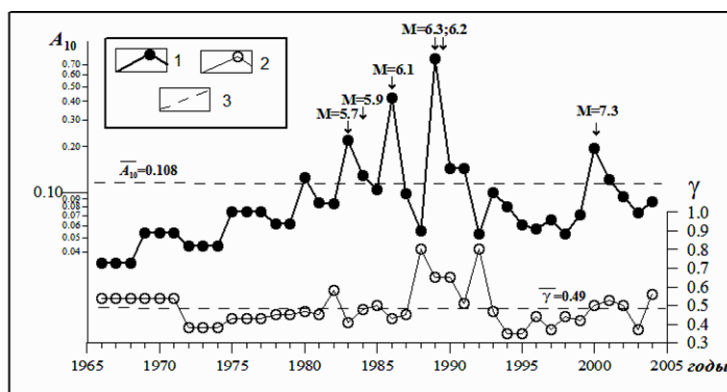


Рис. 4. Среднегодовые значения сейсмической активности A_{10} (1) и γ (2) в Балхано-Каспийском районе за период 1966–2004 гг.

3 – средние значения A_{10} и γ за весь период; стрелки указывают моменты землетрясений с $M \geq 5.5$.

Пространственно сейсмичность Балхано-Каспийского района в 2004 г. можно разделить по береговой линии Каспия на две группы: Каспийскую и Балханскую (рис. 2).

Каспийские землетрясения с $K_p \leq 10$ происходили в течение всего года на площади $2^\circ \times 2^\circ$ с центром в месте пересечения меридионального Каспийского разлома с разломами северо-западной ориентации (рис. 2). Максимальное среди них землетрясение, возникшее 14 апреля в 05^h27^m на продолжении Хазар-Кюрендагского разлома (рис. 2, 5) в акватории Каспия, в 50 км к западу от п-ова Челекен, имело энергетический класс $K_p=10.4$ и сопровождалось несколькими афтершоками с $K_p \leq 9$. Для другого каспийского землетрясения, произошедшего 10 марта в 00^h50^m с $K_p=10.1$ на западной границе района № 1, определен механизм очага (рис. 3, стереограмма № 4), согласно которому тип подвижки – подвиг в северном направлении по пологой широтной нодальной плоскости $NP1$, или сброс по крутой субмеридиональной плоскости $NP2$.

В Балханской группе эпицентры землетрясений расположены более компактно на участке Копетдаг-Большебалханского разлома от г. Туркменбаши до станции «Даната» (рис. 2, 5). Здесь в свою очередь наблюдается три области концентрации эпицентров землетрясений – в Межбалханском прогибе, разделяющем хребты Большой и Малый Балхан, в окрестностях станции «Даната» и в юго-западных предгорьях хр. Большой Балхан (в районе пос. Джебел). Все три указанные зоны локализованы внутри афтершоковых областей сильнейших землетрясений последних лет – Балханского 06.12.2000 г. с $MS=7.3$ [11] (районы Межбалханского прогиба и станции «Даната») и Моллакаринского 10.06.2001 г. с $MS=5.1$ [12] (группа эпицентров западнее Большого Балхана). Примечательно, что и в 2004 г. близмеридионально вытянутое между Малым и Большим Балханом облако эпицентров землетрясений повторяет конфигурацию облака афтершоков Балханского землетрясения 06.12.2000 г., ориентированного вдоль изолинии границы Мохо $h=45$ км ([13], рис. 5). В районе Данатинского прогиба облако эпицентров землетрясений 2004 г. меняет ориентацию с субмеридиональной на юго-восточную вдоль Хазар-Кюрендагского разлома.

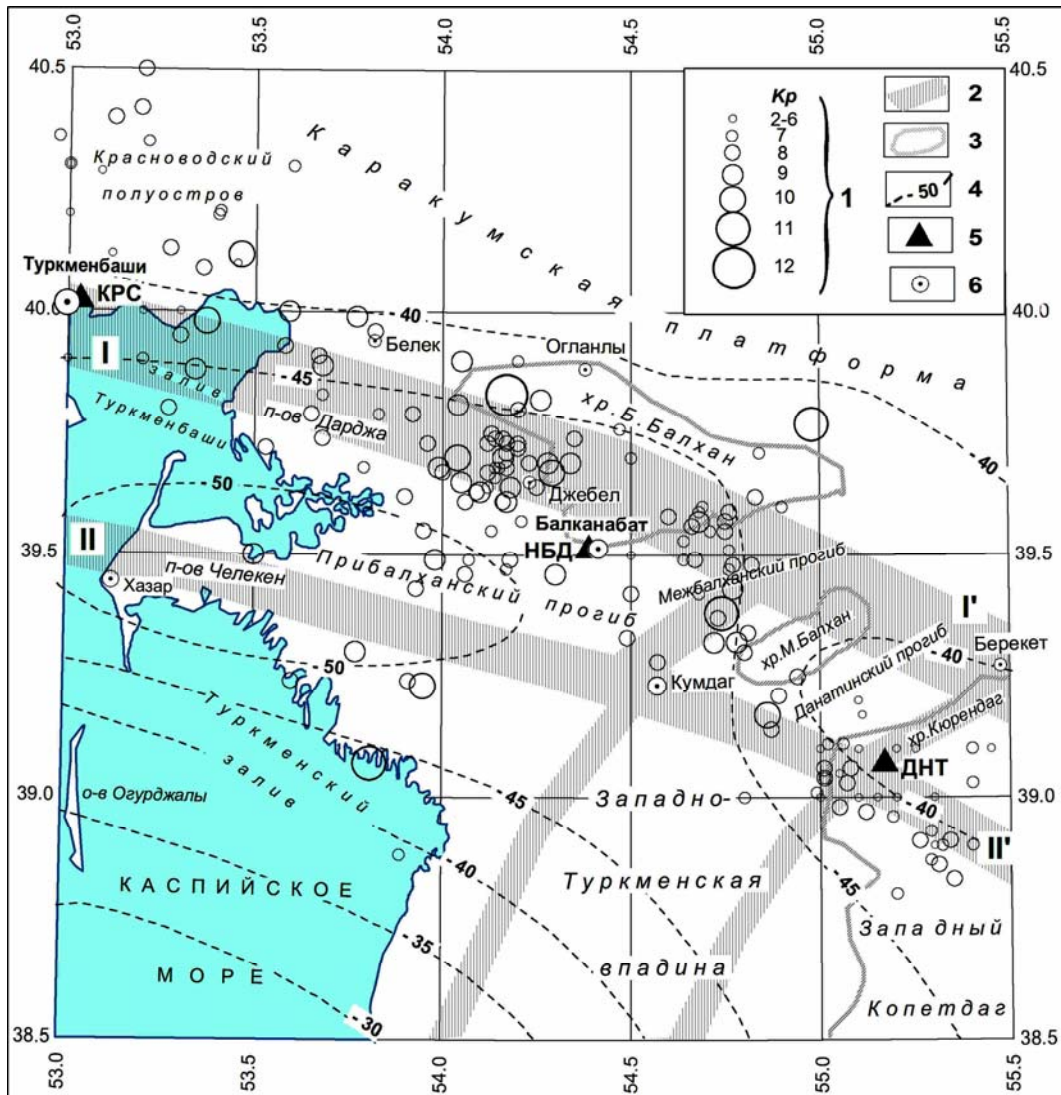


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений прибрежной части Балхано-Каспийского района с $K_p > 2$ в 2004 г. 1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмогенерирующие зоны: I-I' – Копетдаг-Большебалханская, II-II' – Хазар-Кюрендагская; 3 – поднятия; 4 – изолиния границы Мохоровичича; 5 – сейсмическая станция; 6 – город.

Для всех четырех землетрясений с $K_p \geq 11$, зарегистрированных в 2004 г. в районе № 1, определены механизмы очага.

Первое из них, произошедшее 19 февраля в 10^h07^m с $K_p=10.9$ в области Северо-Балханского предгорного прогиба, не имело фор- и афтершоков. В его очаге (№ 1 на рис. 3) реализовался левосторонний сдвиг с небольшой компонентой поддвига по пологой субширотной плоскости $NP1$, или сброс по близвертикальной меридиональной плоскости $NP2$.

Землетрясение 7 марта в 03^h57^m с $K_p=10.7$ произошло южнее, в Межбалханском прогибе. Оно сопровождалось как предшествующими, так и последующими толчками с $K_p \leq 10$. Механизм его очага (№ 2 на рис. 3) представлял собой левый взбросо-сдвиг по меридиональной плоскости или правый взбросо-сдвиг по широтной.

Самое крупное в 2004 г. землетрясение района № 1 произошло 28 марта в 13^h30^m с $K_p=11.8$ в северо-западных отрогах хр. Большой Балхан, в 20 км от пос. Огланлы (рис. 5). Сведения о его ощутимости поступили со станций «Небит-Даг» и «Красноводск»: в г. Балканабат (40 км) – 3 балла, в г. Туркменбаши (105 км) – 2 балла. В его очаге (стереограмма № 8 на рис. 3) произошел правый взбросо-сдвиг южного крыла по плоскости $NP1$ близширотного простиранья, или левый взбросо-сдвиг по плоскости разрыва $NP2$ юго-западного простиранья с поднятием ее северного крыла.

Землетрясение 28 марта сопровождалось фор- и афтершоками. В радиусе 30 км от эпицентра в январе–феврале произошло семь форшоков, среди них три – с $K_p=9$. После форшока 26 февраля с $K_p=9$ и вплоть до основного толчка в очаговой зоне наблюдалось сейсмическое затишье. Среди последовавших за основным толчком афтершоков два самых крупных с $K_p=10$ зарегистрированы в июле и августе. Афтершок 11 июля в 01^h17^m с $K_p=10.0$ и $h=39$ км ощущался лишь некоторыми жителями г. Балканабат (20 км) с интенсивностью 2 балла. Механизм его очага (стереограмма № 19 на рис. 3) представлял собой взброс южного крыла разрыва по крутой плоскости $NP1$, ориентированной в широтном направлении, или надвиг северного крыла по широтной плоскости $NP2$. Отметим, что нодальные плоскости $NP1$ у основного толчка и у афтершока 11 июля практически совпадают. Второй крупный афтершок, зарегистрированный 6 августа в 22^h17^m с $K_p=10.4$, имел близкую глубину ($h=41$ км), однако не ощущался в Балканабате (30 км) и других населенных пунктах Западного Туркменистана.

Сейсмичность Красноводского п-ова и залива Туркменбаши регистрировалась в виде одиночных толчков с $K_p \leq 10$ (рис. 5). Два самых крупных из них произошли в заливе Туркменбаши (19 мая в 00^h47^m с $K_p=10.1$) и на его побережье (21 июля в 10^h36^m с $K_p=9.6$).

1 декабря в 01^h13^m на побережье Туркменского залива произошло землетрясение с $K_p=11.1$. В его очаге реализовался сброс по широтной или субмеридиональной плоскости (стереограмма № 24 на рис. 3). Это землетрясение предварялось тремя толчками с $K_p=8, 10, 9$, зарегистрированными, соответственно, в июле, октябре и ноябре на расстояниях менее 30 км от основного события 1 декабря.

На территории **Эльбурского района (№ 2)** в 2004 г. повысились значения всех параметров сейсмического режима: $\Sigma E=1.2 \cdot 10^{14}$ Дж, по сравнению с $\Sigma E=0.87 \cdot 10^{12}$ Дж; $A_{10}=0.168$, по сравнению с $A_{10}=0.052$; $\gamma=0.46$, по сравнению с $\gamma=0.29$ в 2003 г. Увеличилось число землетрясений всех энергетических классов, возникло пять землетрясений с $K_p \geq 12$. Это лишь отчасти связано с возникновением землетрясения 28 мая в 12^h38^m на западной границе района № 2 землетрясения с $K_p=14$ [14], сопровождаемого серией афтершоков [15]. В восточной части района № 2 активно работали еще две зоны: на туркмено-иранской границе – Этрекская с максимальным событием с $K_p=13$, а на иранской территории – Горган-Гомбеде-Кабусская с тремя максимальными толчками с $K_p=11.5-11.8$.

Активизация Горган-Гомбеде-Кабусской зоны, приуроченной к восточной части Эльбурса, началась в феврале с нескольких слабых толчков с $K_p=7-8$, зарегистрированных в северо-восточной части зоны (рис. 6). Затем 7 марта в 22^h17^m последовало самое сильное землетрясение этой зоны с $K_p=11.8$. В его очаге (стереограмма № 3 на рис. 3) реализовался левый сдвиг по широтной плоскости $NP1$ с небольшой компонентой поддвига, или правый сбросо-сдвиг по меридиональной плоскости $NP2$.

Следующее сильное землетрясение с $K_p=11.5$ произошло 24 марта в 02^h39^m в 40 км к юго-западу от предыдущего события. Согласно решению механизма очага (стереограмма № 6 на рис. 3), в его очаге произошел надвиг по плоскости, совпадающей с северо-восточным простираем тектонических структур и разломов Эльбурса в месте локализации эпицентра этого события. Из двух надвиговых плоскостей представляется действующей плоскость $NP2$, по которой реализовался отражающий надвиг юго-восточного крыла на северо-запад, т.е. надвиг Эльбурса в сторону Южно-Каспийского бассейна.

Третье сильное землетрясение с $K_p=11.6$ произошло 27 марта в 01^h31^m в 40 км к северо-востоку от события 7 марта с $K_p=11.8$. Хотя ориентация нодальных плоскостей (стереограмма № 7 на рис. 3) практически та же, что и у землетрясения 7 марта, движение в очаге землетрясения 27 марта противоположное – взбросо-сдвиг по вертикальной меридиональной плоскости $NP1$, или правый сдвиг с небольшой компонентой взброса по широтной плоскости $NP2$.

Еще одно довольно крупное землетрясение с $K_p=10.9$ возникло 13 апреля в 01^h44^m в 30 км к северо-востоку от землетрясения 7 марта. Его механизм очага (стереограмма № 9 на рис. 3) представлял левый сдвиг по плоскости $NP1$ северо-западного простираем, или правый сбросо-сдвиг по плоскости $NP2$ северо-восточного простираем.

1 ноября в 20^h20^m в северо-восточной части Горган-Гомбеде-Кабусской зоны зарегистрировано землетрясение с $K_p=10.7$. В отличие от четырех вышеописанных землетрясений этой зоны, оно сопровождалось роем афтершоков с $K_p=7-9$.

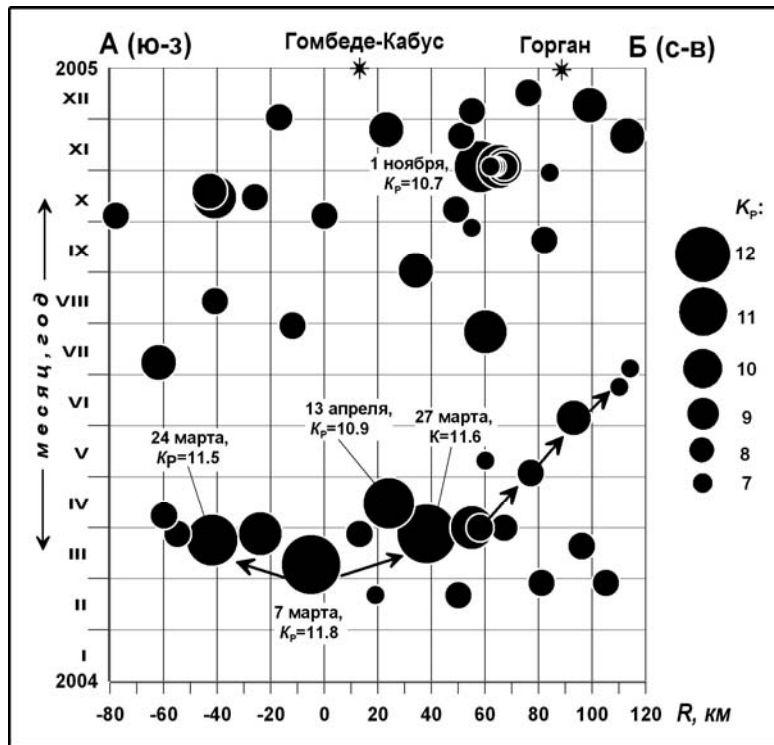


Рис. 6. Пространственно-временное развитие сейсмического процесса в Горган-Гомбеде-Кабусской зоне шириной 80 км в проекции на линию АВ (на рис. 2, где границы выборки показаны пунктирной линией)

В мае активизировался участок Хазарского разлома на южном побережье Каспийского моря (рис. 2): 28 мая в 12^h38^m в 25 км от иранского г. Чалус и в 85 км от Тегерана произошло землетрясение с $MS=6.3$), подробно описанное в отдельной статье [14] наст. сб.

Этрекская очаговая зона уже с марта прорабатывалась толчками с $K_p=8-10$, которые предшествовали землетрясению 7 октября в 21^h46^m с $K_p=13.2$. Основной толчок ощущался в поселках Этрек (34 км) и Эсенгулы (50 км) с интенсивностью 3–4 балла. В его очаге (стереограмма № 22 на рис. 3) произошел взброс по субмеридиональной плоскости $NP1$ или по плоскости $NP2$ юго-западного простиранья.

Этрекское землетрясение вызвало интенсивную и кратковременную серию афтершоков с $K_p=6-11$. Большинство из них произошло в течение двух суток после основного толчка, а после 3 ноября не было зарегистрировано ни одного землетрясения в этой очаговой зоне. Максимальный афтершок возник на следующий день после основного толчка, 8 октября в 13^h45^m с $K_p=11.5$. Он ощущался в Этреке (36 км) и Эсенгулы (55 км) с интенсивностью 2–3 балла. Механизм очага этого афтершока (стереограмма № 23 на рис. 3) противоположен механизму основного толчка: в очаге произошел сброс по плоскости $NP1$ юго-западного, или плоскости $NP2$ северо-восточного простиранья. Среди остальных повторных толчков четыре – с $K_p=10$, двенадцать – с $K_p=9$ и множество более слабых.

На территории Туркмено-Хорасанского района (№3), по сравнению с данными за 2003 г. [10], понизились практически все характеристики сейсмического режима: выделившаяся сейсмическая энергия, число землетрясений всех энергетических классов, сейсмическая активность A_{10} при неизменном γ .

Тем не менее Боджнурдская очаговая зона, как и в предыдущие годы, оставалась активной. В 2004 г. эпицентры землетрясений располагались субмеридионально между городами Арчман и Исфараен (рис. 2). На рис. 7 показано пространственно-временное развитие сейсмического процесса в зоне с координатами: $\varphi=36.9-38.6^\circ N$; $\lambda=57.0-58.0^\circ E$ в проекции на долготу. Активизация началась практически одновременно на северном и южном участках: 5 января в 05^h00^m произошло землетрясение с $K_p=10.3$ на юге, в 30 км юго-восточнее Боджнурда, а 6 января в 02^h05^m произошло землетрясение с $K_p=10.6$ на севере, в 20 км юго-восточнее сейсмической станции «Сунча», в месте ответвления Гермабского разлома от Копетдаг-Большебалханского. Оба

землетрясения сопровождалось собственными афтершоками, причем афтершоки землетрясения 6 января имели тенденцию смещаться в южном направлении, к очагу будущего главного толчка. В марте началась «проработка» землетрясениями с $K_p \leq 9$ участка между эпицентрами землетрясений 5 и 6 января. При этом на севере продолжалась активизация в очаговой зоне землетрясения 6 января. Здесь 4 мая в 20^h28^m произошло землетрясение с $K_p=10.2$, вызвавшее новый всплеск афтершоковой активности.

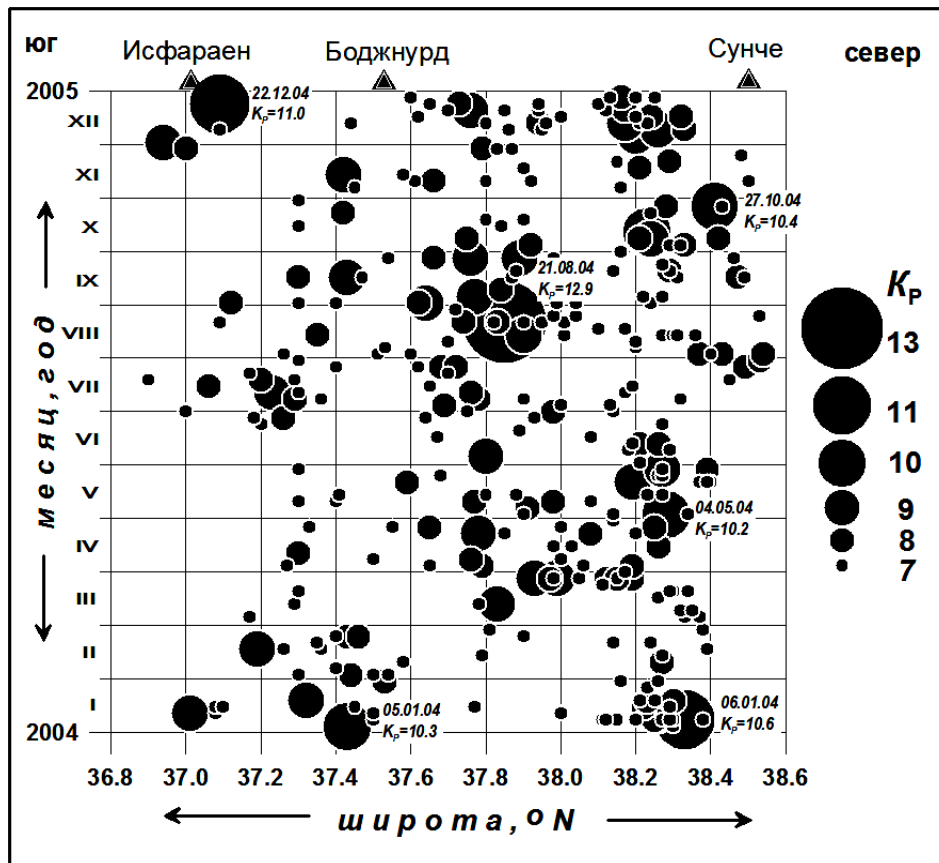


Рис. 7. Пространственно-временное развитие сейсмического процесса в Боджнурдской очаговой зоне с координатами $\varphi=36.9-38.6^\circ\text{N}$; $\lambda=57.0-58.0^\circ\text{E}$

Самое сильное ($K_p=12.9$) землетрясение Туркмено-Хорасанского района произошло 21 августа в 03^h32^m в 35 км севернее Боджнурда [5]. Как видно из рис. 7, оно не предварялось сейсмическим затишьем, наоборот, в будущей очаговой зоне наблюдался всплеск сейсмической активности на уровне $K_p \leq 9$. Землетрясение 21 августа ощущалось в приграничных селениях Туркменистана с интенсивностью 4 балла, в Бахарлы (73 км) и Ашхабаде (79 км) – 3 балла. Механизм его очага (стереограмма № 21 на рис. 3) представлял собой поддвиг по плоскости $NP1$ юго-восточного простирания, или сброс по меридиональной плоскости $NP2$. За главным толчком последовало множество афтершоков с $K_p \leq 9$, которые регистрировались до конца года.

Второе по выделившейся энергии землетрясение района № 3 произошло 20 марта в 16^h10^m с $K_p=11.6$ на южной границе регионе. В его очаге (стереограмма № 5 на рис. 3) произошел взброс по одной из плоскостей северо-западной ориентации, ориентированных в крест сейсмогенерирующей зоне.

В Восточном Туркменистане (район № 4) за счет снижения общего числа землетрясений, в том числе событий с $K_p=11$, несколько понизились выделившаяся сейсмическая энергия ΣE и сейсмическая активность A_{10} , при неизменном наклоне графика повторяемости γ .

Самой активной в 2004 г. в этом районе была Газлийская очаговая зона. Здесь 18 апреля в 19^h40^m и 8 мая в 03^h24^m произошло два землетрясения $K_p=11$, а через пять месяцев, 8 октября в 16^h04^m, реализовался главный толчок с $K_p=12$. В ноябре и декабре зарегистрированы два афтершока с $K_p=10$.

На туркменской территории, в районе Койтендага (сейсмическая станция «Кугитанг») 31 октября 17^h20^m зарегистрировано землетрясение с $K_p=10.3$, которое ощущалось в Койтендаге (20 км) с интенсивностью $I=4$ балла, в Магданлы (35 км) – 2–3 балла.

В Центрально-Каракумском районе (№ 5) зарегистрировано лишь одно слабое землетрясение с $K_p=6.3$, произошедшее на западной границе района, в 60 км к югу от пос. Чагыл.

Л и т е р а т у р а

1. **Рахимов А.Р., Славина Л.Б.** Региональный годограф Копетдагской сейсмической зоны // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1984. – № 3. – С. 31–38.
2. **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.
3. **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.
4. **Голинский Г.Л.** Уравнения макросейсмического поля землетрясений Туркмении // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1977. – № 1. – С. 69–74.
5. **Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Тачов Б., Мамедязова М.Т., Халлаева А.Т., Дурасова И.А., Эсенова А., Петрова Н.В., Мустафаев Н.С.** Каталог землетрясений Копетдага за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. <http://www.isc.ac.uk>
7. **Петрова Н.В.** Соотношения между оценками величины землетрясений Копетдага по данным различных сейсмологических центров. (См. раздел V (Методические вопросы) в наст. сб.).
8. **Безменова Л.В., Петров В.А., Петрова Н.В. (отв. сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Копетдага за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. **Мострюков А.О., Петров В.А.** Каталог механизмов очагов землетрясений, 1964–1990 гг. // Материалы Мирового центра данных -Б. – М.: 1994. – 87 с.
10. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Безменова Л.В., Сарыева Г.Ч.** Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии, 2003. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 97–108.
11. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Безменова Л.В., Рахимов А.Р.** Балханское землетрясение 6 декабря 2000 г. с $M_S=7.3$, $I_0=8-9$ (Копетдаг) // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 306–320.
12. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Безменова Л.В., Сарыева Г.Ч.** Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 120–139.
13. **Ишутин В.В., Лыков В.И., Одеков О.А.** Геотектонические особенности глубинной структуры Туркменистана. – Изв. АН ТССР. – Сер. ФТХиГН. – 1970. – № 2. – С. 106–113.
14. **Петрова Н.В., Михайлова Р.С.** Чалусское землетрясение 28 мая 2004 г. с $M_w=6.3$, $I_0=8$ (Копетдаг). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
15. **Сарыева Г.Ч., Артёмова Е.В., Михайлова Р.С.** Землетрясения очаговой зоны Чалусского землетрясения 28.05.2004 г. с 1 января по 31 декабря 2004 г. в пределах координат 35.0–37.5°N и 50.0–43.0°E. (См. Приложение к наст. сб. на CD).