

## КОПЕТДАГ

Т.А. Аннаорова<sup>1</sup>, Л.В. Безменова<sup>1</sup>, Н.В. Петрова<sup>2</sup>, Г.Ч. Сарыева<sup>3</sup>, М.М. Чарыев<sup>1</sup><sup>1</sup> Институт сейсмологии АН Туркменистана, г. Ашхабад, [tm.seismology@online.tm](mailto:tm.seismology@online.tm)<sup>2</sup> Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, [npetrova@gsras.ru](mailto:npetrova@gsras.ru)<sup>3</sup> Государственная Сейсмологическая служба АН Туркменистана, г. Ашхабад, [gssturkm2010@mail.ru](mailto:gssturkm2010@mail.ru)

В 2007 г. стационарные сейсмические наблюдения на территории Туркменистана велись 22 станциями, из них 20 аналоговых и две цифровых («Геокча» системы IRIS и «Гермаб», Дельта Геон). Кроме того, в пунктах Гаудан, Бахарлы и Маныш продолжали функционировать три автономные цифровые станции типа Дельта Геон. В апреле 2007 г. станция «Бахарлы» была перенесена в пункт Ковата с соответствующим изменением названия станции (рис. 1). Станции Дельта Геон оснащены сейсмоприемниками СК-П1 в качестве датчика со столообразной характеристикой коэффициента чувствительности в интервале  $\Delta T=0.3-0.8$  с (табл. 1, 2), регистрация землетрясений велась с частотой дискретизации 31 Гц на сменную флеш-карту, с объемом недельной записи 220 Мбт. Все цифровые станции установлены на выходах коренных пород Копетдага (рис. 1). Высокая плотность расположения сейсмических станций в Центральном Копетдаге, между станциями «Кёнекесир» и «Маныш», обеспечивает в этом районе Туркменистана наилучшую энергетическую представительство,  $K_{\min}=6$  (рис. 1), которая практически не изменилась с вводом в эксплуатацию станции «Ковата», Дельта Геон. Конфигурация изолиний  $K_{\min}$  на всей территории Копетдагского региона осталась прежней, по сравнению с таковой в 2006 г. [1, 2].

**Таблица 1.** Сейсмические станции Туркменистана (в хронологии их открытия), действовавшие в 2007 г., и параметры аппаратуры

№	Станция		Дата открытия (закрытия)	Координаты		$h_y$ , м	Аппаратура				
	Название	Код		$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		Тип прибора	Компонента	$V_{\max}$	$\Delta T_{\max}$ , с	
		межд.									рег.
1	Ашхабад (г. Ашгабат)	ASH	Ашх	16.02.1947	37.96	58.37	305	СКМ-3	N, E, Z	6000	0.2–1.2
								СК	N, E, Z	1000	0.30–10
								C-5-C	N, E, Z	100	0.20–3.2
								ИСО+C-5-C	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 <sup>2</sup>	0.05							
2	Кизыл-Арват (г. Сердар)	КАТ	Кат	01.01.1950	38.97	56.28	110	ИСО+C-5-C	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 <sup>2</sup>	0.05
3	Ванновская (г. Арчабил)	VAN	Ван	07.07.1952	37.95	58.11	580	СКМ-3	N	70000	0.24–1.39
									E	70000	0.18–1.61
									Z	70000	0.20–1.63
								C-5-C	N	1000	0.18–3.12
									Z	1000	0.16–3.81
									E	1000	0.20–2.10
								ИСО+C-5-C	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 <sup>2</sup>	0.05								
4	Красноводск (г. Туркменбаши)	KRF	Крс	31.03.1966	40.04	53.00	10	СКМ-3	N	30000	0.20–0.89
									E		0.23–0.90
									Z		0.23–0.86
								СК	N	1000	0.25–9.30
									E	100	0.90–9.00
									Z	1000	2.90–9.10

№	Станция			Дата открытия (закрытия)	Координаты		$h_{y,}$ м	Аппаратура			
	Название	Код			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		Тип прибора	Компо- нента	$V_{max}$	$\Delta T_{max,}$ с
		межд.	рег.								
								ИСО+С-5-С	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 <sup>2</sup>	0.05
5	Небит-Даг (г. Балканабат)	NBD	Нбд	12.02.1966	39.51	54.39	15	СКМ-3	N	5070	0.13–1.20
									E	4610	0.14–1.30
									Z	5880	0.13–1.22
								СКД	N	1000	0.30–9.45
									E	1000	0.28–9.60
									Z	1000	0.33–8.20
								ИСО+С-5-С	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 <sup>2</sup>	0.05
6	Кизыл-Атрек (пос. Этрек)	GZLA	Ктр	10.10.1968	37.68	54.77	55	СМ-3	N	5000	0.25–1.25
									E	5000	0.25–1.36
									Z	5000	0.42–1.39
								СКД	N	1000	0.28–18.3
									E	1000	0.61–18.6
									Z	1000	0.35–17.6
								ИСО+С-5-С	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
7	Кара-Кала (пос. Магтым- гулы)	GARG	Крк	26.03.1971	38.44	56.27	315	СКМ-3	N	4770	0.25–1.30
									E	5000	0.25–1.20
									Z	5450	0.25–1.20
								СМТР		8.0	
								ИСО+С-5-С	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
8	Чагыл (с. Чагыл)	SAGT	Чгл	11.11.1972	40.78	55.38	144	СКМ-3	N	40000	0.13–0.79
									E	40000	0.22–0.64
									Z	40000	0.18–0.72
								ИСО+С-5-С	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
9	Каушут (с. Говшут)	КАН	Кшт	24.06.1977	37.46	59.49	257	ВЭГИК	N	9850	0.24–1.14
									E	9910	0.23–1.35
									Z	10000	0.20–1.30
								ИСО+С-5-С	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
10	Маныш (с. Касамлы)	MNYS	Мнш	04.01.1978	37.72	58.61	680	СКМ-3	N	6000	0.14–1.30
									E	30000	0.17–1.32
									Z	30000	0.22–1.29
								ИСО+С-5-С	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
11	Овадан-Тепе (с. Овадантепе)		Овд	12.04.1978	38.11	58.36	160	СМ-3	N	4700	0.26–1.40
									E	5000	0.19–1.35
									Z	5000	0.27–1.43
								ИСО+С-5-С	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
12	Серный (с. Серный завод)		Срн	01.12.1980	39.99	58.83	120	СКМ-3	N	50000	0.19–0.82
									E	50000	0.52–0.98
									Z	54000	0.18–0.76
13	Гермаб (с. Гермап)		Грм	24.05.1980	38.01	57.75	775	ИСО+С-5-С	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
				19.11.2004					Z	0.1 с	0.01–4.5
14	Серахс (пос. Серахс)		Срх	01.01.1982	36.53	61.21		СМ-3	N	11000	0.20–1.54
									E	13300	0.20–1.15
									Z	9800	0.11–1.47
								ССРЗ	N, E, Z	0.0021 с <sup>2</sup>	

№	Станция			Дата открытия (закрытия)	Координаты		$h_y$ , м	Аппаратура			
	Название	Код			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		Тип прибора	Компо- нента	$V_{max}$	$\Delta T_{max}$ , с
		межд.	рег.								
15	Гаурдак (г. Магданлы)		Грд	01.12.1985	37.80	66.05	460	СМ-3	N E Z	12000 10000 10000	0.10–1.30 0.16–1.28 0.20–1.30
								ИСО+С-5-С	N, E Z	0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.01–4.5 0.01–4.5
16	Кушка (г. Серхетабат)		Кшк	01.01.1986	35.27	62.31	650	СМ-3	N E Z	10000 10000 10000	0.23–0.88 0.22–0.88 0.24–0.87
								ИСО+С-5-С	N, E Z	0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.01–4.5 0.01–4.5
17	Даната (с. Дянеата)		Днт	24.04.1988	39.07	55.17		СКМ-3	N E Z	31000 27000 28000	0.19–0.89 0.18–0.87 0.14–0.88
								ССРЗ-М	N, E, Z	0.0021 с <sup>2</sup>	0.05
18	Сунча (с. Сунче)		Сун	01.10.1990	38.50	57.30		СМ-3 КВ РВЗ	N E Z	8878 9420 10000	0.58–1.43 0.76–1.54 0.60–1.34
19	Карлюк (с. Кюнджек)		Кар	20.07.1992	37.56	66.43		СМ-3	N E Z	19000 20000 20000	0.25–1.27 0.20–1.30 0.39–1.21
								ИСО+С-5-С	N, E Z	0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.01–4.5 0.01–4.5
20	Кугитанг (с. Койтен)		Куг	05.10.1992	37.91	66.48		СМ-3	N E Z	2000 10000 10000	0.17–1.31 0.19–1.30 0.18–1.33
								ИСО+С-5-С	N, E Z	0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.01–4.5 0.10–4.5
21	Кёнекесир (с. Кёнекесир)		Кнк	04.09.1995	38.20	56.90		СМ-3+РВЗ	N E Z	40000 40000 40000	0.20–1.50 0.50–1.40 0.30–1.20
								ССРЗ-М	N, E, Z	0.002 с <sup>2</sup>	0.05
22	Геокча (г. Арчабил)		Гкч	20.11.2000	37.93	58.12		IRIS			
23	Гаудан		Гдн	07.2006	37.67	58.35		Дельта Геон (автономная)			
24	Бахарлы		Бхн	01.01.2006 (01.04.2007)	38.21	57.23		Дельта Геон (автономная)			
25	Маныш		Мн2	01.01.2006	37.73	58.61		Дельта Геон (автономная)			
26	Ковата		Ков	01.04.2007	37.3	57.51		Дельта Геон (автономная)			

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2007 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разряд- ность 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	$6.25 \cdot 10^8$
Гермаб	Дельта-Геон+СК-П1	SH (N, Z, E) v	0.3–0.8	31	24	$1.00 \cdot 10^7$
Гаудан	Дельта-Геон+СК-П1	SH (N, Z, E) v	0.3–0.8	31	24	$1.00 \cdot 10^7$
Бахарлы	Дельта-Геон+СК-П1	SH (N, Z, E) v	0.3–0.8	31	24	$1.00 \cdot 10^7$
Маныш	Дельта-Геон+СК-П1	SH (N, Z, E) v	0.3–0.8	31	24	$1.00 \cdot 10^7$
Ковата	Дельта-Геон+СК-П1	SH (N, Z, E) v	0.3–0.8	31	24	$1.00 \cdot 10^7$

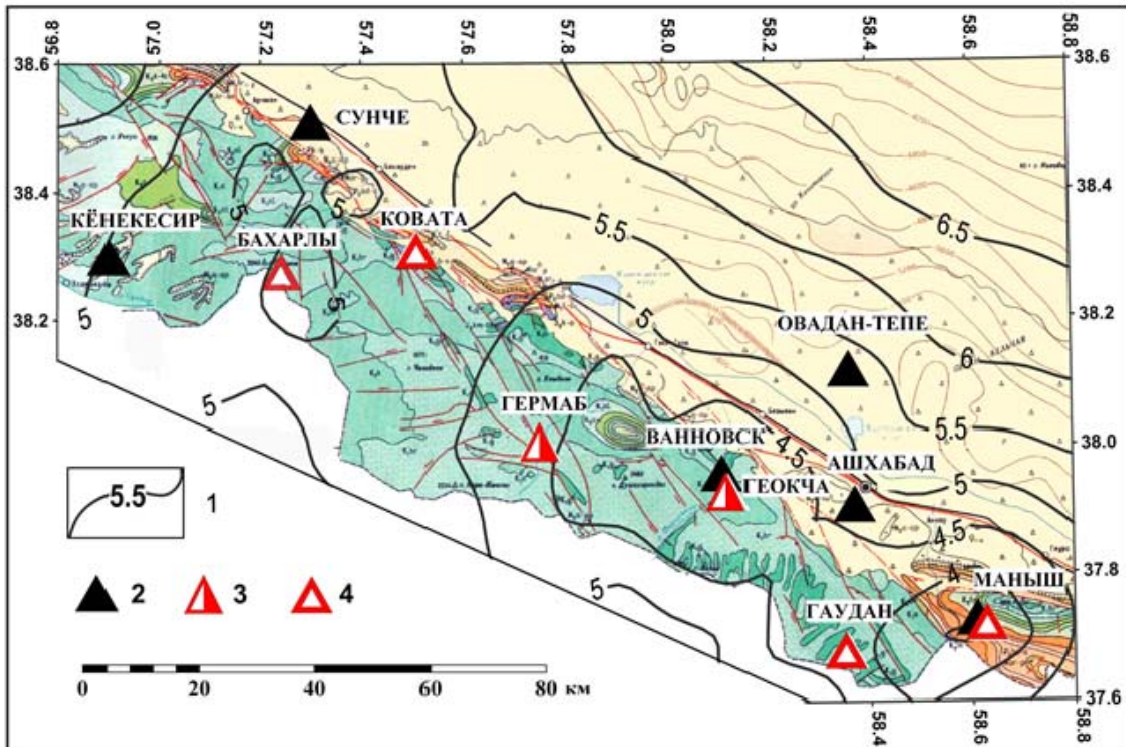


Рис. 1. Участок наибольшей плотности сейсмических станций Туркменистана и наилучшей в 2007 г. энергетической представительности  $K_{\min}=4-6$

1 – стационарная аналоговая станция; 2 – стационарная цифровая станция («Геокча» типа IRIS и «Гермаб» типа Дельта-Геон); 3 – автономная цифровая станция типа Дельта-Геон.

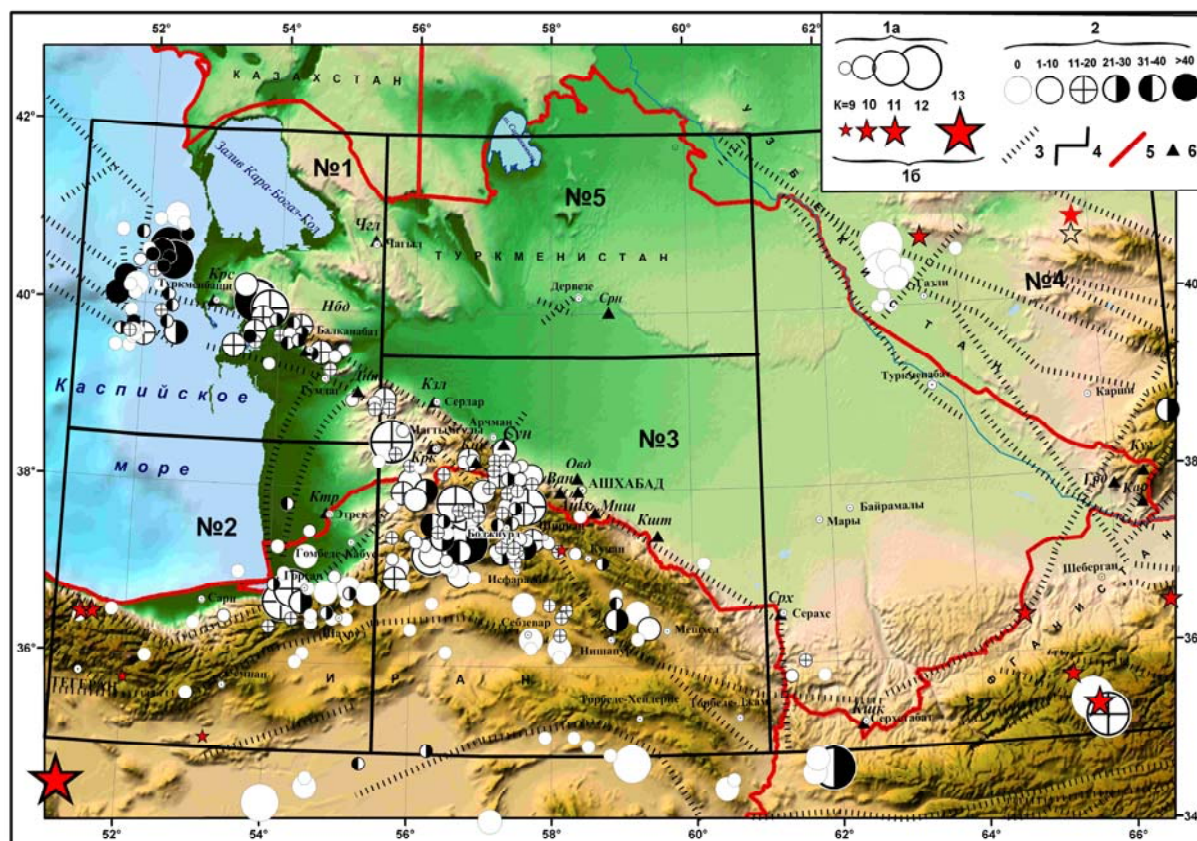
Как и в предыдущие годы, кинематические параметры землетрясений Копетдага определялись на основе региональных блочных годографов [3], энергетический класс  $K_p$  – по палетке Т.Г. Раутиан [4], магнитуды  $MPVA$  – согласно [5], макросейсмические характеристики ощутимых землетрясений – на основе регионального уравнения макросейсмического поля [6]. Правильность и полнота обработки контролировались путем сопоставления кинематических и динамических параметров общих землетрясений из регионального каталога [7] с бюллетенями Международного сейсмологического центра ISC [8]. Для перевода в энергетические классы магнитуд  $MS$ ,  $MPSP$  (MOS),  $M_s$ ,  $m_b$  (ISC),  $M_n$  (ТЕН),  $ML$  (ТНР) и  $ML$  (CSEM), публикуемых в [8], использовались соотношения из [9, 10]. Для оценки энергетической представительности регистрации землетрясений Копетдага смешанной сетью цифровых и аналоговых сейсмических станций Туркменистана использовались новая методика и программное обеспечение, описанные в специальной статье в этом сборнике [2]. Их разработка вызвана массовым внедрением, начиная с 2004 г., цифровых сейсмических станций на территории Туркменистана, для которых неприемлем подход [11, 12], использовавшийся ранее для аналоговых станций.

В каталоге [7] и на карте эпицентров землетрясений Копетдага (рис. 2) приведены все события с  $K_p \geq 8.6$ , зарегистрированные сетью сейсмических станций Туркменистана в 2007 г. как в границах региона (табл. 3), так и за его пределами. Звездочками на рис. 2 показаны дополнительные землетрясения из каталога ISC [8]. Их параметры, в том числе расчетный энергетический класс  $K_{\text{расч}}$ , полученный с помощью региональных переходных соотношений [9, 10], приведены в отдельном каталоге [13]. Однако при расчете параметров сейсмического режима землетрясения из каталога [13] не учитывались.

Механизмы очагов землетрясений Копетдага за 2007 г., определенные по знакам первых вступлений  $P$ -волн на сейсмических станциях Туркменистана с привлечением данных станций глобальной сети из [8], представлены в [14] и на рис. 3. Для двух крупных землетрясений на территории Афганистана и Северного Ирана – 15 января в  $11^{\text{h}}24^{\text{m}}$  с  $K_p=12.4$  и 18 июня в  $14^{\text{h}}29^{\text{m}}$  с  $M_s=5.1$  ( $K_{\text{расч}}=13.2$ ) – соответственно, приведены решения механизмов очагов из каталогов международных агентств GCMT и NEIC, полученные методом тензора сейсмического момента [8].

**Таблица 3.** Координаты и площади пяти районов и региона в целом, а также значения в них  $K_{3min}$  и  $K_{\gamma min}$

№	Район	$\varphi_1^\circ - \varphi_2^\circ, N$	$\lambda_1^\circ - \lambda_2^\circ, E$	$S, 10^3 \text{ км}^2$	$K_{3min}$	$K_{\gamma min}$
1	Балхано-Каспийский	38.5–42.0	51.0–55.5	149	8–9	8
2	Эльбурский	35.0–38.5	51.0–55.5	156	9–10	9
3	Туркмено-Хорасанский	35.0–39.5	55.5–61.0	243	8	8
4	Восточный Туркменистан	35.0–42.0	61.0–67.0	407	9–10	9
5	Центрально-Каракумский	39.5–42.0	55.5–61.0	130	8–9	
	Копетдаг	35.0–42.0	51.0–67.0	1082	9–10	9



**Рис. 2.** Карта эпицентров землетрясений Копетдага за 2007 г. (звездочками показаны дополнительные землетрясения [13] из бюллетеня ISC [8])

1 а, б – энергетический класс  $K_r$  для землетрясений из основного [7] и дополнительного [13] каталогов соответственно; 2 – глубина гипоцентра  $h$ , км; 3 – глубинный разлом; 4 – граница сейсмоактивного района; 5 – государственная граница; 6 – сейсмическая станция.

В 2007 г. продолжилось отмеченное в [1] уменьшение сейсмической энергии, выделившейся на территории Копетдагского региона ( $E=8.28 \cdot 10^{12}$  Дж по сравнению с  $E=17.8 \cdot 10^{12}$  Дж в 2006 г.), выразившееся в отсутствии землетрясений  $K_r \geq 13$  в анализируемом году. Однако число землетрясений меньших энергетических классов возросло во всех сейсмоактивных районах. В отличие от предыдущих лет, значительная часть общей выделившейся сейсмической энергии приходится на район № 3 («Восточный Туркменистан»), так же как минимальное число землетрясений и минимальное значение угла  $\gamma$  наклона графика повторяемости (табл. 4).

В 2007 г. сетью сейсмических станций Туркменистана зарегистрировано семь землетрясений с  $K_r \geq 12$ , из них одно отмечено в Северном Иране, в 60 км западнее г. Боджнурд, одно – в районе Газли, три – на территории Северного Афганистана (два из них – чуть выше



южной границы региона и одно – чуть ниже). Непосредственно на территории Туркменистана произошло два землетрясения одинакового класса с  $K_p=11.7$ : 28 апреля в  $20^{h}11^m$  в 57 км к востоку от г. Туркменбаши (Балхано-Каспийский район) и 19 августа в  $13^{h}45^m$  к западу от пос. Магтымгулы (Туркмено-Хорасанский район) (рис. 2).

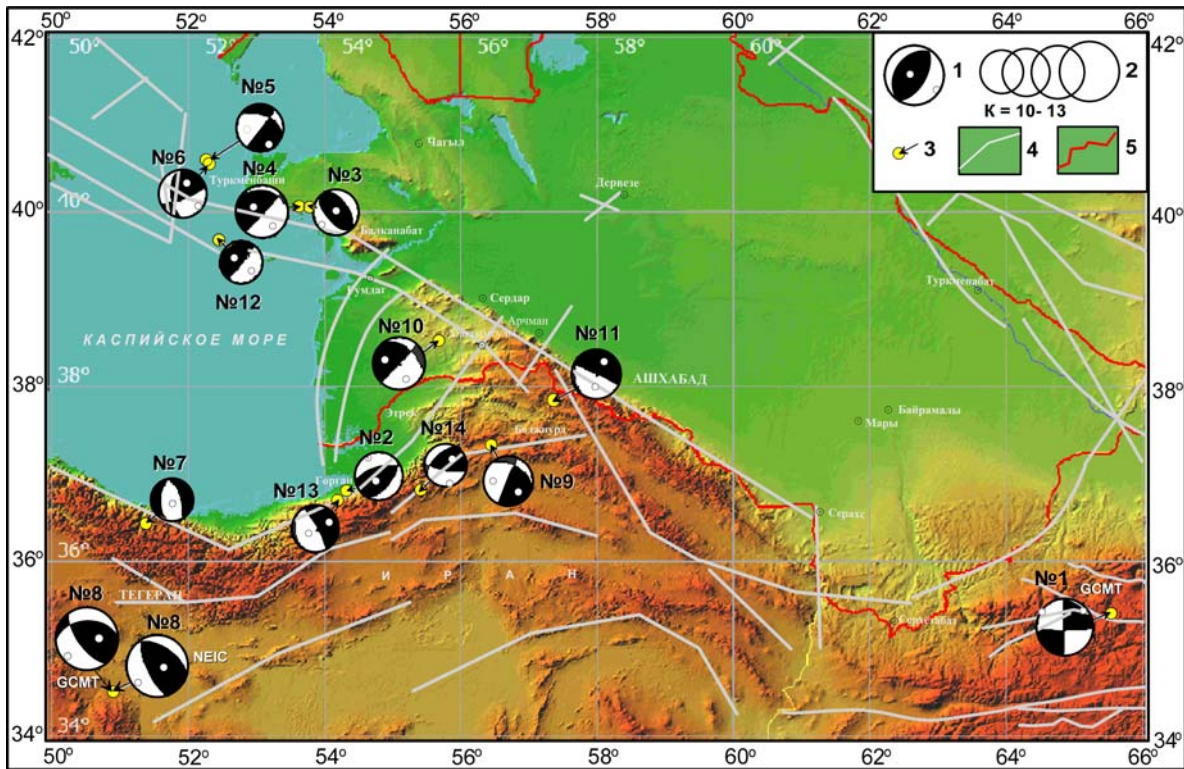


Рис. 3 Механизмы очагов землетрясений Копетдага в 2007 г.

1 – стереограмма механизма очага в проекции нижней полусферы, зачернена область сжатия, номер рядом со стереограммой соответствует номеру механизма очага в [14]; 2 – энергетический класс землетрясений без округления до целых классов; 3 – эпицентр землетрясения с известным механизмом очага; 4 – глубинный разлом; 5 – государственная граница.

Таблица 4. Распределение по районам числа землетрясений разных классов  $K_p$ , суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  и параметров  $A_{10}$  и  $\gamma$  сейсмического режима

№	Район	$K_p$					$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^{12}$ Дж	$\gamma$	$A_{10}$	$\Delta K$
		8	9	10	11	12					
1	Балхано-Каспийский	118	46	14	3	1	182	0.851	0.57	0.085	9–12
2	Эльбурский	41	28	5	2		76	0.214	0.57	0.042	9–12
3	Туркмено-Хорасанский	190	73	28	4	2	297	2.00	0.55	0.088	8–12
4	Восточный Туркменистан	5	7	4	1	3	20	5.21	0.17	0.091	9–12
	Копетдаг	354	154	51	10	6	575	8.28	0.49	0.043	9–12

Примечание.  $\Delta K$  – диапазон энергетических классов для определения параметров  $\gamma, A_{10}$ .

Пространственно сейсмичность приурочена к основным активным зонам Копетдагского региона. Продолжали «работать» Балханская зона, совпадающая по простиранию с Копетдаг-Большебалханским глубинным разломом; меридиональная Каспийская зона, секущая северо-западное продолжение названного разлома; дугообразная Туркмено-Хорасанская зона, локализованная преимущественно на территории Северного Ирана и включающая активные Эльбурс-Аладагские структуры северо-восточного простирания, участок Копетдаг-Большебалханского разлома на вершине дуги, в районе пос. Арчман, и ответвляющийся от него в юго-восточном направлении Гермабский разлом; меридиональная зона в районе очага Боджнурдского землетрясения 04.02.1997 г. с  $M_S=6.6, I_0=8$  баллов [15], протягивающаяся от

пос. Арчман на территории Туркменистана до иранского г. Боджнурд; Газлийская зона на территории Узбекистана, вблизи северо-восточной границы Туркменистана, а также северо-афганская зона на его юго-восточной границе (рис. 2).

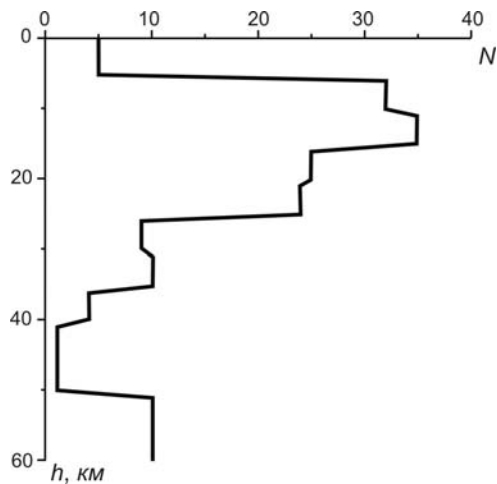


Рис. 4. Распределение в Копетдагском регионе числа землетрясений  $N$  по интервалам глубин  $h$  гипоцентров

Большинство гипоцентров землетрясений Копетдагского региона приурочено к уровню глубин  $h=5-15$  км, а затем спад до глубины  $h=40$  км (рис. 4). Вместе с тем наблюдаются пространственные вариации мощности сейсмогенного слоя, которые демонстрирует рис. 5. На нем представлен вертикальный разрез сейсмичности вдоль отмеченного на карте профиля АБ, на который спроецированы гипоцентры землетрясений, расположенных в прямоугольной области на карте. Эта область охватывает зону Копетдаг-Большебалханского сейсмогенерирующего разлома с  $M_{max}=8$ , локализованного на территории Туркменистана и имеющего продолжение в Каспийском море (рис. 2, 3, 5). Как видно из врезки на рис. 5, отмечается заглубление гипоцентров землетрясений в районе Большого Балхана и Каспийского моря с максимальными глубинами землетрясений (более 60 км) в районе пересечения Копетдаг-Большебалханского с меридиональным Среднекаспийским разломом (вблизи точки Б на карте).

чения Копетдаг-Большебалханского с меридиональным Среднекаспийским разломом (вблизи точки Б на карте).

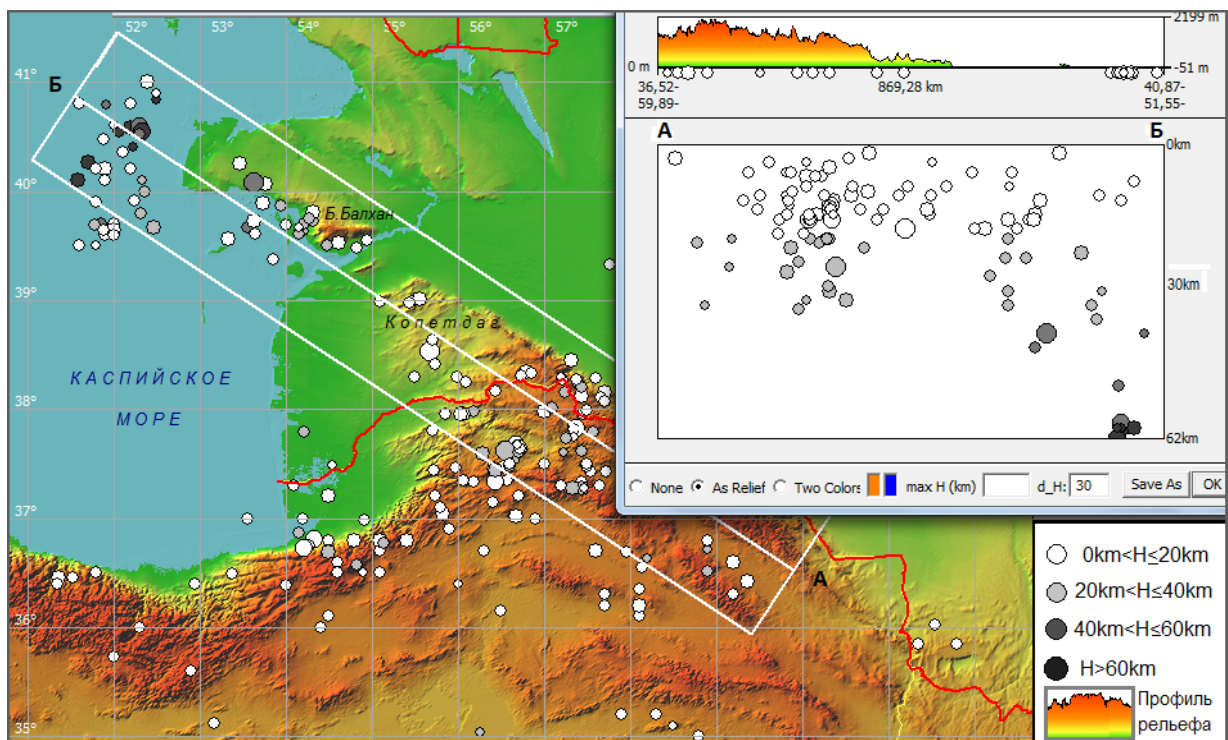


Рис. 5. Вертикальный разрез сейсмичности вдоль отмеченного на карте профиля АБ

Сейсмическая активность и сейсмическая энергия на территории **Балхано-Каспийского района (№ 1)** оставалась на низком уровне. Было зарегистрировано три землетрясения с  $K_p=11$  и одно землетрясение с  $K_p=11.7$ , которое, как указано выше, произошло 28 апреля в 20<sup>h</sup>11<sup>m</sup> восточнее г. Туркменбаши и проявилось там с интенсивностью  $I=2-3$  балла [7]. Механизм очага этого землетрясения (№ 4 на рис. 3) определен по данным о первых вступлениях продольных

волн на региональных станциях с привлечением знаков первых вступлений  $P$ -волн на станциях международной сети. В результате получены две возможные плоскости разрыва – субвертикальная плоскость  $NP1$  северо-восточного простирания с подвижкой типа взброс и субгоризонтальная широтная плоскость  $NP2$ , по которой произошел надвиг северного крыла разрыва с компонентой правостороннего сдвига. Поскольку ориентация нодальной плоскости  $NP2$  близка к простиранию Копетдаг-Большебалханского разлома, к которому приурочен эпицентр землетрясения, а надвиговая подвижка северного крыла и правостороннее смещение по разлому являются типичными на этом его участке, можно выбрать плоскость  $NP2$  в качестве действующей. Этому землетрясению предшествовал толчок 11 марта с  $K_p=10.6$  в  $14^h44^m$  практически с теми же координатами (№ 3 на рис. 3). Подвижка в очаге этого землетрясения представляла собой надвиг северо-восточного крыла разрыва по плоскости  $NP1$  северо-западного простирания, или взброс юго-западного крыла по плоскости  $NP2$  юго-восточного простирания. Подобные типы движений в условиях близмеридионального субгоризонтального сжатия и близкого к вертикальному растяжения типичны для данного участка региона [16], однако движение по плоскости  $NP1$  (надвиг северного крыла) более соответствует тектоническим представлениям о характере деформирования рассматриваемого района.

Два землетрясения с  $K_p=11$  произошли в Каспийском море – 11 мая в  $20^h42^m$  с  $K_p=10.7$  и 26 мая в  $22^h54^m$  с  $K_p=10.8$  (№ 5, 6 на рис. 3 соответственно). Подвижка в очаге первого из них представляла собой либо левосторонний сдвиг, либо правосторонний сдвиг-сброс по плоскости субширотной ( $NP1$ ) или северо-восточного простирания ( $NP2$ ) соответственно. Движение в очаге второго события проявилось как правосторонний взбросо-сдвиг по плоскости  $NP1$  северо-восточного простирания или взбросо-надвиг по меридиональной плоскости  $NP2$ .

**Эльбурский район (№ 2)** отличался в 2007 г. пониженной сейсмичностью, а именно низкими значениями сейсмической активности и выделившейся сейсмической энергии на фоне повышенного значения угла  $\gamma$  наклона графика повторяемости. 3 февраля в  $08^h30^m$  в районе зарегистрировано землетрясение с  $K_p=10.6$ , механизм которого (№ 2 на рис. 3) представлял собой надвиг юго-восточного крыла разрыва с компонентой левостороннего сдвига по плоскости  $NP1$  северо-восточного простирания, или взброс с компонентой правостороннего сдвига по субширотной плоскости  $NP2$ . Как показало сравнение с результатами исследования пространственного распределения механизмов очагов на территории Копетдагского региона [16], взбросовые подвижки типичны на данном участке региона. По тектоническим соображениям (приуроченность эпицентра землетрясения к разлому северо-восточного простирания и типичные левосторонние смещения по разломам данной ориентации, надвиг горной системы юго-восточного крыла разрыва на опущенное северо-западное) можно выбрать плоскость  $NP1$  в качестве действующей для данного землетрясения. Второе землетрясение с близкой энергией ( $K_p=10.7$ ), имеющее те же координаты, произошло 20 декабря в  $23^h19^m$  и имело противоположный механизм очага: сброс по меридиональной или северо-западной плоскости разрыва (№ 13 на рис. 2), поперечной простиранию тектонических структур Эльбурса и показанного на карте разлома, к которому приурочен эпицентр этого землетрясения. Был определен также механизм очага более слабого ( $K_p=10.0$ ) землетрясения в этом районе (№ 14 на рис. 2), зарегистрированного 24 декабря в  $20^h14^m$ , которое проявилось как надвиг с компонентой левостороннего сдвига по юго-западной плоскости  $NP1$ , или взброс с компонентой правостороннего сдвига – по субширотной  $NP2$ . По соображениям, аналогичным описанным выше для землетрясения 3 февраля, действующей является плоскость  $NP1$ .

Южнее Эльбурского района 18 июня в  $14^h29^m$  произошло сильное землетрясение с  $M_s=5.1$  ( $K_{расч}=13.2$ ) [13], механизм очага которого представлял собой надвиг или взброс со сдвиговыми компонентами по северо-западной плоскости (№ 8 на рис. 3).

**В Туркмено-Хорасанском районе (№ 3)**, как и для всего Копетдагского региона, значение  $\gamma$ , как и ранее [1], оставалось высоким при пониженных величинах выделившейся сейсмической энергии и сейсмической активности (табл. 4). На территории района произошло два землетрясения с  $K_p=12$  и четыре землетрясения с  $K_p=11$ .

Как отмечено выше, землетрясение с  $K_p=11.7$  произошло 20 апреля в  $08^h04^m$  на территории Северного Ирана. Механизм его очага не определен. Другое сильное землетрясение – 19 августа с  $K_p=11.7$  в  $13^h45^m$  – произошло в 55 км от пос. Магтымгулы на территории Туркме-



нистана и ощущалось жителями этого поселка с интенсивностью  $I=2-2.5$  балла. Механизм его очага (№ 10 на рис. 2) представлял собой левосторонний сдвиг-взброс по вертикальной плоскости северо-восточного простирания или пологий правосторонний сдвиг по плоскости юго-восточной ориентации. В очаге землетрясения 13 августа в  $04^{\text{h}}37^{\text{m}}$  с  $K_p=11.2$  (№ 9 на рис. 2) произошел взброс по вертикальной плоскости субмеридионального простирания или левосторонний сдвиг по пологой плоскости субширотной ориентации.

В очаговой зоне разрушительного Боджнурдского землетрясения 04.02.1997 г. [15] зарегистрировано землетрясение 20 августа в  $04^{\text{h}}53^{\text{m}}$  с  $K_p=11.2$  (№ 11 на рис. 2), механизм очага которого представлял собой сброс северного крыла разрыва по вертикальной субширотной плоскости  $NP1$ , или левосторонний сдвиг с компонентой поддвига по пологой плоскости  $NP2$ , ориентированной в меридиональном направлении.

**Восточный Туркменистан (№ 4)** оставался наиболее сейсмически активным в течение года, судя по выделившейся сейсмической энергии, которая составила за год  $\Sigma E=5.21 \cdot 10^{12}$  Дж. Низкое значение угла  $\gamma$  наклона графика повторяемости в этом районе объясняется нарушением соотношения между сильными и слабыми землетрясениями из-за низкой представительности ( $K_{\min}=9-10$  в целом по району № 4, при  $K_{\min}=10$  на его границах, в том числе на самых сейсмически активных его участках – в районе Газли и на территории Афганистана). Непосредственно в границах района № 4 зарегистрированы три землетрясения с  $K_p \div 12$ , из них одно – в районе пос. Газли, Западный Узбекистан, и два – в Северном Афганистане. Еще одно землетрясение с  $K_p \div 12$  произошло также в Афганистане, в 20 км южнее границ рассматриваемого района. Самое сильное ( $K_p=12.4$ ) событие в районе № 4 произошло 15 января в  $11^{\text{h}}24^{\text{m}}$  в Северном Афганистане. Механизм его очага, по данным GСMT (№ 1 на рис. 2), представлял собой сдвиг по вертикальной плоскости разрыва меридионального ( $NP1$ ) или широтного ( $NP2$ ) простирания. Эпицентр землетрясения приурочен к разлому субширотной ориентации, поэтому в качестве действующей следует выбрать, вероятно, плоскость  $NP2$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. Петрова Н.В., Аннаорова Т.А., Безменова Л.В., Сарыева Г.Ч., Чарыев М.М. Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 97–107.
2. Петрова Н.В., Абасеев С.С., Сарыева Г.Ч. Методы оценки  $K_{\min}$  при регистрации землетрясений цифровыми и аналоговыми станциями Туркменистана (См. раздел V (Методические вопросы) в наст. сб. на CD).
3. Рахимов А.Р., Славина Л.Б. Региональный годограф Копетдагской сейсмической зоны // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1984. – № 3. – С. 31–38.
4. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Труды ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93
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. Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Б. Тачов, А.Т. Халлаева, И.А. Дурасова, А. Эсенова, Т.А. Аннаорова, Н.С. Мустафаев, Е.В. Артемова. Каталог землетрясений Копетдага за 2007 г. ( $N=231$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
8. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2007.** – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2009. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
9. Петрова Н.В. Соотношения между оценками величины землетрясений Копетдага по данным различных сейсмологических центров // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 409–417.
10. Петрова Н.В. Магнитуды в международной сейсмологической практике и их связь с энергетическим классом по сети сейсмических станций Туркменистана // Материалы Международной конференции «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху великого возрождения». – Ашхабад: ЫЛЫМ, 2010. – С. 83–86.

11. **Аранович З.И., Ахалбедашвили А.М., Гоцадзе О.Д., Деканосидзе Ц.А.** Методика расчета эффективности сети сейсмических станций на примере Кавказа // Вопросы оптимизации и автоматизации сейсмологических наблюдений. – Тбилиси: Мецниереба, 1977. – С. 27–55.
12. **Аранович З.И., Артиков Т.У.** Расчет эффективности сети региональных сейсмических станций Средней Азии // Методика и результаты оценки эффективности региональных систем сейсмических наблюдений. – Тбилиси: Мецниереба, 1980. – С. 78–96.
13. **Артёмова Е.В., Петрова Н.В.** Дополнение к каталогу землетрясений Копетдага за 2007 г. ( $N=12$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
14. **Безменова Л.В., Петрова Н.В., Петров В.А. (отв. сост.), Аннаорова Т.А., Карцева Л.А.** Каталог механизмов очагов землетрясений Копетдага за 2007 г. ( $N=14$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
15. **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: ГС РАН, 2003. – С. 199–218.
16. **Петрова Н.В., Аннаорова Т.А.** Напряженное состояние и типы подвижек в очагах землетрясений Копетдаг-Каспийского региона // Материалы XVIII Международной конференции «Геологическая среда, минерагенические и сеймотектонические процессы». – Воронеж: Научная книга, 2012. – С. 260–264.