

КОПЕТДАГ

Н.В. Петрова, Л.В. Безменова, Г.Ч. Сарыева, М.М. Чарыев

Институт сейсмологии АН Туркменистана,
Государственная сейсмологическая служба АН Туркменистана,
г. Ашхабад, tm.seismology@online.tm

В 2005 г. стационарная сеть сейсмических наблюдений на территории Туркменистана насчитывала 20 аналоговых и одну цифровую станцию «Геокча» системы IRIS (табл. 1 и 2). К сожалению, из-за отсутствия фотобумаги и ухудшения условий регистрации был остановлен длиннопериодный комплект СКД на станции «Ванновская» еще в декабре 2004 г.

Таблица 1. Сейсмические станции Туркменистана (в хронологии их открытия), действовавшие в 2005 г., и параметры аппаратуры

№	Станция			Дата открытия	Координаты		h_y , м	Аппаратура			
	Название	Код			φ° , N	λ° , E		Тип прибора	КомпONENTА	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	6000	0.20–1.2
								СК	N, E, Z	1000	0.30–10
								С-5-С	N, E, Z	100	0.20–3.2
								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 ²	0.05							
2	Кизыл-Арват (г. Сердар)	КАТ	Кат	01.01.1950	38.97	56.28	110	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 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
								С-5-С	N	1000	0.18–3.12
									Z	950	0.16–3.81
									E	1000	0.20–2.10
								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 ²	0.05								
4	Красноводск (г. Туркменбаши)	KRF	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+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 ²	0.05								
5	Небит-Даг* (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	1000	0.17–17.4
									Z	1000	0.18–17.0
								ИСО+С-5-С	N, E	0.1 с; 2.5 с	0.01–4.5
									Z	0.1 с	0.01–4.5
ССРЗ-М	N, E, Z	0.002 с ²	0.05								
6	Кизыл-Атрек (пос. Этрек)	GZLA	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+С-5-С	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	КомпONENTA	V_{\max}	ΔT_{\max} , с
		межд.	рег.								
7	Кара-Кала (пос. Магтымгулы)	GARG	Крк	26.03.1971	38.44	56.27	315	СКМ-3 СМТР ИСО+С-5-С	N, E, Z N, E Z	5000 8.0 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.20–1.2 0.01–4.5 0.01–4.5
8	Чагыл (с. Чагыл)	CAGT	Чгл	11.11.1972	40.78	55.38	144	СКМ-3 ИСО+С-5-С	N E, Z N, E Z	40000 40000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.13–0.8 0.20–0.7 0.01–4.5 0.01–4.5
9	Каушут (с. Говшут)	КАН	Кшт	24.06.1977	37.46	59.49	257	ВЭГИК ИСО+С-5-С	N E Z N, E Z	9400 10700 8300 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.20–1.2 0.30–1.5 0.20–1.2 0.01–4.5 0.01–4.5
10	Маныш (с. Касамлы)	MNYS	Мнш	04.01.1978	37.72	58.61	680	СКМ-3 ИСО+С-5-С	N E, Z N, E Z	6000 30000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.14–1.3 0.17–1.3 0.01–4.5 0.01–4.5
11	Овадан-Тепе (с. Овадантепе)		Овд	12.04.1978	38.11	58.36	160	СМ-3 ИСО+С-5-С	N, E, Z N, E Z	5000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.20–1.3 0.01–4.5 0.01–4.5
12	Серный (с. Серный завод)		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 (с. Гермап)		Грм	24.05.1980	38.01	57.75	775	ИСО+С-5-С	N, E Z	0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.01–4.5 0.01–4.5
				19.11.2004				Дельта-Геон			
14	Серахс (пос. Серахс)		Срх	01.01.1982	36.53	61.21		СМ-3 ИСО+С-5-С	N, E, Z N, E Z	11700 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.20–1.2 0.01–4.5 0.01–4.5
15	Гаурдак (г. Магданлы)		Грд	01.12.1985	37.80	66.05	460	СМ-3 ИСО+С-5-С ССРЗ-М	N E Z N, E Z N, E, Z	13600 10700 11200 0.1 с; 2.5 с 0.1 с 0.0021 с 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)		Кшк	01.01.1986	35.27	62.31	650	СМ-3 ИСО+С-5-С	N, Z, E N, E Z	10000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.20–0.9 0.01–4.5 0.01–4.5
17	Даната (с. Дянеата)		Днт	24.04.1988	39.07	55.17		СКМ-3 ССРЗ-М	N, E, Z N, E, Z	30000 0.0021 с ²	0.20–0.8 0.05
18	Сунча (с. Сунче)		Сун	01.10.1990	38.50	57.30		СМ-3 ИСО+С-5-С ССРЗ-М	N E Z N, E Z N, E, Z	8880 9420 10000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с 0.0021 с ²	0.60–1.4 0.80–1.5 0.60–1.3 0.01–4.5 0.01–4.5 0.05
19	Карлюк (с. Кюнджек)		Кар	20.07.1992	37.56	66.43		СМ-3 ИСО+С-5-С	N E Z N, E Z	20000 20000 28400 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.20–1.2 0.20–1.3 0.30–1.3 0.01–4.5 0.01–4.5
20	Кугитанг (с. Койтен)		Куг	05.10.1992	37.91	66.48		СМ-3 ИСО+С-5-С	N E, Z N, E Z	2000 10000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.13–1.3 0.20–1.3 0.01–4.5 0.1–4.5

№	Станция			Дата открытия	Координаты		h_y , м	Аппаратура			
	Название	Код			φ° , N	λ° , E		Тип прибора	Комп- нента	V_{max}	ΔT_{max} , с
		межд.	рег.								
21	Кёнекесир (с. Кёнекесир)		Кнк	04.09.1995	38.20	56.90		CM-3+PB3	N	40000	0.20–1.5
								E	40000	0.50–1.4	
								Z	40000		0.30–1.2
								ССРЗ-М	N, E, Z	0.002 c^2	0.05
22	Геокча (г. Арчабил)	АВКТ	Гкч	20.11.2000	37.93	58.12		IRIS			

Примечание. * Комплект СКД на станции «Небит-Даг» протаивал с 01.06.2003 г. по 10.09.2005 г.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2005 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	$6.25 \cdot 10^8$
Гермаб	Дельта-Геон+СК-П1	SH(N, Z, E) v	0.3–0.8	31	24	$1.00 \cdot 10^7$

На новой цифровой станции типа Дельта-Геон, установленной в конце 2004 г. в с. Гермап на смену комплекта СКМ-3 и предназначенной для стационарной работы, осуществлялась отладка оборудования и программного обеспечения, поэтому она функционировала с перебоями. Две станции Дельта-Геон продолжали работать в подвале и на 24-м этаже здания Нефтегазового комплекса в пос. Берзенги, еще две функционировали в опытно-методическом режиме в с. Овадандепе и с декабря 2005 г. в с. Гаудан. Поскольку ни одна из новых станций не работала постоянно, их не учитывали при расчете энергетической представительства землетрясений Копетдага. В связи с этим она не изменилась, по сравнению с таковой в 2004 г. (рис. 1).

Методика обработки записей землетрясений Копетдага в 2005 г. осталась прежней: кинематические параметры определялись на основе региональных блочных годографов [1], энергетический класс K_p – по палетке Т.Г. Раутиан [2], магнитуды $MPVA$ – согласно [3], макросейсмические характеристики ощутимых землетрясений – на основе регионального уравнения макросейсмического поля [4]. Правильность и полнота обработки частично контролировались путем сопоставления кинематических и динамических параметров общих землетрясений из регионального каталога [5] и бюллетеней Международного сейсмологического центра ISC [6]. Для перевода в энергетические классы магнитуд MS , $MPSP(MOS)$ и M_s , $m_b(ISC)$, публикуемых в [6], использовались соотношения из [7]. При сопоставлении параметров 76 общих землетрясений из [5] и [6] оказалось, что для ряда слабых землетрясений Копетдага в бюллетенях ISC приведены лишь локальные магнитуды M_L по данным Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра CSEM и/или магнитуды M_L и M_n по сетям THR и TEN сейсмических станций Ирана. Для перевода этих магнитуд в энергетические классы K_p^{TRKM} в [8] установлены следующие соотношения:

$$K_p^{TRKM} = 1.62 M_L^{CSEM} + 3.74, \quad n=46, \quad r=0.71, \quad (1)$$

$$K_p^{TRKM} = 1.915 M_n^{TEN} + 2.68, \quad n=54, \quad r=0.79, \quad (2)$$

$$K_p^{TRKM} = 1.65 M_L^{THR} + 4.13, \quad n=104, \quad r=0.76, \quad (3)$$

где n – число использованных пар данных, r – коэффициент корреляции.

При больших расхождениях сопоставляемых кинематических и динамических параметров, а также при пропуске отдельных землетрясений в каталоге землетрясений Копетдага [5] первичный сейсмограммный материал анализировался заново. Анализ показал, что наибольшее расхождение параметров и пропуски землетрясений сейсмической службой Туркменистана наблюдаются в юго-западной части Эльбурского района (№ 2 на рис. 1) и в юго-восточной части

Восточного Туркменистана (район № 4 на рис. 1), что связано с высоким энергетическим уровнем представительных землетрясений. В этой части региона из-за отсутствия близких станций без пропусков регистрируются землетрясения лишь с $K_p > 9$.

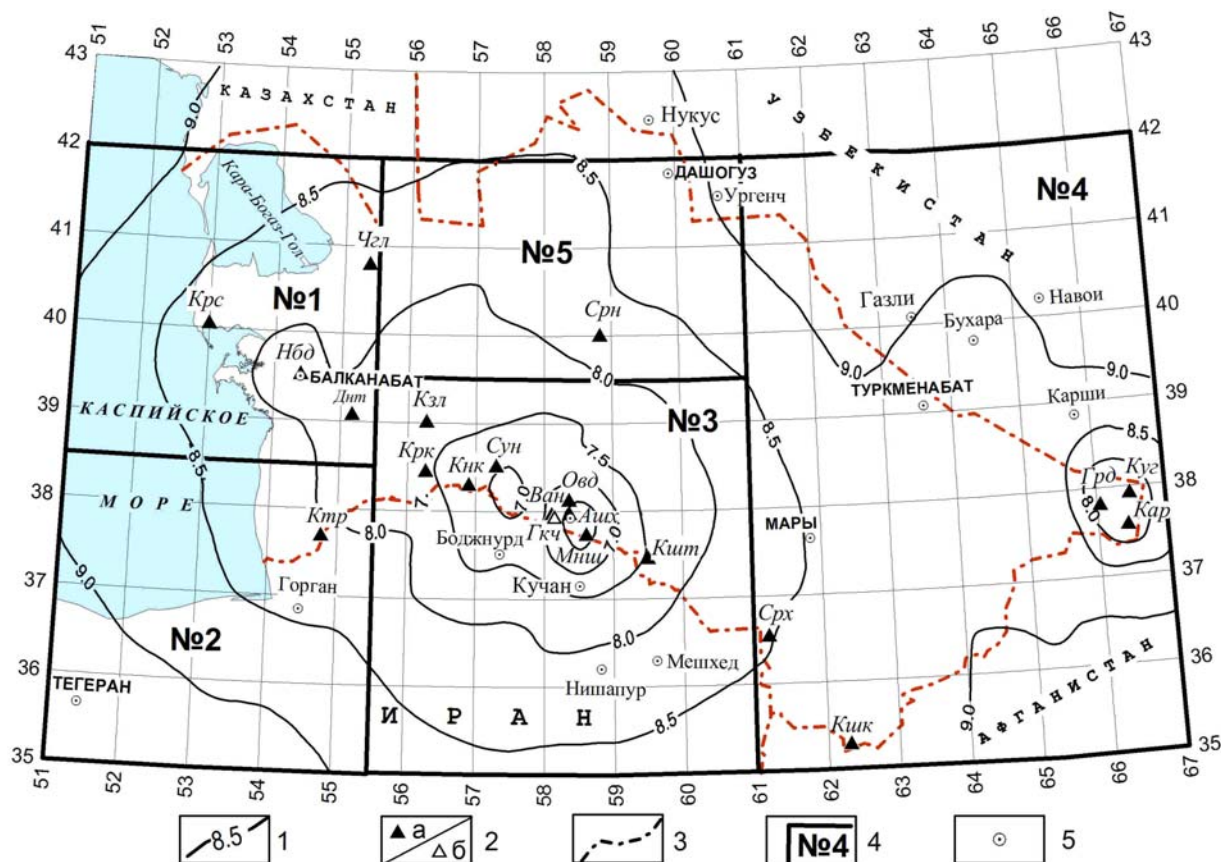


Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений Копетдага K_{3min} по данным наблюдений в 2005 г.

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

В 2005 г. в каталог [5] и на карту эпицентров землетрясений Копетдага (рис. 2) включены все землетрясения с $K_p \geq 8.6$, зарегистрированные сейсмическими станциями Туркменистана, безотносительно указанных в табл. 3 границ. Кроме того, в каталог включены 13 землетрясений (табл. 4) из бюллетеня ISC [6], записи которых нельзя было обработать станциями Туркменистана, т.к. на сейсмограмме был виден лишь «след». Расчетные энергетические классы $K_{расч}$ большинства из представленных в табл. 4 землетрясений получены из магнитуд с помощью соотношений (2), (3), приведенных выше, и формулы (4) из [7]:

$$K_p^{TRKM} = 2.0 m_b^{ISC} + 2.8. \quad (4)$$

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	9–10	9
2	Эльбурский	35.0–38.5	51.0–55.5	156	10	10
3	Туркмено-Хорасанский	35.0–39.5	55.5–61.0	243	9	8
4	Восточный Туркменистан	35.0–42.0	61.0–67.0	406	10	10
5	Центрально-Каракумский	39.5–42.0	55.5–61.0	130	9	
	КОПЕТДАГ	35.0–42.0	51.0–67.0	1082	10	10

Эпицентры всех 13 добавленных землетрясений включены в общее поле эпицентров на рис. 2. Из них один эпицентр лоцирован в Афганистане ($K_{расч}=10.2$), остальные – в Эльбурском районе ($K_{расч}=8.6-9.4$).

Таблица 4. Список землетрясений из бюллетеня ISC [6], добавленных в региональный каталог Копетдага [5]

№	Дата, д м год	ISC				m_b^{ISC}	M_L^{CSEM}	M_L^{THR}	M_n^{TEH}	$K_{расч}$	Исходная магнитуда для $K_{расч}$
		t_0 , ч мин с	φ° , N	λ° , E	h , км						
1	06.02.2005	13 05 10	35.47	52.62	18	3.7	3.5	2.7	3.5	8.6	M_L^{THR}
2	11.02.2005	05 11 49	35.09	53.79	10		3.6	3.2	3.6	9.4	M_L^{THR}
3	21.02.2005	01 18 21	35.48	53.76	10		3.3	2.7	3.3	8.6	M_L^{THR}
4	27.04.2005	23 35 11	35.86	53.23	10		3.2	2.7	3.2	8.6	M_L^{THR}
5	29.04.2005	17 05 23	35.25	53.50	16		3.1	2.8	3.1	8.8	M_L^{THR}
6	13.05.2005	09 56 53	35.21	51.53	7		3.0	2.8	3.0	8.8	M_L^{THR}
7	22.05.2005	15 55 35	36.08	53.13	16		3.2	3.1	3.2	8.8	M_L^{THR}
8	19.06.2005	03 04 27	36.03	64.32	10					10.2	m_b^{ISC}
9	30.07.2005	03 54 38	36.33	52.52	10		3.4	2.7	3.4	8.6	M_L^{THR}
10	01.08.2005	10 39 39	35.29	51.01	6		3.0	2.8	3.0	8.8	M_L^{THR}
11	29.08.2005	21 27 03	35.78	52.24	6		3.1	3.1	3.1	8.6	M_n^{TEH}
12	06.10.2005	01 11 54	35.11	53.90	10		3.4	3.3	3.4	9.2	M_n^{TEH}
13	09.12.2005	10 57 05	36.46	51.85	4		3.0	3.0	3.0	9.1	M_L^{THR}

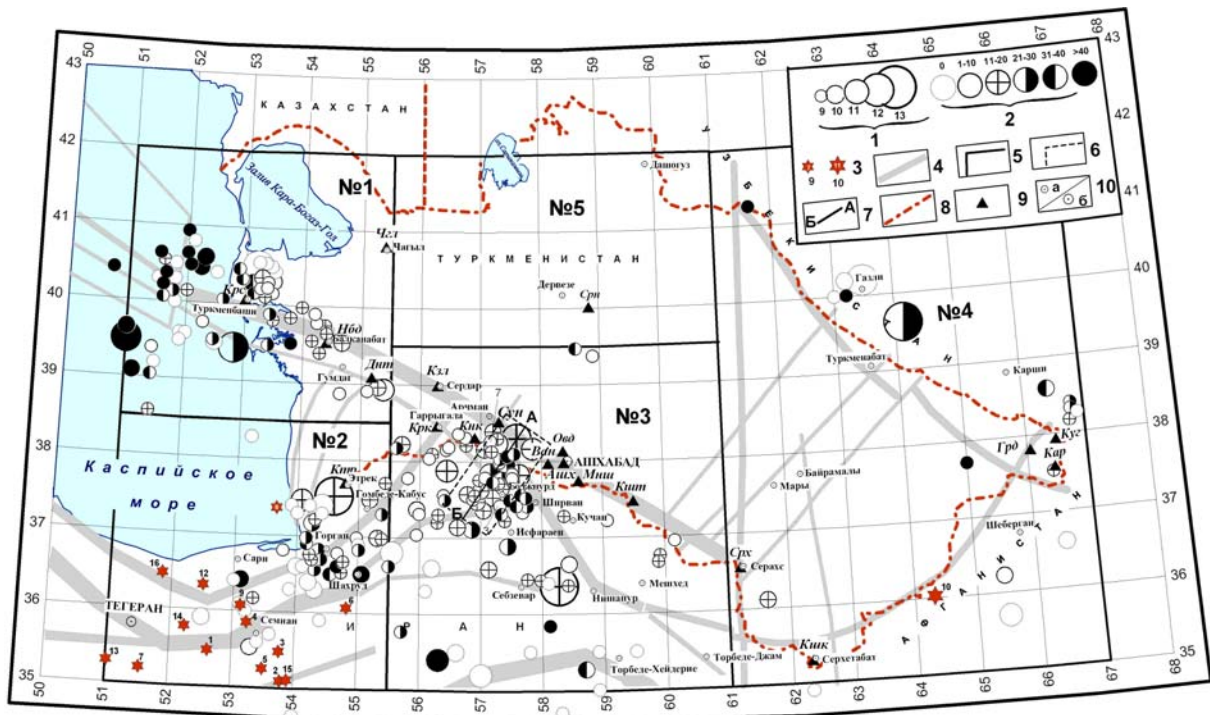


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Копетдага за 2005 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – эпицентры землетрясений из бюллетеня ISC с указанием номера из табл. 4; 4 – глубинный разлом 1 порядка; 5 – граница сейсмоактивного района; 6 – граница выборки для рис. 9; 7 – ось проекции эпицентров на рис. 9; 8 – государственная граница; 9 – сейсмическая станция; 10 а – город; 10 б – столица Туркменистана и Ирана.

Механизмы очагов землетрясений Копетдага за 2005 г., определенные с привлечением знаков первых вступлений на сейсмических станциях ISC [6], представлены в [9] и на рис. 3. Для землетрясения № 1 в [9] механизм рассчитывался с привлечением знаков вступлений на иранских станциях из [10]. Примеры записей землетрясений на станциях Ирана приведены на

рис. 4. При решении фокальных механизмов использовались методические приемы, предложенные в [11]. В [9] указаны также другие решения механизмов очагов для землетрясений №№ 1, 2, 14 и 15 (рис. 3) агентств ZUR и HRVD.



Рис. 3. Механизмы очагов землетрясений Копетдага в 2005 г.

1 – энергетический класс K_r (цифра рядом соответствует номеру землетрясения в [9]); 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – стереограмма механизма очага в проекции нижней полусферы, зачернена область сжатия; 4 – другое решение механизма очага из [6] с указанием агентства; 5 – глубинный разлом I порядка; 6 – сейсмическая станция.

Таблица 5. Распределение по годам и энергетическим классам K_r числа землетрясений ΣN и суммарной сейсмической энергии ΣE за 1992–2005 гг. в границах Копетдагского региона

Год	K_r									N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{12} Дж
	2–7	8	9	10	11	12	13	14	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	408.32
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	132.35
2005	2110	362	169	44	12	5	3			2707	26.9

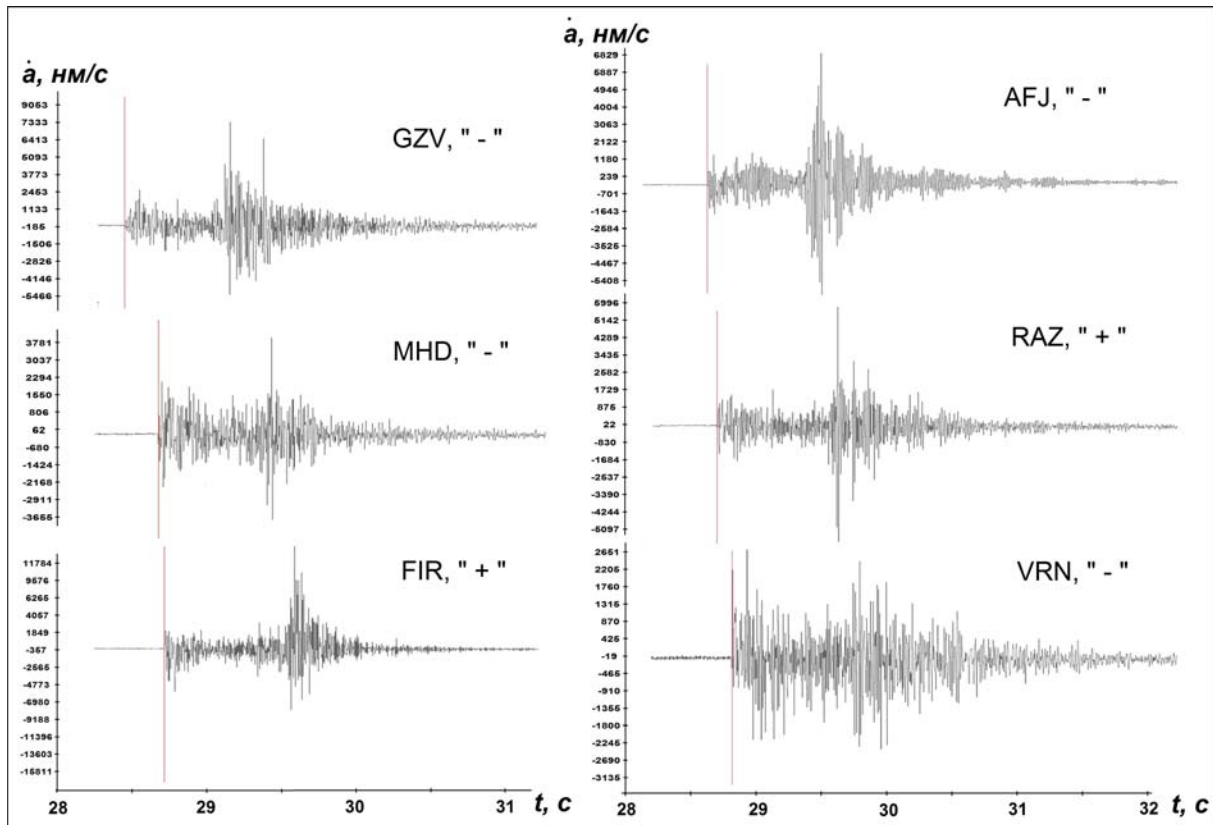


Рис. 4. Записи цифровых сейсмических станций «Газвин» (Ghazvin – GZV), «Мехдашт» (Mahdasht – MHD), «Фирозку» (Firozkooh – FIR), «Афдже» (Afjeh – AFJ), «Разеган» (Razeghan – RAZ), «Варамин» (Varamin – VRN) типа SP3 системы Nanometrics Inc. of Canada Тегеранской подсети телеметрической сети Ирана, оборудованных трехкомпонентными короткопериодными ($T_c=1$ Гц) сейсмометрами, знаки первых вступлений Pn-волн которых подключены к определению механизма очага землетрясения 5 января с $K_p=11.8$ в [9] (№1 на рис. 3)

Таблица 6. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p , суммарная сейсмическая энергия ΣE и параметры сейсмического режима A_{10} и γ в сейсмоактивных районах за 2005 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	121	53	9	1	3			187	3.33	0.49	0.075	8–12
2	Эльбурский	41	40	10	2		1		94	6.83	0.40	0.072	9–13
			(52)						(106)	(6.84)	(0.42)	(0.074)	
3	Туркмено-Хорасанский	187	69	19	8	1	1		285	9.92	0.49	0.081	8–13
4	Восточный Туркменистан	13	9	5	1	1	1		30	6.80	0.26	0.01	9–13
				(6)					(31)	(6.81)	(0.27)	(0.01)	
5	Центрально-Каракумский												
	КОПЕТДАГ	362	171	43	12	5	3		596	26.89	0.44	0.043	9–13
			(183)	(44)					(610)	(26.91)	(0.45)	0.045	

Примечание. ΔK – диапазон энергетических классов для расчета графика повторяемости и определения параметров γ, A_{10} ; в скобках приведены параметры с учетом землетрясений, дополненных из [6].

Выделившаяся на территории Копетдагского региона сейсмическая энергия в 2005 г., равная $\Sigma E=26.9 \cdot 10^{13}$ Дж, по сравнению с аналогичной величиной за 2004 г. (табл. 5), понизилась в пять раз, тогда как общее число землетрясений возросло за счет событий с $K_p \leq 9$. Самые крупные землетрясения года произошли в районах № 2, 3, 5 соответственно: 10 января в 18^h47^m с $K_p=12.8$ на туркмено-иранской границе, вблизи Этрека; 24 июля в 18^h05^m с $K_p=12.8$ между

иранскими городами Себзевар и Нишапур; 7 августа в 17^h23^m с $K_p=12.9$ на территории Узбекистана, юго-западнее г. Бухара. Ниже детально описаны сейсмические процессы в разных районах.

В **Балхано-Каспийском районе (№ 1)** выделившаяся сейсмическая энергия и общее число землетрясений с $K_p \geq 8$, равные $\Sigma E=3.33 \cdot 10^{12}$ Дж и $N_{\Sigma}=187$, возросли, по сравнению с таковыми ($\Sigma E=1.12 \cdot 10^{12}$ Дж и $N_{\Sigma}=179$) в 2004 г. [12], однако сейсмическая активность A_{10} несколько понизилась ($A_{10}=0.075$ вместо $A_{10}=0.086$) за счет существенного уменьшения числа землетрясений 10-го и 11-го энергетических классов, дефицит которых при повышенном числе землетрясений с $K_p=12$ обусловил значительные стандартные отклонения и пониженный коэффициент корреляции графика повторяемости.

Афтершоковая деятельность Балханского землетрясения 06.12.2000 г. с $M_w=7.3$ [13] в 2005 г. практически прекратилась – в радиусе 75 км от его эпицентра зарегистрировано лишь восемь сейсмических событий с $K_p=9$ и два с $K_p=10$ (рис. 5). Механизм очага последнего, произошедшего 16 августа в 22^h06^m, представлял собой сброс по крутой плоскости северо-западного простирания с падением на северо-восток, или подвиг висячего крыла пологого широтного разрыва в южном направлении. Такой механизм нетипичен для очаговой зоны Балханского землетрясения, где в предыдущие годы регистрировались преимущественно взбросы и надвиги.

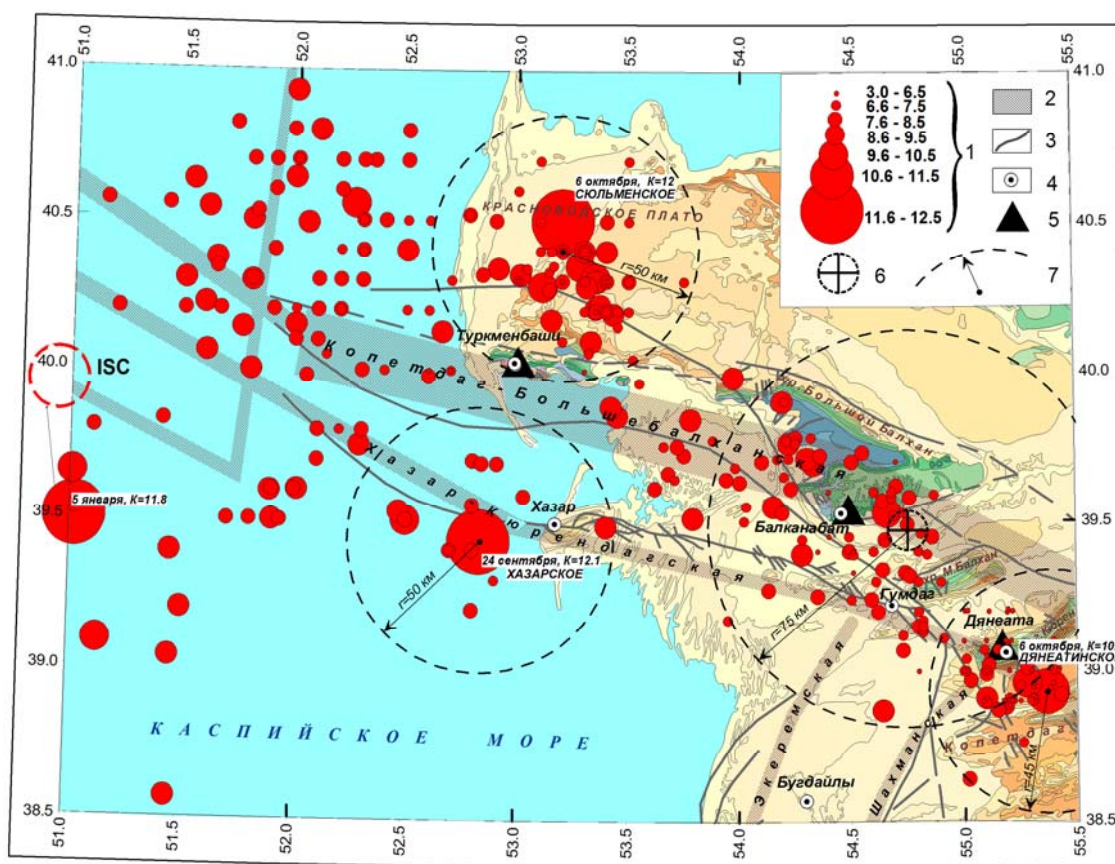


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений в Балхано-Каспийском районе в 2005 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмогенная зона по [16]; 3 – разрыв по геолого-геоморфологическим и геолого-геофизическим данным [17]; 4 – город; 5 – сейсмическая станция; 6 – эпицентр Балханского землетрясения 06.12.2000 г. с $M_S=7.3$; 7 – области и радиусы выборок для анализа афтершоковой деятельности в 2005 г. Хазарского, Сюльменского и Дянеатинского землетрясений с $K_p=11-12$ (рис. 7), а также Балханского землетрясения 2000 г. с $M_S=7.3$.

В акватории и на побережье Каспийского моря сейсмическая активность, наоборот, увеличилась, что выразилось в возрастании энергетического уровня максимальных землетрясений от $K_{max}=10$ в 2004 г. [12] до $K_{max}=12$ в 2005 г. Начало активизации положило землетрясение 5 января в 08^h27^m с $K_p=11.8$, произошедшее на западной границе района № 1. По данным ISC [6], эпицентр этого землетрясения находился в 50 км севернее, на самом южном из Каспийских

разломов северо-западного простирания (рис. 5). Механизм очага этого землетрясения получен в регионе с использованием знаков первых вступлений P -волн на 32 станциях ISC [6], Туркменистана [9] и Ирана [10]. Согласно региональному решению [9], в очаге произошел взброс южного крыла крутого широтного разрыва или правый сдвиг-надвиг восточного крыла меридионального разрыва (№ 1 на рис. 3). Согласно другому решению [6], полученному методом тензора сейсмического момента агентством ZUR с использованием 10 станций, в очаге произошел сброс южного крыла разрыва по крутой субширотной плоскости или подвиг в северо-восточном направлении висячего крыла пологого разрыва северо-западного простирания. Хотя число использованных в [9] станций втрое больше, чем в [6], решение ZUR представляется более предпочтительным, т.к. оно типично для тектоники зоны контакта южного и центрального Каспия [14]. В его пользу говорит и то, что 10.03.2004 г. в 00^h50^m в этом же очаге произошло землетрясение с $K_p=10.1$ со схожим механизмом очага [15]: подвиг в северном направлении по пологой широтной плоскости или сброс по крутой север-северо-восточной плоскости.

Землетрясение 5 января имело несколько афтершоков с $K_p=9-10$, четыре из которых зарегистрированы в январе-феврале, из них самый заметный ($K_p=9.8$) отмечен 9 февраля в 09^h07^m. Еще один такого же уровня ($K_p=9.7$) афтершок зарегистрирован 16 ноября в 23^h15^m.

В Каспийском море, в 75 км к западу от эпицентра готовящегося очага сильного ($K_p=12.1$) землетрясения 6 октября в 09^h48^m, зарегистрирован толчок с $K_p=9.9$, произошедший 3 февраля в 15^h51^m, представляющий собой сбросо-сдвиг по крутой плоскости северо-западного простирания или сдвиг с небольшой компонентой сброса по плоскости северо-восточного простирания, составляющей с горизонтом угол 53° (№ 3 на рис. 3). Это землетрясение было одним из сейсмических событий, мигрировавших к зонам подготовки трех следующих крупных землетрясений Балхано-Каспийского района с $K_p=11-12$, которые произошли практически одновременно с 24 сентября по 6 октября 2005 г. (рис. 5–7). Несмотря на значительные расстояния между ними, эти очаги, несомненно, связаны между собой, являясь актами единого тектонического процесса сближения Аравии и Евразии [14]. На связь между ними указывает синхронность сейсмического процесса в их очаговых зонах (рис. 6, 7): за активизацией сейсмичности в январе, марте, мае и сентябре в зоне подготовки Хазарского землетрясения 24 сентября последовали слабые толчки или рои землетрясений в зоне подготовки Дянеатинского землетрясения 6 октября в 20^h37^m с $K_p=10.7$ (рис. 7). Дянеатинское землетрясение в свою очередь явилось главным событием роя землетрясений, который начался 4 октября и таким образом предшествовал реализации Сюльменского землетрясения 6 октября в 09^h48^m с $K_p=12.1$ (рис. 7, табл. 4–6). Во всех трех очаговых зонах сразу после землетрясения 5 января была зарегистрирована сейсмичность с $K_p \leq 8-9$ (рис. 6, 7), что указывало на уже существующий здесь повышенный уровень напряжений. В первой половине года наблюдалось смещение центра тяжести поля эпицентров землетрясений Балхано-Каспийского района на север и восток (рис. 6), в мае-июне зарегистрированы цепочки эпицентров землетрясений, стягивающиеся к зонам подготовки землетрясений 24 сентября и 6 октября с равными классами $K_p=12.1$, затем – их расхождение и сейсмическое затишье в зонах подготовки землетрясения 24 сентября в 19^h28^m с $K_p=12.1$ и 6 октября в 20^h37^m с $K_p=10.7$ (рис. 6, 7).

Источником деформационных волн, вызвавших эти землетрясения, явился, вероятно, процесс надвига земной коры Ирана на Южно-Каспийский бассейн и опускания Южно-Каспийского блока, земная кора которого, по мнению авторов [14], поддвигается под Центрально-Каспийский блок. Отражением этого процесса послужил надвиг в очаге Чалусского землетрясения 28.05.2004 г. с $M_w=6.3$ на южном побережье Каспия [18], а также наблюдаемое в 2005 г. преобладание сбросов в пределах Южно-Каспийской впадины, взбросов и надвигов – на территории Эльбурса и Туркмено-Хорасанских гор (рис. 3).

Первое из трех описываемых сейсмических событий произошло 24 сентября в 19^h28^m с $K_p=12.1$ в Хазар-Кюрендагской сейсмогенной зоне, в 25 км к западу от п-ва Челекенский и пос. Хазар (рис. 5). Оно сопровождалось подземным гулом и ощущалось жителями г. Туркменбаши ($\Delta=70$ км) с интенсивностью I до двух баллов. Региональное решение механизма очага [9] совпадает с решением [6] по тензору момента, представленным в бюллетене ISC агентством HRVD. В очаге реализовался сброс северного крыла крутого субширотного разрыва (NPI), совпадающего по простиранию с Хазар-Кюрендагским разломом, или сбросо-сдвиг юго-

восточного крыла пологого разрыва, простираение которого перпендикулярно Хазар-Кюрендагскому разлому.

Параметры предваряющих и последующих землетрясений, зарегистрированных в 2005 г. в радиусе 50 км от эпицентра Хазарского землетрясения 24 сентября, приведены в табл. 7.

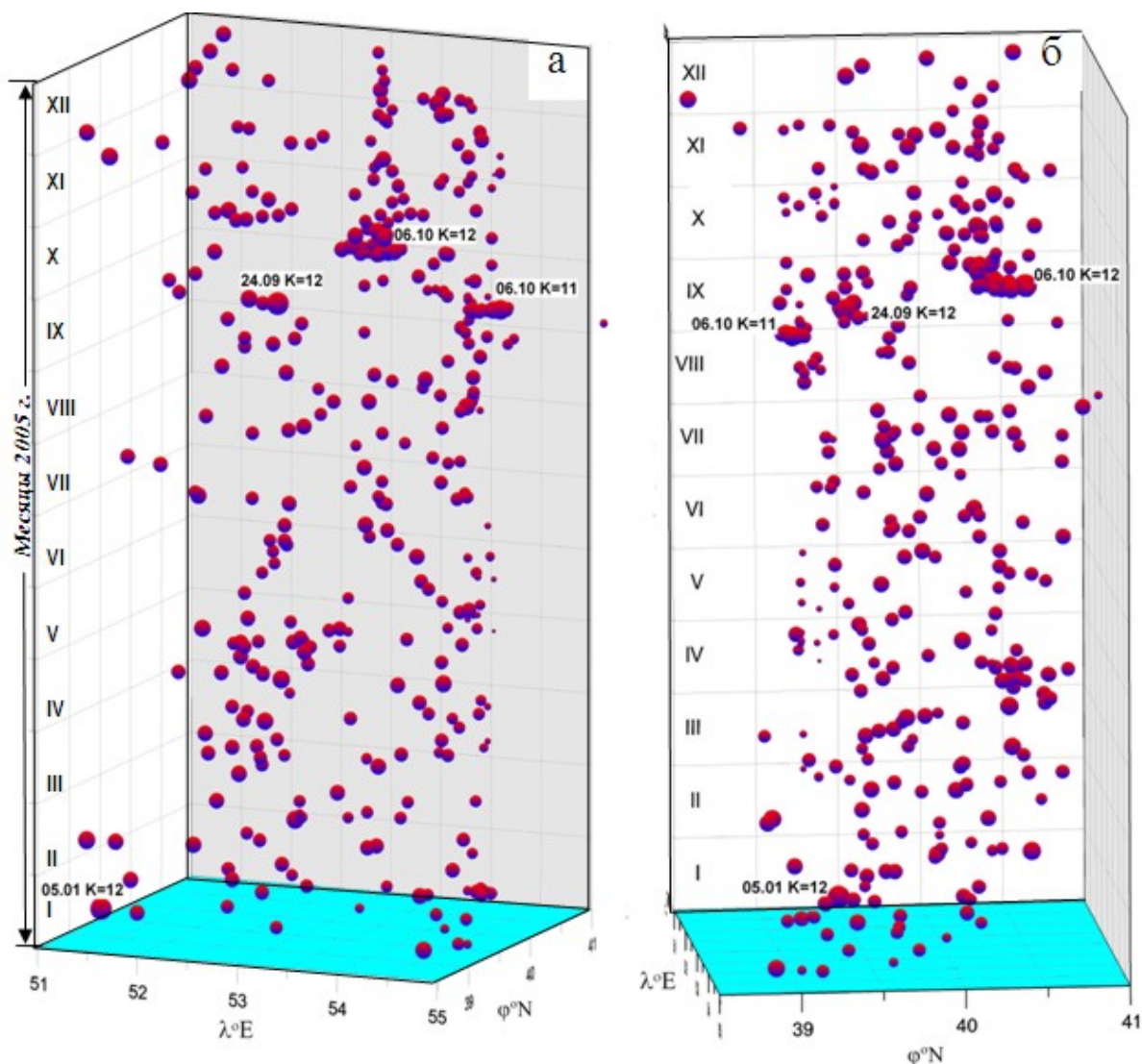


Рис. 6. Пространственно-временное развитие сейсмического процесса на энергетическом уровне землетрясений с $K_p \geq 6.6$ в Балхано-Каспийском районе в 2005 г. в 3D-проекции

Таблица 7. Форшоки и афтершоки Хазарского землетрясения 24 сентября в 19^h28^m с $K_p=12.1$ в радиусе 50 км от эпицентра

№	Дата, м д	t_0 , ч мин с	Эпицентр		K_p	h , км
			φ°, N	λ°, E		
Форшоки						
1	06.01	13 27 35	39.3	52.9	7.5	16
2	21.01	02 43 46	39.58	53.03	7.7	
3	29.01	17 19 22	39.55	52.8	8.3	
4	02.03	03 06 40	39.48	53.4	8.7	
5	18.03	05 45 24	39.2	52.8	7.8	
6	11.05	00 19 13	39.53	52.47	8.6	
7	07.09	00 18 11	39.69	52.84	7.9	
8	13.09.	12 56 45	39.69	52.91	7.8	
Основной толчок						
9	24.09	19 28 07	39.43	52.83	12.1	26
Афтершоки						
10	24.09	19 37 20	39.50	52.50	9.6	26
11	24.09	19 50 32	39.40	52.80	8.2	
12	24.09	19 55 29	39.40	52.70	8.1	
13	24.09	21 09 37	39.40	52.70	7.4	
14	31.10	02 42 01	39.70	52.80	7.9	
15	05.12	11 57 48	39.50	52.50	7.6	

Первые три форшока с $K_p=7.5-8.3$ зарегистрированы в январе, три следующих с $K_p=7.8-8.7$ – в марте и мае, после чего последовало трехмесячное сейсмическое затишье. Еще два форшока произошли 7 и 13 сентября, после чего реализовался основной толчок. Афтершоковая деятельность была еще более скудной и состояла из пяти толчков с $K_p=7.4-9.6$. Небольшое число фор- и афтершоков этого землетрясения может быть связано как с удаленностью от сейсмических станций ($\Delta=65$ км до ближайшей станции «Красноводск»), так и с неполной разрядкой напряжений после основного толчка.

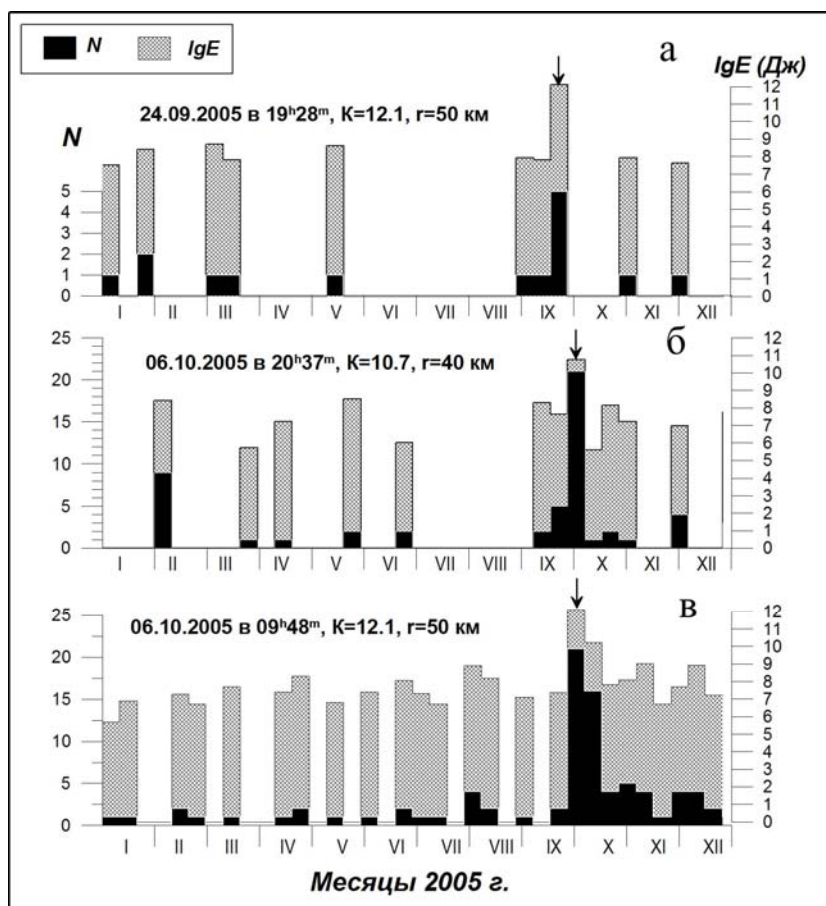


Рис. 7. Распределение по 10-дневным интервалам числа (N) землетрясений с $K_p \geq 6.6$ и суммарной сейсмической энергии (IgE) в очаговых зонах трех землетрясений

Следующее сильное ($K_p=12.1$) землетрясение возникло 6 октября в 09^h48^m на Красноводском п-ве (Красноводское плато) вблизи с. Сюльмен (рис. 5), поэтому далее оно называется Сюльменским. В г. Туркменбаши (70 км) событие ощущалось слабо (до 2 баллов) на верхних этажах зданий. Согласно решению в [9], в его очаге произошел надвиг северного крыла субширотного разрыва ($NP1$) или взброс по плоскости юго-восточного простирания (рис. 3). Нодальная плоскость $NP1$ близка по простиранию к проходящему южнее разлому, выделенному Л.М. Расцветаевым и др. [17] по комплексу геолого-геофизических данных (рис. 5). По решению агентства HRVD [6], в очаге произошел сбросо-сдвиг по субширотной плоскости ($NP1$) или сброс по субмеридиональной плоскости ($NP2$).

Сюльменское землетрясение имело множество фор- и афтершоков, приведенных в Приложении к наст. сб. [19]. Предваряющие толчки с $K_p \leq 8.8$ продолжались с начала года до 21 сентября, после чего наступило 15-дневное затишье (рис. 7). В период затишья активизировались другие очаговые зоны: 24 сентября произошло Хазарское землетрясение, 4–7 октября начался рой землетрясений вблизи с. Дянеата (см. Приложение к наст. сб. [20]), где через 11 часов после Сюльменского землетрясения произошел максимальный толчок с $K_p=10.7$. Афтершоки Сюльменского землетрясения начались сразу после основного толчка и продолжались до конца года. Самый крупный ($K_p=10.3$) из них возник через полчаса после главного события.

В его очаге произошел левосторонний сдвиг с компонентами сброса по пологой субмеридиональной $NP1$ или сбрососдвиг по крутой субширотной плоскости $NP2$ (рис. 3).

Дянеатинское землетрясение 6 октября в $20^{\text{h}}23^{\text{m}}$ с $K_p=10.7$ является скорее главным событием роя землетрясений, начавшимся 4 октября, чем обычным землетрясением с несколькими форшоками и более многочисленной, постепенно затухающей серией афтершоков. Рой 4–7 октября возник в 220 км восточнее очага Хазарского землетрясения 24 сентября, в месте пересечения Хазар-Кюрендагского и Шахманского разломов. Этот тектонический узел характерен высокой степенью группирования землетрясений. Рои слабых толчков происходят здесь довольно часто, практически каждый год, способствуя разрядке напряжений, постоянно накапливающихся в этой угловой точке контакта Прибалханского блока с Южно-Каспийской и Иранской плитами. В 2005 г. здесь зарегистрировано два роя землетрясений: 2–3 февраля с максимальным событием с $K_p=8.3$ и 4–7 октября, максимальным событием которого явилось Дянеатинское землетрясение с $K_p=10.7$. Рой 2–3 февраля насчитывал 53 сейсмических события с $K_p=3.0–8.3$ с суммарной энергией $\Sigma E=2.49 \cdot 10^8$ Дж. Рой 4–7 октября состоял из 40 сейсмических событий с $K_p=3.0–10.7$ с суммарной энергией $\Sigma E=5.61 \cdot 10^{10}$ Дж [20]. Главному из них с $K_p=10.7$ предшествовало 27 более слабых событий, зарегистрированных между толчками 4 октября в $04^{\text{h}}04^{\text{m}}$ с $K_p=5.8$ и 6 октября в $19^{\text{h}}34^{\text{m}}$ с $K_p=5.7$, среди которых два самых крупных произошли 5 октября в $15^{\text{h}}52^{\text{m}}$ с $K_p=9.2$ и 6 октября в $06^{\text{h}}14^{\text{m}}$ с $K_p=9.6$ [20]. Оба толчка реализовались до момента возникновения Сюльменского землетрясения 6 октября в $09^{\text{h}}48^{\text{m}}$ с $K_p=12.1$, что позволяет считать начальные события Дянеатинского роя землетрясений удаленными форшоками Сюльменского землетрясения.

На территории **Эльбурского района (№ 2)** в 2005 г. выделившаяся сейсмическая энергия ($\Sigma E=6.83 \cdot 10^{12}$ Дж) и сейсмическая активность ($A_{10}=0.075$) значительно понизились по сравнению с таковыми ($\Sigma E=1.2 \cdot 10^{14}$ Дж и $A_{10}=0.168$) в 2004 г. [12], однако превысили аналогичные параметры за 2003 г. ($\Sigma E=0.87 \cdot 10^{12}$ Дж и $A_{10}=0.052$ [22]). Высокая сейсмическая активность в 2004 г. на территории района № 2 в значительной степени была обусловлена возникновением Чалусского землетрясения 28.05.2004 г. с $M_w=6.3$ [18] на южном побережье Каспийского моря, сопровождаемого интенсивной серией афтершоков, а также сейсмическими событиями Этрекской и Горган-Гомбеде-Кабусской очаговых зон, где в 2004 г. были зарегистрированы четыре события с $K_p=11.5–11.8$ и одно – с $K_p=13.2$ [12]. В 2005 г. афтершоковая серия Чалусского землетрясения 28.05.2004 г. практически прекратилась или вышла на уровень $K_p \leq 9$, не регистрируемый сетью сейсмических станций Туркменистана на данном участке региона. В двух других вышеупомянутых очаговых зонах продолжалась повышенная сейсмическая активность, причем в Горган-Гомбеде-Кабусской – на более низком энергетическом уровне $K_p \leq 10$, а в Этрекской – на прежнем уровне – с $K_p \leq 13$. Этрекское землетрясение 07.10.2004 г. с $K_p=13.2$ (далее называемое как «Этрекское-I») вызвало интенсивную, но непродолжительную серию афтершоков с $K_p=6–11$ [12], после которой с 3 ноября 2004 г. наступило сейсмическое затишье (рис. 8). Оно продолжалось до $18^{\text{h}}47^{\text{m}}$ 10 января 2005 г., когда в очаговой зоне реализовался второй сильный ($K_p=12.8$) толчок – Этрекское-II землетрясение. Оно ощущалось в пос. Этрек (25 км) с интенсивностью $I=3$ балла, в Эсенгулы (55 км) – 2 балла.

Региональное решение механизма очага Этрекского-II землетрясения в [9] близко к решению HRVD [6] (рис. 3) как по азимутам осей сжимающих и растягивающих напряжений, так и по ориентации нодальных плоскостей. Однако различие в угле погружения оси растягивающих напряжений (близгоризонтальное – в [9] и близвертикальное – в [6]), при близгоризонтальной оси сжатия в обоих решениях приводит к преобладанию сдвиговой компоненты движения в очаге над взбросовой [9], в отличие от преимущественно взброса согласно решению HRVD [6]. По [9], в очаге Этрекского-I землетрясения 10 января произошел левый сдвиг по плоскости северо-восточного простираения ($NP1$) с незначительной взбросовой компонентой или правый взбросо-сдвиг по плоскости северо-западного простираения ($NP2$). Рассмотрение системы близлежащих разломов, которые имеют преимущественно северо-восточную или меридиональную ориентацию [16, 17], позволяет выбрать нодальную плоскость $NP2$ в качестве плоскости разрыва. В пользу этого выбора говорит и северо-восточная или меридиональная ориентация всех нодальных плоскостей в решениях механизмов очагов для Этрекского-I землетрясения 07.10.2004 г. с $K_p=13.2$ и его главного афтершока 08.10.2004 г. с $K_p=11.5$ [12] (рис. 8).

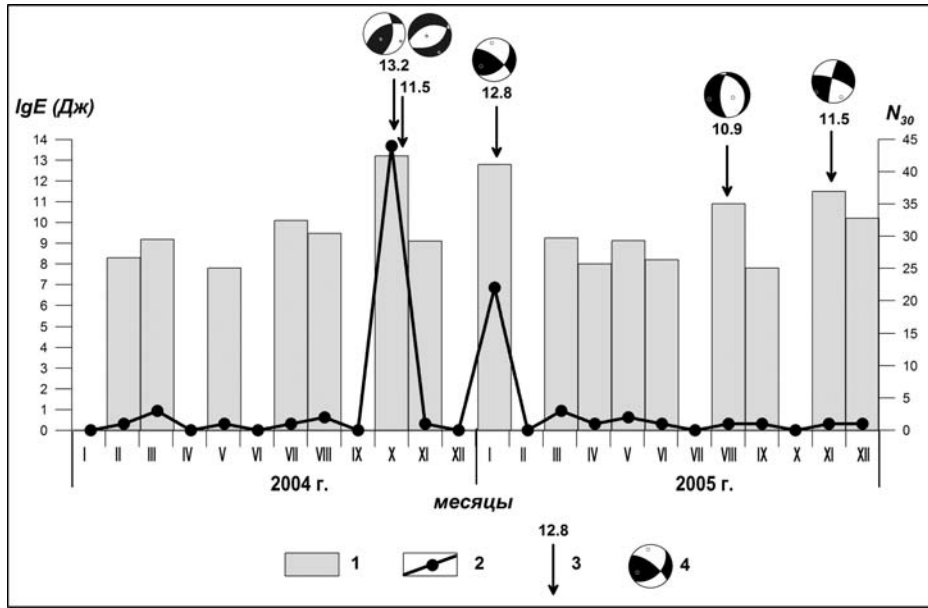


Рис. 8. Месячные значения числа (N_{30}) землетрясений и суммарной сейсмической энергии (lgE) в 2004–2005 гг. в радиусе 50 км от пункта с координатами $37.4^{\circ}N, 54.4^{\circ}E$

1 – логарифм помесечной суммарной энергии lgE ; 2 – соответствующие значения N_{30} ; 3 – момент возникновения и энергетический класс землетрясений с $K_p \geq 10.9$; 4 – стереограмма механизма очага соответствующего землетрясения в проекции нижней полусферы.

Афтершоковая деятельность Этрекского-II землетрясения была наиболее интенсивна ($N=21$) в январе 2005 г. (табл. 8). Энергетический уровень повторных толчков $K_p \leq 8.9$ этого периода на четыре порядка ниже энергии основного толчка. В последующий период, вплоть до конца года, месячные числа землетрясений не превышали $N=3$, однако их энергетический уровень повысился до $K_p=10.9$ в августе и $K_p=11.5$ – в ноябре (рис. 8).

Таблица 8. Афтершоки землетрясения 10 января с $K_p=12.8$ в радиусе 50 км от центра ($37.4^{\circ}N, 54.4^{\circ}E$) области афтершоков, зарегистрированных в январе

№	Дата, м д	t_0 , ч мин с	Эпицентр		K_p	h , км	№	Дата, м д	t_0 , ч мин с	Эпицентр		K_p	h , км
			φ°, N	λ°, E						φ°, N	λ°, E		
Основной толчок													
1	10.01	18 47 31	37.53	54.59	12.8	17	16	12.01	20 34 30	37.3	54.4	7.7	
Афтершоки													
2	10.01	19 32 19	37.4	54.5	7.6		17	12.01	22 32 51	37.4	54.4	8.0	
3	10.01	19 39 11	37.4	54.5	7.5		18	16.01	00 36 04	37.4	54.2	8.6	
4	10.01	19 42 20	37.3	54.4	7.7		19	16.01	01 33 29	37.4	54.2	8.7	
5	10.01	20 02 16	37.3	54.4	7.7		20	16.01	19 32 47	37.41	54.26	8.4	2
6	10.01	20 56 12	37.3	54.4	8.0		21	27.01	15 48 27	37.4	54.2	8.9	
7	10.01	21 13 30	37.3	54.4	8.9		22	27.01	20 34 40	37.4	54.2	8.9	
8	10.01	21 30 05	37.4	54.4	7.2		23	15.03	01 11 58	37.3	54.0	9.2	
9	10.01	22 01 28	37.4	54.4	7.5		24	16.03	18 50 00	37.32	54.36	8	2
10	10.01	22 28 34	37.4	54.4	7.5		25	26.03	01 04 58	37.4	54.5	8	
11	11.01	00 27 22	37.4	54.5	7.6		26	16.04	12 37 20	37.4	54.3	8	
12	11.01	00 51 05	37.22	54.29	8.6	18	27	08.05	12 27 29	37.64	54.41	7.9	
13	11.01	00 56 24	37.4	54.4	7.8		28	09.05	12 40 11	37.4	53.9	9.1	
14	11.01	01 14 32	37.4	54.4	7.2		29	28.06	16 11 56	37.04	54.26	8.2	20
15	12.01	18 37 36	37.26	54.21	8.4	13	30	26.08	02 21 40	37.47	54.07	10.9	20
							31	29.09	19 18 18	37.47	54.7	7.8	2
							32	29.11	05 57 06	37.4	54.4	11.5	
							33	15.12	08 41 09	37.17	54.24	10.2	24

Механизм очага афтершока с $K_p=10.9$, произошедшего 26 августа в 02^h21^m , представлял собой подвиг восточного крыла пологого разрыва север–северо-западного простирания или сброс западного крыла крутого меридионального разрыва. В очаге землетрясения 29 ноября в

05^h57^m с $K_p=11.5$ произошел левый сдвиг с небольшой компонентой сброса по субмеридиональной плоскости или правый сдвиг, также с незначительной сбросовой компонентой по субширотной плоскости (рис. 3, 8).

В Туркмено-Хорасанском районе (№ 3) сейсмическая активность и выделявшаяся сейсмическая энергия практически не изменились по сравнению с аналогичными показателями в 2004 г. [12].

Самое крупное ($K_p=12.9$) землетрясение здесь произошло 7 августа в 17^h23^m между иранскими городами Себзевар и Нишапур примерно в 50 км от каждого и на расстояниях более 140 км от приграничных населенных пунктов Туркменистана, где оно ощущалось с интенсивностью I до 3 баллов. В Ашхабаде (170 км) интенсивность сотрясений не превышала 2 баллов. В его очаге произошел левый взбросо-сдвиг по плоскости северо-восточного простираания (NP1) или правый взбросо-сдвиг по крутой плоскости северо-западного простираания (NP2). Представляется предпочтительным выбрать в качестве действующей плоскость NP2, поскольку она совпадает с ориентацией и сдвиговым типом движений по локализованному чуть восточнее Гермабскому разлому. Положение эпицентра по решению ISC [6] в 30 км к северо-востоку от установленного сейсмологической службой Туркменистана ([9], рис. 2, 3) позволяет отнести его к Гермабскому разлому.

Всего в 2005 г. в радиусе 60 км от эпицентра землетрясения 7 августа сейсмической службой Туркменистана зарегистрировано 41 сейсмическое событие (табл. 9), из них 19 предваряющих толчков и 21 афтершок. Максимальный ($K_p=10.4$) форшок произошел за 1^h20^m до основного толчка, энергетический класс максимального ($K_p=9.0$) афтершока 27 ноября почти на четыре порядка ниже энергии основного толчка.

Таблица 9. Форшоки и афтершоки землетрясения 7 августа в 17^h23^m с $K_p=12.9$ в радиусе 60 км от эпицентра главного события

№	Дата, м д	t_0 , ч мин с	Эпицентр		K_p	h , км	№	Дата, м д	t_0 , ч мин с	Эпицентр		K_p	h , км
			φ° , N	λ° , E						φ° , N	λ° , E		
Форшоки							Афтершоки						
1	06.01	19 12 19	36.37	58.42	8.6	11	21	07.08	17 34 29	36.5	58.2	7.7	0
2	06.01	19 19 33	36.49	58.42	7.7	3	22	07.08	17 44 36	36.5	58.3	7.0	0
3	18.01	13 04 55	36.49	58.81	7.0	37	23	07.08	18 05 48	36.58	58.85	7.6	42
4	27.01	23 50 04	36.45	57.76	9.4	18	24	07.08	18 24 02	36.5	58.5	7.0	0
5	13.02	19 04 00	36.5	58.2	7.6	0	25	07.08	19 02 23	36.5	58.3	6.8	0
6	24.02	03 20 48	36.7	58.1	7.4	0	26	07.08	22 35 15	36.8	58.4	7.0	0
7	03.03	01 31 10	36.3	57.7	6.5	0	27	08.08	00 00 05	36.54	58.71	7.3	37
8	14.03	12 59 23	36.53	58.79	6.9	9	28	09.08	15 57 57	36.77	58.57	7.1	8
9	09.04	01 22 55	36.7	58.4	6.9	0	29	16.08	23 20 43	36.3	57.8	6.8	0
10	31.05	14 38 50	36.4	58.1	7.3	0	30	19.08	08 44 34	36.03	57.91	7.4	42
11	03.07	09 04 27	35.84	58.12	8.6	42	31	24.08	13 18 07	36.7	58.2	6.3	0
12	04.07	20 20 20	36.64	57.98	6.8	42	32	24.08	15 41 43	36.6	58	6.3	0
13	09.07	11 02 24	35.9	58.25	6.9	0	33	10.09	15 30 56	36.44	57.98	8.6	12
14	10.07	21 21 46	36.65	58.7	7.1	3	34	15.09	04 44 47	36.5	58.7	7.2	0
15	11.07	07 59 27	36.44	57.76	8.0	7	35	30.09	15 16 05	36.51	58.72	7.6	15
16	21.07	11 55 17	36.61	58.48	7.3	5	36	01.10	17 16 26	36.81	58.32	7.5	38
17	30.07	22 20 31	36.7	58.5	6.3	0	37	25.11	16 57 05	36.68	58.49	6.8	22
18	07.08	16 03 48	36.65	58.44	10.4	10	38	27.11	08 59 02	36.4	58.1	9.0	0
19	07.08	16 14 44	36.5	58.25	6.7	0	39	02.12	16 56 04	36.47	57.7	8.1	14
Основной толчок							40	05.12	20 30 23	36.6	58.4	7.2	0
20	07.08	17 23 46	58.27	36.36	12.9	20	41	20.12	23 30 00	36.6	58.5	8.3	0

В 2005 г. меридионально вытянутая южнее сейсмической станции «Сунче» Арчман-Боджнурдская очаговая зона продолжала генерировать землетрясения с $K_p \leq 11.7$. Эта зона разделяет территорию Копетдагских гор на восточный участок с преимущественно северо-западной ориентацией разрывов и западный с северо-восточной ориентацией разрывов, выявленных по геолого-геофизическим данным. Эпицентры землетрясений Арчман-Боджнурдской зоны с $K_p \geq 10$ «выстроились» в описываемый период вдоль оси АБ северо-восточной ориента-

ции, поэтому для анализа пространственно-временного распределения сейсмических событий был выбран прямоугольник с такой же ориентацией (рис. 2). Все события проецировались на линию АБ с центром отсчета в эпицентре землетрясения 17 августа в $20^{\text{h}}55^{\text{m}}$ с $K_p=11.7$ (рис. 9).

Отметим, что в центре этой зоны ($r=50$ км на рис. 9) произошло сильное ($K_p=12.9$) землетрясение 21.08.2004 г., афтершоковая деятельность которого продолжалась на уровне $K_p \leq 9$ весь 2004 г. [12] и в январе 2005 г. В феврале наступило сейсмическое затишье, завершившееся 20 марта 2005 г. в $06^{\text{h}}24^{\text{m}}$ сильным афтершоком с $K_p=10.9$ (рис. 9). После него началась миграция эпицентров слабых сейсмических событий на северо-восток и юго-запад от его очага: на юго-западе в июне произошло три землетрясения с $K_p=10$ и множество более слабых, а на западе, в области Арчман-Нохурского тектонического узла пересечения разломов, возникли землетрясения 24 мая в $09^{\text{h}}23^{\text{m}}$ с $K_p=9.5$ и в $09^{\text{h}}23^{\text{m}}$ с $K_p=10$ и 26 мая в $19^{\text{h}}52^{\text{m}}$ с $K_p=11.5$. Механизм очага землетрясения 26 мая с $K_p=11.5$ представлял собой взброс южного крыла крутого разрыва восток–северо-восточного простирания ($NP1$) или надвиг северного крыла пологого разрыва северо-восточного простирания ($NP2$). Учитывая общеизвестный процесс надвига Копетдага на Предкопетдагский прогиб, а не наоборот, следует выбрать в качестве действующей плоскость $NP1$.

Землетрясения 24–26 мая вместе с их фор- и афтершоками явились событиями, предвещающими новую активизацию сейсмичности в этом узле в августе–сентябре (рис. 9).

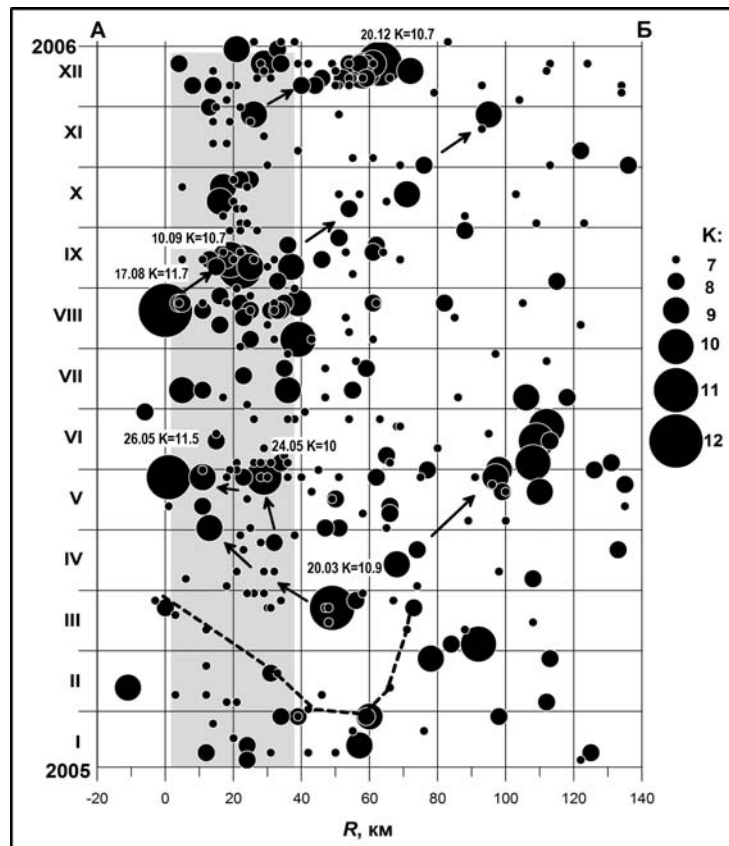


Рис. 9. Пространственно-временное распределение сейсмических событий с $K_p \geq 6.6$ в Арчман-Боджнурдской очаговой зоне

Границы выборки и ось проекции АБ показаны на рис. 2; центр отсчета совпадает с эпицентром землетрясения 17 августа с $K_p=11.7$; заштрихована наиболее активная область Арчман-Нохурского тектонического узла.

17 августа в $20^{\text{h}}55^{\text{m}}$ в Арчман-Нохурском тектоническом узле произошло самое сильное в 2005 г. в районе № 3 землетрясение с $K_p=11.7$, ощущавшееся в п. Ванновский ($\Delta=60$ км) с интенсивностью $I=2$ балла. В его очаге, согласно [9], произошел взброс южного крыла крутого разрыва юго-восточного простирания ($NP1$) или почти горизонтальный надвиг северного крыла субширотного разрыва ($NP2$) (№ 10 на рис. 3). По тектоническим соображениям предпочтительней представляется плоскость $NP1$.

Большинство последующих толчков мигрировало на юг и юго-запад от события 17 августа, в том числе афтершок 10 сентября в 01^h09^m с $K_p=10.7$. Региональное решение механизма очага этого землетрясения в [9] дает левый сдвиг-сброс по субширотной или правый сдвиг по субмеридиональной плоскостям. Ни одна из плоскостей не совпадает с ориентацией близлежащих разрывов, возможно, из-за ненадежного решения, т.к. использовано всего семь знаков первых вступлений P -волн.

Декабрьская миграция эпицентров слабых землетрясений от очага 17 августа в юго-западном направлении завершилась землетрясением 20 декабря в 00^h11^m с $K_p=10.7$ (рис. 9), сопровождаемым беспрецедентным числом афтершоков – только 20–21 декабря их зарегистрировано $N_{\text{афт}}=84$ с $K_p \leq 8.6$. Его эпицентр лежит в очаговой зоне землетрясения 21.08.2004 г. с $K_p=12.9$ [12].

В **Восточном Туркменистане** (район № 4) суммарная сейсмическая энергия возросла с $\Sigma E=1.064 \cdot 10^{12}$ Дж [12] до $6.8 \cdot 10^{12}$ Дж (табл. 5). Сейсмическая активность осталась практически на прежнем уровне при повышении наклона графика повторяемости.

Самое крупное ($K_p=12.8$) сейсмическое событие в районе зарегистрировано 24 июля в 18^h05^m. По данным сейсмической службы Туркменистана (ССТ) [5], его эпицентр находился в 67 км южнее пос. Газли. ISC [6] относит этот эпицентр на 30 км к западу от эпицентра ССТ. Глубина гипоцентра $h=24$ км в бюллетене ISC совпадает с данными ССТ. В Туркменабаде (90 км) интенсивность сотрясений от этого землетрясения составила 3–4 балла [5].

28 мая в 14^h06^m в 15 км севернее пос. Газли зарегистрирован толчок с $K_p=11.6$. Землетрясению предшествовал один форшок, произошедший 6 апреля в 20^h06^m с $K_p=9.0$. Афтершоков зарегистрировано два: 17 августа в 01^h32^m с $K_p=8.6$ и 2 сентября в 10^h33^m с $K_p=10.1$.

В Гаурдак-Кугитангской и Каршинской очаговых зонах происходили слабые землетрясения с $K_p \leq 9$ и лишь одно – 12 ноября в 11^h38^m с $K_p=9.6$.

6 марта в 10^h19^m на территории Северного Ирана произошло землетрясение с $K_p=10.6$ (рис. 2). С учетом более северного расположения этого эпицентра, по данным ISC [6], землетрясение 19 марта в 00^h27^m с $K_p=10.2$ является его афтершоком [5].

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 (Труды 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., Халлаева А.Т., Клочков А.В., Дурасова И.А., Клычева Э.Р., Эсенова А., Петрова Н.В., Мустафаев Н.С. Каталог землетрясений Копетдага за 2005 год ($N=250$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2005.** – Berkshire: ISC, 2007.
7. 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.
8. 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.
9. Безменова Л.В., Петрова Н.В., Петров В.А. (отв. сост.), Карцева Л.А. Каталог механизмов очагов землетрясений Копетдага за 2005 год ($N=18$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. <http://irsc.ut.ac.ir>
11. Мострюков А.О., Петров В.А. Каталог механизмов очагов землетрясений Копетдага, 1964–1990. – М.: Мировой центр данных, – Б, 1994. – 87 с.

12. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Безменова Л.В., Сарыева Г.Ч.** Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 101–112.
13. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Безменова Л.В., Рахимов А.Р.** Балханское землетрясение 6 декабря 2000 г. с $M_w=7.3$, $I_0=8-9$ (Копетдаг) // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 306–320.
14. **Jackson J., Priestley K., Allen M. and Berberian M.** Active tectonics of the South Caspian Basin // Geophys. J. Int. – 2002. – N 148. – P. 214–245.
15. **Безменова Л.В., Петров В.А., Петрова Н.В. (отв. сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Копетдага за 2004 год ($N=24$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
16. **Мурадов Ч.М.** Сейсмогенерирующие зоны Туркменистана // Материалы Международной конференции «Урбанизация и землетрясения». – Ашхабад: Блым, 1999. – С. 103–106.
17. **Расцветаев Л.М., Бирман А.С., Полетаев А.И., Тихонов А.М.** Тектоническая карта юга Средней Азии и сопредельных территорий. Масштаб 1:1000000. – М.: МГУ, 1976.
18. **Петрова Н.В., Михайлова Р.С.** Чалусское землетрясение 28 мая 2004 г. с $M_w=6.3$, $I_0=8$ (Копетдаг) // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 297–302.
19. **Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Петрова Н.В.** Форшоки ($N=25$) и афтершоки ($N=61$) Сюльменского землетрясения 6 октября 2005 г. с $K_p=12.1$ (Копетдаг). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
20. **Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Петрова Н.В.** Рои землетрясений 2–3 февраля ($N=78$) и 4–7 октября ($N=56$) в очаге Дянеатинского землетрясения 6 октября 2005 г. с $K_p=10.7$ (Копетдаг). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
22. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Безменова Л.В., Сарыева Г.Ч.** Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии, 2003. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 97–108.