

КОПЕТДАГ

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

НИИ сейсмологии Министерства строительства Туркменистана, г. Ашхабад, gaipsr@online.tm

В 2003 г. сеть сейсмических станций Туркменистана по-прежнему состояла из 21 аналоговой и одной цифровой станции (табл. 1, 2). В первой половине года параметры аппаратуры незначительно изменились лишь на станции «Гаурдак». В этот период представительность регистрации землетрясений K_{3min} оставалась неизменной, по сравнению с данными за 2002 г. [1] (рис. 1).

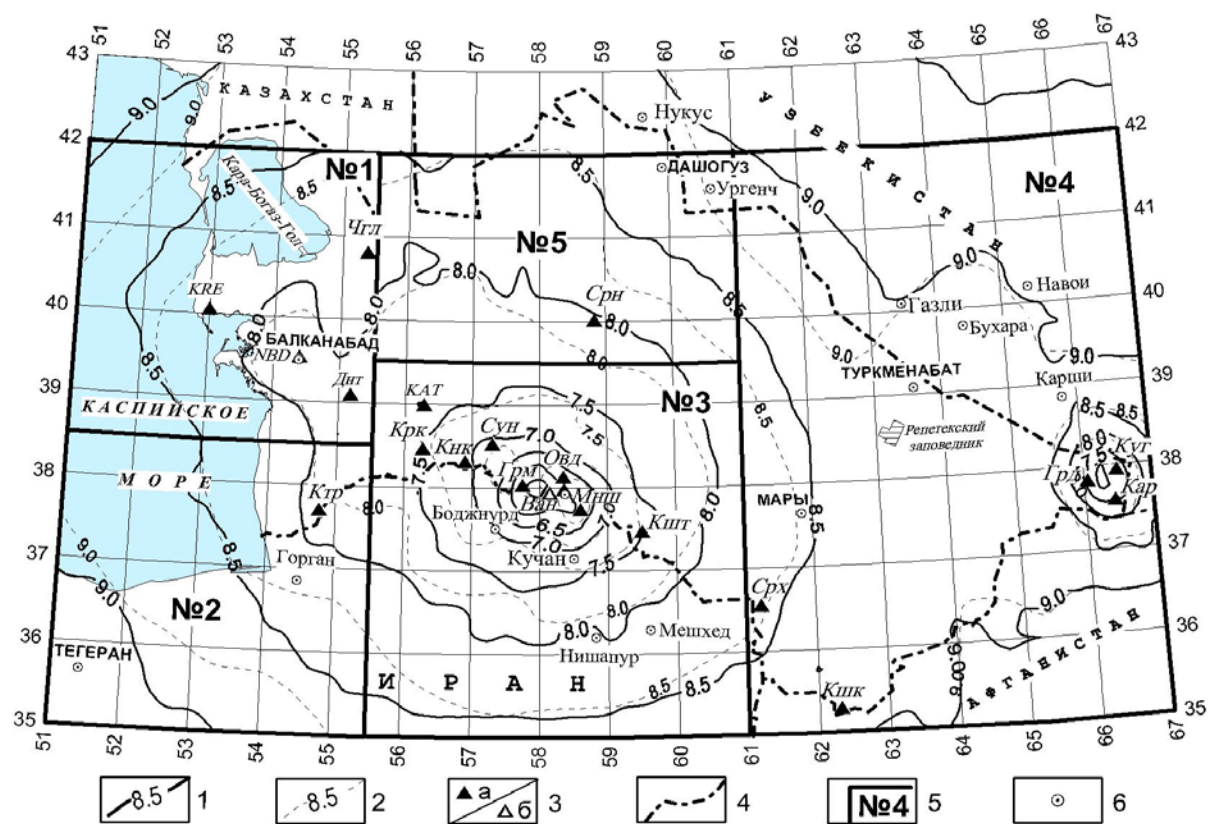


Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений Копетдага K_{3min} по данным наблюдений в 2003 г.

1, 2 – изолиния K_{3min} в первой половине и к концу года соответственно; 3 – сейсмическая станция: аналоговая (а) и цифровая (б) соответственно; 4 – государственная граница; 5 – граница сейсмоактивного района; 6 – город.

С начала апреля до конца июня в районе Репетекского заповедника (рис. 1) велись опытно-методические работы по исследованию возможности организации здесь пункта стационарных сейсмологических наблюдений с целью снижения энергетического уровня представительности регистрации землетрясений на востоке Туркменистана. Однако эти попытки не увенчались успехом из-за высокого уровня микросейсм, а также помех от прохождения железнодорожных составов, что не позволило эффективно использовать каналы с увеличением $V_{max} > 1000$.

В силу административно-хозяйственных причин комплект СКМ-3 на станции «Гермаб» 6 июля был остановлен и не работал до конца года. В ноябре 2003 г. комплект СКМ-3 на сейсмической станции «Даната», установленный ранее в выносном пункте наблюдений, был перенесен в пос. Дянеата с новым увеличением $V_{max} = 30000$ вместо $V_{max} = 40000$.

Таблица 1. Сейсмические станции Туркменистана (в хронологии их открытия), действовавшие в 2003 г., и параметры аппаратуры с аналоговой записью

№	Станция		Дата открытия	Координаты		h_y , м	Аппаратура				
	Название	Код		9	10		11	12			
межд.		рег.	Тип прибора			Комп-нента			V_{max} , чувствит-ть	ΔT_{max} , с	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Ашхабад (г. Ашгабат)	ASH	Ашх	16.02.1947	37.96	58.37	305	СКМ-3 СК С5С ИСО+С5С ССРЗ-М	N, E, Z N, E, Z N E, Z N, E Z N, E, Z	6000 1000 100 100 0.1 с; 2.5 с 0.1 с 0.0019 с ²	0.20–1.2 0.30–10.2 0.20–3.1 0.20–3.2 0.01–4.5 0.01–4.5 0.05
2	Кизыл-Арват (г. Сердар)	KAT	Кат	01.01.1950	38.97	56.28	110	СК ИСО+С5С ССРЗ-М	N, E Z N, E Z N, E, Z	1580 1190 0.1 с; 2.5 с 0.1 с 0.0021 с ²	0.36–11 5.50–11 0.01–4.5 0.01–4.5 0.05
3	Ванновская (г. Арчабил)	VAN	Ван	07.07.1952	37.95	58.11	580	СКМ-3 СКД ИСО+С5С ССРЗ-М	N E Z N, E Z N, E Z N, E, Z	70000 70000 70000 1000 950 0.1 с; 2.5 с 0.1 с 0.0021 с ²	0.17–1.4 0.18–1.2 0.20–1.3 0.17–19.3 0.25–20.5 0.01–4.5 0.01–4.5 0.05
4	Красноводск (г. Туркменбаши)	KRS	Крс	31.03.1966	40.04	53.00	10	СКМ-3 СК ИСО+С5С ССРЗ-М	N, E Z N, Z E N, E Z N, E, Z	30000 30000 1000 100 0.1 с; 2.5 с 0.1 с 0.0019 с ²	0.14–0.81 0.17–0.81 0.20–9.8 0.24–9.8 0.01–4.5 0.01–4.5 0.05
5	Небит-Даг (г. Балканабат)	NBD	Нбд	12.02.1966	39.51	54.39	15	СКМ-3 СКД ИСО+С5С ССРЗ-М	N, E Z N, E, Z N, E Z N, E, Z	5000 5000 1000 1000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с 0.002 с ²	0.16–1.3 0.13–1.3 0.17–17.4 0.18–17.0 0.01–4.5 0.01–4.5 0.05
6	Кизыл-Атрек (пос. Этрек)		Ктр	10.10.1968	37.68	54.77	55	СМ-3 ИСО+С5С	N, E, Z N, E Z	5000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.20–1.2 0.01–4.5 0.01–4.5
7	Кара-Кала (пос. Магтымгулы)		Крк	26.03.1971	38.44	56.27	315	СКМ-3 СМТР ИСО+С5С	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)		Чгл	11.11.1972	40.78	55.38	144	СКМ-3 ИСО+С5С	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)		Кшт	24.06.1977	37.46	59.49	257	ВЭГИК ИСО+С5С	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	Маньш (с. Касамлы)		Мнш	04.01.1978	37.72	58.61	680	СКМ-3 ИСО+С5С	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

№	Станция		Дата открытия	Координаты		h_y , м	Аппаратура				
	Название	Код		Тип прибора	Комп-нента		V_{max} , чувствит-ть	ΔT_{max} , с			
		межд.							рег.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	Овадан-Тепе (с. Овадантепе)		Овд	12.04.1978	38.11	58.36	160	СМ-3 ИСО+С5С	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	СКМ-3 ИСО+С5С	N, E, Z N, E Z	50000 0.1 с; 2.5 с 0.1 с	0.20–1.2 0.01–4.5 0.01–4.5
14	Серахс (пос. Серахс)		Срх	01.01.1982	36.53	61.21		СМ-3 ССРЗ-М	N, E, Z N, E, Z	12000 0.0021 с ²	0.20–1.2 0.05
15	Гаурдак (г. Магданлы)		Грд	01.12.1985	37.80	66.05	460	СМ-3 ИСО+С5С ССРЗ-М	N E Z N, E Z N, E, Z	12000 10000 10000 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+С5С	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	40000 0.0019 с ²	0.20–0.8 0.05
18	Сунча (с. Сунче)		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)		Кар	20.07.1992	37.56	66.43		СМ-3 ИСО+С5С	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+С5С	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
21	Кёнекесир (с. Кёнекесир)		Кнк	04.09.1995	38.20	56.90		СМ-3+PB3 ССРЗ-М	N E Z N, E, Z	40000 40000 40000 0.002 с ²	0.20–1.5 0.50–1.4 0.30–1.2 0.05
22	Геокча (г. Арчабил)	АВКТ	Гкч	20.11.2000 (05.11.1993)	37.93	58.12		STS-1 FBA-23 GS-13	IRIS – цифровая станция		

Примечание. В графе 2 в скобках приводятся названия населенных пунктов по состоянию на 1 января 2007 г., многие из которых в последние годы были переименованы и не соответствуют теперь названиям сейсмических станций; комплект СКМ-3 на станции «Гермаб» 6 июля 2003 г. был остановлен.

Таблица 2. Параметры каналов регистрации цифровой сейсмической станции «Геокча»

Название станции	Тип датчика	Перечень каналов регистрации	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосигр – отсчет/(м/с)
Геокча	STS-1	BH (N, E, Z) v	0.002–5	20	24	$1.59 \cdot 10^9$
	GS-13	SH (N, E, Z) v	0.5–10	40	24	$1.60 \cdot 10^9$

Вышеуказанные изменения, особенно остановка комплекта СКМ-3 на станции «Гермаб», негативно сказались на разрешающей способности сети станций Туркменистана. Как видно из рис. 1, площади изолиний K_{3min} во второй половине года снизились во всех районах (табл. 3), но особенно значительные изменения произошли на центральном участке, внутри изолинии $K_{3min}=7.5$. Так, если площади, охваченные изолиниями $K_{3min}=7.5, 8.0, 8.5$ и 9.0 , уменьшились в 1.4 раза и менее, то площадь изолинии представительной регистрации $K_{3min}=7.0$ уменьшилась в 5 раз, и вместо общего участка площадью 21000 км^2 появились два участка с $K_{3min}=7.0$ западнее и восточнее сейсмической станции «Ванновская». Изолинии с $K_{3min}=6.5, 6.0$ и 5.5 исчезли совсем. В итоге число слабых землетрясений с $K_p=2-7$ (табл. 4) значительно уменьшилось в регионе.

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

№	Район	$S, \text{ км}^2$	$\varphi_1^\circ - \varphi_2^\circ, \text{ N}$	$\lambda_1^\circ - \lambda_2^\circ, \text{ E}$	K_{3min}	$K_{\gamma min}$
1	Балхано-Каспийский	$149 \cdot 10^3$	38.5–42.0	51.0–55.5	9	8
2	Эльбурский	$156 \cdot 10^3$	35.0–38.5	51.0–55.5	10	9
3	Туркмено-Хорасанский	$243 \cdot 10^3$	35.0–39.5	55.5–61.0	9	9
4	Восточный Туркменистан	$406 \cdot 10^3$	35.0–42.0	61.0–67.0	10	9
5	Центрально-Каракумский	$130 \cdot 10^3$	39.5–42.0	55.5–61.0	9	
	Копетдаг	$1082 \cdot 10^3$	35.0–42.0	51.0–67.0	9–10	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 1992–2003 гг.

Год	K_p										N_Σ	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
	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

Методика обработки землетрясений Копетдага в 2003 г. осталась прежней: кинематические параметры определялись на основе региональных блочных годографов [2], энергетический класс K_p – по палетке Раутиан [3], магнитуды $MPVA$ – согласно [4], макросейсмические характеристики ощутимых землетрясений – на основе регионального уравнения макросейсмического поля [5]. При этом в каталог землетрясений Копетдага [6] и на карту эпицентров (рис. 2) включены все землетрясения с $K_p \geq 8.6$, зарегистрированные сейсмическими станциями Туркменистана в 2003 г., как в границах, указанных в табл. 3, так и частично вне их. Однако в расчетах энергетической представительности $K_{\gamma min}$ (табл. 3), ежегодно выделяющейся в регионе сейсмической энергии (табл. 4) и характеристик сейсмического режима по районам (табл. 5), традиционно участвовали только сейсмические события, произошедшие в границах, указанных в табл. 3 и на рис. 1, 2.

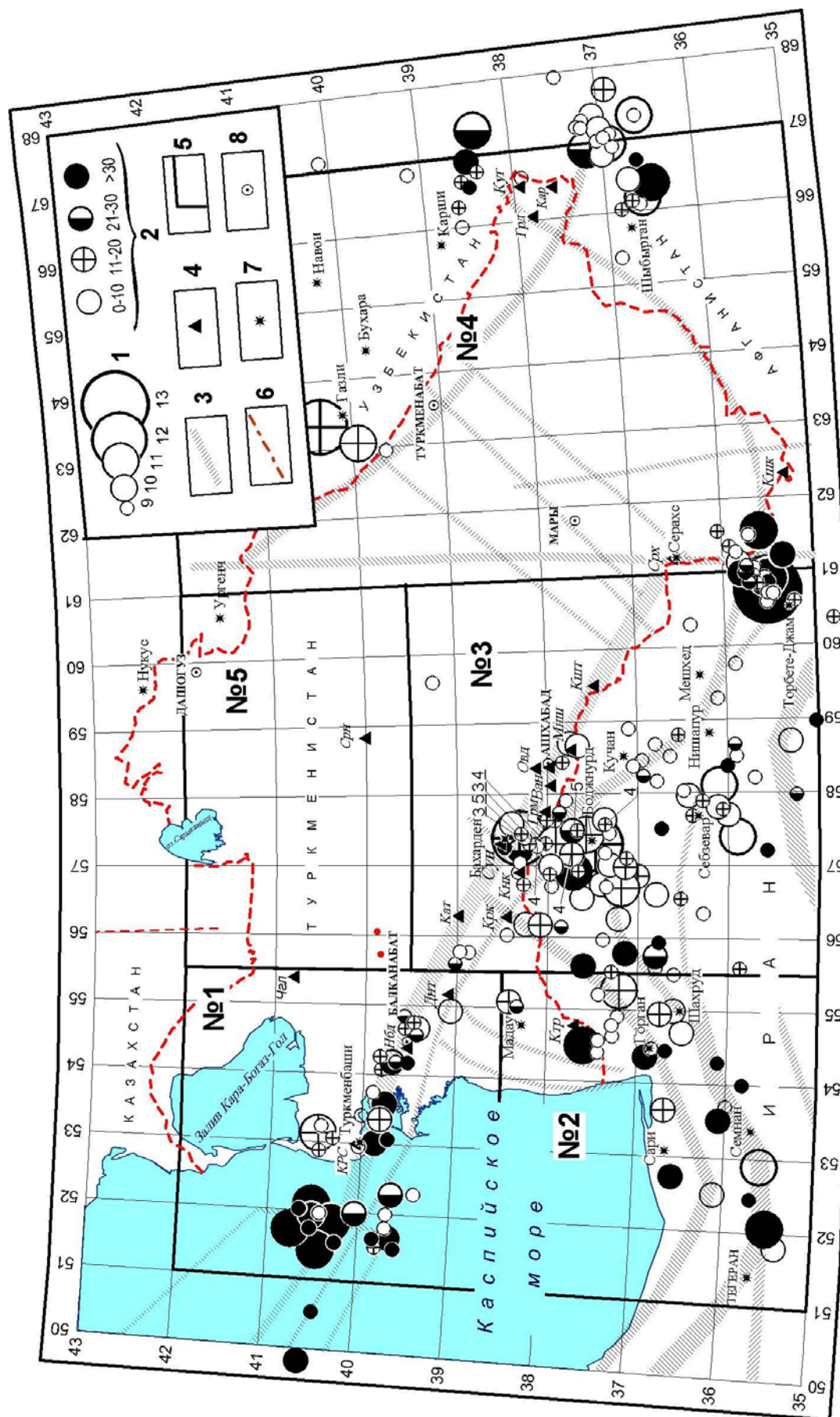


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Копетдага с $K_p \geq 8.6$ за 2003 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – глубинный разлом; 4 – сейсмическая станция; 5 – граница района; 6 – эпицентр; 7 – населенный пункт; 8 – столица области (веляята).

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 2003 г.

№	Район	K_p						N_Σ	$\Sigma E,$ 10^{12} Дж	γ	A_{10}	ΔK
		8	9	10	11	12	13					
1	Балхано-Каспийский	62	25	10	5			102	0.67	0.37	0.073	8–11
2	Эльбурский	21	15	9	4			49	0.87	0.29	0.052	9–11
3	Туркмено-Хорасанский	196	89	29	7	2	1	324	14.90	0.56	0.108	9–12
4	Восточный Туркменистан	17	21	4	6	1		49	1.56	0.38	0.018	9–12
5	Центрально-Каракумский	1						1	0.0001			
	Копетдаг	297	150	52	22	3	1	525	18.00	0.56	0.047	9–13

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

В 2003 г. за счет привлечения данных о знаках первых вступлений на сейсмических станциях ISC из [7] существенно повысилось число землетрясений Копетдага ($N=17$), для которых удалось определить механизм очага [8]. При решении фокальных механизмов использовались методические подходы, предложенные в [9]. На рис. 3 картированы эпицентры, глубины и стереограммы механизмов очагов землетрясений Копетдага в 2003 г. с указанием номеров соответствующих землетрясений в [8].

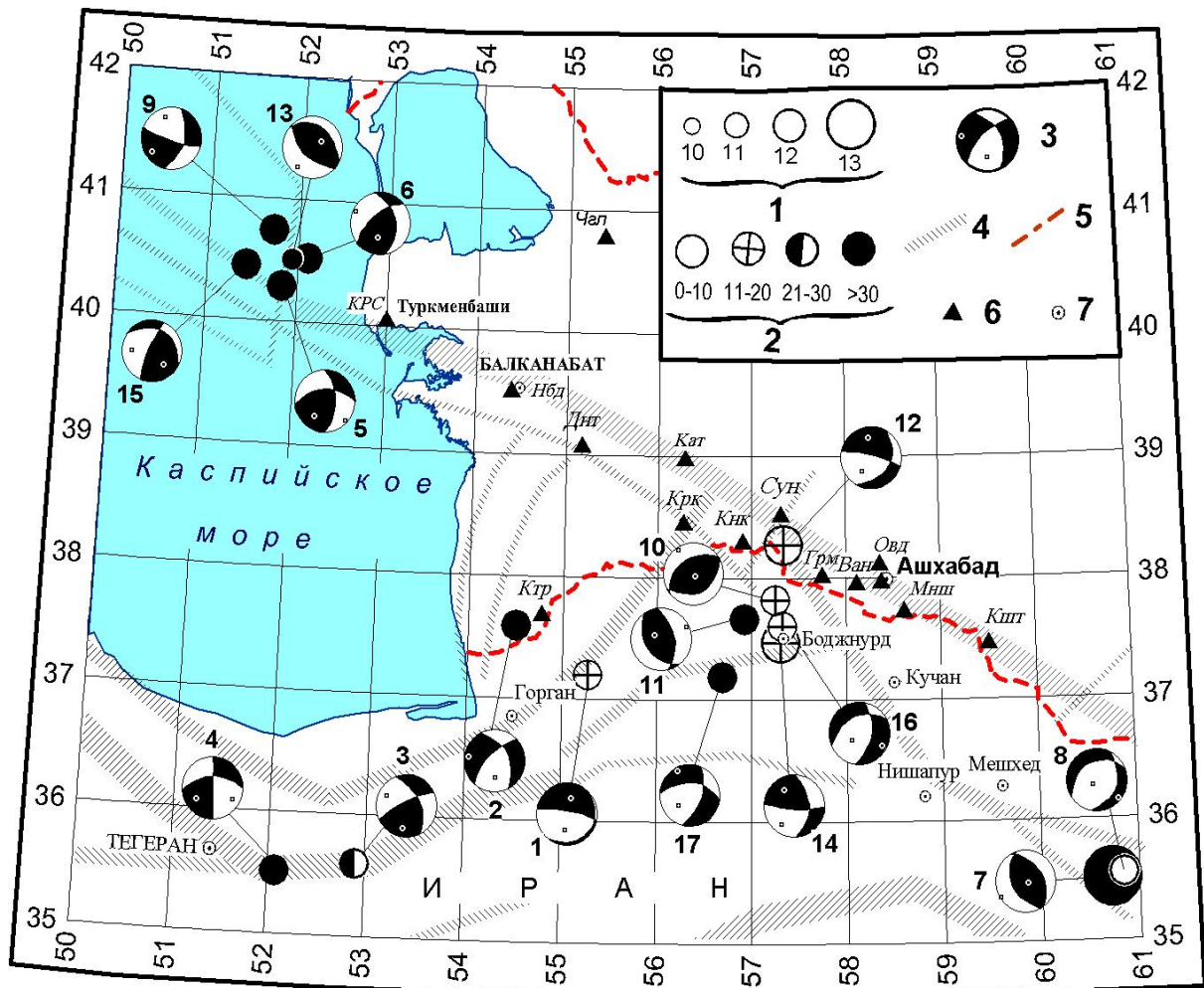


Рис. 3. Механизмы очагов землетрясений Копетдага за 2003 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – стереограмма механизма очага (нижняя полусфера), зачернена область сжатия; 4 – глубинный разлом; 5 – государственная граница; 6 – сейсмическая станция; 7 – город.

В 2003 г., согласно табл. 4, выделившаяся на территории Копетдагского региона сейсмическая энергия составила $\Sigma E = 18.0 \cdot 10^{12}$ Дж, что более чем в два раза превышает соответствующий уровень энергии ($\Sigma E = 6.6 \cdot 10^{12}$ Дж) в 2002 г. [1]. В то же время суммарное число землетрясений снизилось почти вдвое за счет резкого уменьшения числа слабых землетрясений с $K_p = 2-7$. Число землетрясений более высоких энергетических классов в целом увеличилось. Это лишь подтверждает упомянутый выше факт пропусков в регистрации землетрясений с $K_p \leq 7.0$ в Ашхабадском районе (рис. 1).

Самым крупным землетрясением в регионе в 2003 г. было единственное событие с $K_p = 13$, произошедшее 3 июля в 14^h59^m близ иранского г. Торбете-Джам и вызвавшее серию землетрясений с $K_p \leq 11$, эпицентры которых выстроились цепочкой в северо-восточном направлении от главного толчка (рис. 2). Подробнее эта серия описана при характеристике сейсмичности района № 3.

В **Балхано-Каспийском районе (№ 1)** число землетрясений N_Σ , сейсмическая активность A_{10} и выделившаяся сейсмическая энергия ΣE продолжили падение, начавшееся после Балханского землетрясения 06.12.2000 г. с $MS = 7.3$ [10]: $N_\Sigma = 405$, $A_{10} = 0.196$, $\Sigma E = 31633.8 \cdot 10^{12}$ Дж – в 2000 г. [11]; $N_\Sigma = 265$, $A_{10} = 0.122$, $\Sigma E = 81.4 \cdot 10^{12}$ Дж – в 2001 г. [12]; $N_\Sigma = 192$, $A_{10} = 0.093$, $\Sigma E = 1.48 \cdot 10^{12}$ Дж – в 2002 г. [1]; $N_\Sigma = 102$, $A_{10} = 0.073$, $\Sigma E = 0.67 \cdot 10^{12}$ Дж – в 2003 г. [1]. При этом число землетрясений с $K_p = 8-9$ в 2003 г. упало вдвое, а число более сильных толчков изменилось незначительно, отчего параметр γ уменьшился с $\gamma = 0.5$ в 2002 г. [1] до $\gamma = 0.37$ в 2003 г.

В очаговой зоне Балханского землетрясения в 2003 г. зарегистрировано лишь пять землетрясений с $K_p = 9-10$ восточнее г. Балканабат и одним с $K_p = 10$ вблизи сейсмической станции «Даната» (рис. 2). Характерно, что в радиусе 35 км от указанной станции в 2003 г. произошло в 10 раз меньше землетрясений, чем в 2002 г. (200 вместо 2000). Землетрясение, произошедшее 12 августа в 07^h10^m с $K_p = 9.8$ в 27 км юго-восточнее г. Балканабат, ощущалось жителями этого города на верхних этажах зданий с $I = 2-3$ балла [6].

Северо-западнее г. Балканабат, в очаговой зоне Моллакаринского землетрясения 10.06.2001 г. с $K_p = 13.9$ [12], в течение 2003 г. произошло пять землетрясений с $K_p = 9-10$, причем землетрясения с $K_p = 9$ предваряли более сильный толчок с $K_p = 10.1$, который реализовался 10 июня в 17^h16^m.

Активизировалась в 2003 г. сейсмичность вокруг г. Туркменбаши, в радиусе 65 км от которого произошло 11 землетрясений с $K_p = 9$ и выше. Для сравнения, в этой же зоне в 2002 г. зарегистрировано лишь четыре толчка указанного класса, а в 2001 г. – шесть. Уже в начале января 2003 г. севернее г. Туркменбаши регистрировались слабые толчки с $K_p = 4-8$. Два более сильных, с $K_p = 9$, произошли там же 22 и 24 января в 19^h57^m и 13^h34^m соответственно. Затем активизировался участок южнее и юго-восточнее г. Туркменбаши. Здесь в феврале зарегистрировано нескольких слабых толчков с $K_p = 7-8$, предваряющих более сильный – с $K_p = 9.6$, который произошел 15 марта в 12^h16^m в 20 км к югу от г. Туркменбаши. Несмотря на значительную глубину ($h = 47$ км), он ощущался несколькими жителями г. Туркменбаши на верхних этажах зданий с интенсивностью $I = 2$ балла [6]. В течение года эта зона продолжала генерировать землетрясения с $K_p \leq 10$. Среди них – два мартовских события с $K_p = 9$, землетрясение с $K_p = 9.7$ – 25 апреля в 06^h36^m, землетрясение с $K_p = 9.6$ – 5 июля в 08^h56^m, два толчка с $K_p = 9$ в начале октября. Все это время на участке севернее г. Туркменбаши продолжали происходить слабые землетрясения. В сентябре здесь было зарегистрировано три сейсмических события с $K_p = 8.1-8.5$. За ними 13 октября в 21^h48^m последовал сильный толчок с $K_p = 11$, локализованный в 48 км севернее г. Туркменбаши. Землетрясение сопровождалось подземным гулом и ощущалось жителями города с I до 3 баллов [6]. Самый крупный из его афтершоков с $K_p = 9.1$ произошел 4 декабря в 00^h56^m. Всего в течение года в радиусе 65 км от г. Туркменбаши зарегистрировано более 40 землетрясений с $K_p = 4-11$.

В акватории Каспийского моря основная масса событий сконцентрировалась в районе пересечения меридионального глубинного разлома с системой разломов северо-западного прогибания (рис. 2). Среди них четыре землетрясения с $K_p = 11$, гипоцентры которых, как и у большинства Каспийских землетрясений, приурочены к значительной глубине, $h = 58-63$ км [6]. Для них определены механизмы очагов (рис. 3, [8]). Два из четырех землетрясений реализовались 25 июня дуплетом, в 09^h32^m с $K_p = 10.8$ и в 09^h55^m с $K_p = 10.7$ соответственно. Механизм очага в обоих случаях представлял собой взбросо-сдвиг по близмеридиональной плоскости $NP1$ или

близширотной (северо-восточной) плоскости $NP2$. Однако в очаге первого толчка преобладала сдвиговая компонента подвижки, а в очаге второго – взбросовая (5 и 6 на рис. 3). Третье землетрясение с $K_p=11.2$ произошло 8 августа в 04^h39^m (9). Подвижка в его очаге представляла сдвиг по близмеридиональной $NP1$ или близширотной $NP2$ плоскости с небольшой сбросовой компонентой, причем по плоскости $NP1$ сбросовая компонента так мала, что ею можно пренебречь. 22 октября в 00^h15^m между эпицентрами вышеописанного дуплета землетрясений 25 июня возникло землетрясение с $K_p=9.8$ (13), в очаге которого реализовался взброс по плоскости $NP1$ или надвиг по плоскости $NP2$ северо-западного простирания. Четвертое землетрясение и самое сильное ($K_p=11.3$), как в этой группе, так и в районе № 1 в целом, произошло в 2003 г. в акватории Каспия 18 ноября в 19^h40^m (15). В его очаге произошел сдвиго-надвиг по плоскости $NP1$ северо-западного простирания или взброс по близмеридиональной плоскости $NP2$.

Выделившаяся на территории **Эльбурского района (№ 2)** сейсмическая энергия понизилась, тогда как сейсмическая активность A_{10} и число землетрясений с $K_p=8-11$ остались на прежнем уровне. В 2003 г. на территории района произошло четыре землетрясения с $K_p \geq 11$. Первое из них, самое сильное с $K_p=11.7$, реализовалось 12 марта в 00^h30^m на иранской территории, в 70 км к юго-востоку от сейсмической станции «Кизыл-Атрек». В его очаге произошел сброс по крутой близширотной плоскости $NP1$ или правосторонний сдвиг с компонентой поддвига по близгоризонтальной плоскости северо-восточного простирания $NP2$ (1). Оно не имело форшоков представительного энергетического уровня ($K_{3min}=9$ согласно рис. 1), а первый последовавший за ним толчок с $K_p=9$, возникший 18 марта в 17^h16^m , был локализован в 67 км к северо-западу от эпицентра 12 марта и, возможно, являлся его удаленным афтершоком. Примечательно, что этот толчок указал место следующего значительного события с $K_p=10.7$, которое произошло 30 марта в 19^h08^m около сейсмической станции «Кизыл-Атрек». Механизм его очага (2) представлял собой левосторонний сбросо-сдвиг по плоскости $NP1$ юго-западного простирания или правосторонний сбросо-сдвиг по плоскости $NP2$ северо-западного простирания [8].

Дуплет землетрясений (3, 4) одинаковой энергии ($K_p=11.2$) возник 21 и 22 июня в 15^h00^m и 03^h39^m , соответственно, между иранскими городами Тегеран и Семнан. В очаге первого из них (3) реализовался левосторонний сдвиг по плоскости северо-западного простирания, или правосторонний взбросо-сдвиг по плоскости юго-западного простирания. Механизм очага второго (4) представлял собой левосторонний взбросо-сдвиг по вертикальной меридиональной плоскости, или чистый правосторонний сдвиг по наклонной широтной плоскости [8]. Землетрясения с $K_p=10$ в сопровождении более слабых толчков происходили в районе № 2 близ иранских городов Шахруд, Горган, Сари, Семнан, Тегеран.

На туркменской территории, в 35 км востоку от с. Мадау, 24 ноября в 16^h04^m зарегистрировано землетрясение с $K_p=9.9$ (рис. 2). За ним 27 ноября в 00^h19^m последовал близкий по энергии толчок с $K_p=9.5$. Скорее всего, оба они являлись афтершоками землетрясения, произошедшего там же 29 августа 2002 г. в 15^h16^m с $K_p=10.8$ [1].

На территории **Туркмено-Хорасанского района (№ 3)** сейсмическая активность A_{10} , по сравнению с таковой в 2002 г. [1], повысилась, при одновременном повышении значения γ . Это выразилось в увеличении в полтора раза числа землетрясений с $K_p=8-10$ при почти неизменном числе землетрясений с $K_p=11-12$. Выделившаяся при этом сейсмическая энергия возросла почти на порядок из-за возникшего на юго-восточной границе района № 3 землетрясения с $K_p=13$ [1].

Первая половина года отличалась довольно слабой сейсмичностью. За этот период на территории района № 3 произошло лишь 43 землетрясения с $K_p \geq 8.6$, из них десять – с максимальным энергетическим классом $K_p \geq 10$. Для сравнения, во второй половине 2003 г. на этой же территории зарегистрировано 85 землетрясений с $K_p \geq 8.6$, из них 29 – с $K_p \geq 10$.

Как и в прежние годы, наиболее активной оставалась Боджнурд-Бахарденская очаговая зона, где произошло 75 % всех зарегистрированных в районе землетрясений. Среди них – два землетрясения с $K_p=12$, четыре – с $K_p=11$, пятнадцать – с $K_p=10$. С января по август 2003 г. эта зона генерировала землетрясения с $K_p \leq 10$, из них 29 – с $K_p=9-10$. 11 сентября в 14^h00^m здесь произошло более крупное сейсмическое событие с $K_p=11.1$, положившее начало усилению сейсмичности. В его очаге (10) произошел взброс по плоскости северо-восточного простирания в условиях горизонтального северо-западного сжатия. Через четыре дня, 15 сентября в 18^h15^m , рядом произошел еще один крупный толчок с $K_p=10.8$. В его очаге (11), как и в предыдущем случае, реализовался взброс, но по одной из плоскостей северо-западного простирания. Близгоризонтальная ось сжатия имела северо-восточное простирание [8].

К началу октября эпицентры множества землетрясений с $K_p=6-10$ сместились на север, оконтурив зону подготовки максимального ($K_p=12.4$) в 2003 г. землетрясения Боджнурд-Бахарденской зоны. Оно произошло 5 октября в 05^h02^m в 30 км к югу от пос. Бахарден. Жители Бахардена ощущали сотрясения интенсивностью до 4 баллов, а в Ашхабаде – до 2–3 баллов [6]. Местоположение эпицентра этого землетрясения приурочено к Арчман-Нохурскому тектоническому узлу пересечения разломов северо-западного (Копетдаг-Большебалханский разлом и его ответвление, Гермабский разлом) и северо-восточного простирания (рис. 2, 3). Решение для механизма очага (12) предлагает две возможные плоскости разрыва. По крутой плоскости $NP1$ западно–северо-западного простирания, совпадающей с ориентацией Копетдаг-Большебалханского разлома, мог произойти сброс северного крыла разрыва, а по пологой плоскости $NP2$ северо-восточного простирания – правосторонний сбросо-сдвиг.

Следующий крупный ($K_p=12.0$) толчок произошел 18 ноября в 05^h37^m практически под иранским г. Боджнурд (14). В его очаге в условиях субмеридионального близгоризонтального сжатия и северо-западного промежуточного растяжения произошел взброс по широтной плоскости $NP1$, или правый взбросо-сдвиг – по меридиональной $NP2$. Последовавший за ним 19 ноября в 08^h26^m крупный ($K_p=10.9$) афтершок произошел в условиях близвертикального юго-западного сжатия и близгоризонтального юго-восточного растяжения (16). В очаге реализовался сброс по близширотной плоскости $NP1$ или меридиональной – $NP2$.

Еще один крупный ($K_p=11.3$) толчок возник в 66 км к юго-западу от Боджнурда 22 декабря в 19^h13^m (17). В очаге произошел сбросо-сдвиг, левосторонний по широтной плоскости $NP1$ или правосторонний – по меридиональной $NP2$.

Самое сильное ($K_p=13.0$) землетрясение 2003 г. в районе № 3 и в регионе в целом произошло 3 июля в 14^h59^m с в 40 км к северо-востоку от иранского г. Торбете-Джам. В его очаге (7) произошел взброс северного крыла разлома северо-западного простирания, плоскость которого падает на север ($NP1$), или южного крыла разлома того же простирания, плоскость которого падает на юг ($NP2$) [8].

Фор- и афтершоки этого землетрясения (табл. 6) составили, как и в 1999 г. [11], цепочку эпицентров, пересекающую в северо-восточном направлении Туркмено-Иранскую границу, а также границу районов № 3 и № 4 (рис. 2, 4). По аналогии с серией землетрясений 1999 г., можно называть и землетрясения 2003 г. Серахскими. Основные толчки 08.11.1999 г. и 05.12.1999 г. с $K_p=13$ были названы в [11] Серахским-I и Серахским-II соответственно, поэтому основной толчок 3 июля 2003 г. с $K_p=13$ назван Серахским-III. Поскольку Серахское-III землетрясение и большая часть его афтершоков локализованы на территории района № 3, эта серия включена в описание сейсмичности этого района.

Таблица 6. Основные параметры фор- и афтершоков Серахского-III землетрясения 3 июля в 14^h59^m 2003 г. с $K_p=13.0$ 2003 г. в пределах $\varphi=34.5-36.5^\circ N$, $\lambda=60.0-62.0^\circ E$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ°, N	λ°, E		
Форшоки						
1	28.02	05 10 38	35.7	61.5		8.7
2	01.03	08 31 27	36.38	60.3	6	8.9
3	30.03	09 38 30	36.4	60.3		7.3
4	15.04	07 43 38	36.04	61.56	11	8.7
5	02.05	19 02 14	36.06	61.53	1	8.2
6	02.05	19 05 25	35.92	61.35	15	9.4
7	03.05	00 27 32	35.81	60.98	34	10.0
8	30.05	21 16 00	36.01	61.23	2	7.5
9	07.06	14 42 24	35.96	61.65	18	8.2
10	07.06	17 30 33	35.32	61.09	42	7.6
11	28.06	22 24 33	36.08	61.66	2	8.1
12	03.07	08 07 00	35.51	60.71	9	8.6
Основной толчок						
13	03.07	14 59 26	35.51	60.75	14	13.0
Афтершоки						
14	03.07	15 24 38	35.45	60.75		8.4
15	03.07	15 36 46	35.46	61.37	16	8.3
16	03.07	16 18 15	35.6	60.7		7.4
17	03.07	16 24 08	35.58	60.77	3	7.9
18	03.07	16 31 08	35.59	60.81	3	8.0
19	03.07	17 05 30	35.65	60.83	1	7.9
20	03.07	17 43 48	35.64	60.84	42	7.5
21	03.07	18 25 46	35.45	60.7		8.5
22	03.07	18 46 11	35.55	60.83	10	11.4
23	03.07	19 45 58	35.66	60.83	2	7.9
24	03.07	20 32 40	35.59	60.9	10	9.4
25	03.07	20 45 43	35.69	61.11	11	8.2
26	04.07	01 16 11	35.33	61.21	42	10.0
27	04.07	01 46 12	35.4	60.6		8.3
28	04.07	05 10 56	35.67	60.86	2	8.5

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ° , N	λ° , E						φ° , N	λ° , E		
29	04.07	10 08 19	35.53	60.66	11	8.3	44	15.07	00 11 27	35.62	60.88	9	7.7
30	04.07	10 11 46	35.39	60.6	15	8.1	45	27.07	21 32 49	35.63	60.9	11	8.7
31	04.07	11 39 05	35.58	61.55	42	10.6	46	02.08	18 21 15	35.66	61.04	9	8.7
32	04.07	15 54 58	35.1	61	8.1	8.1	47	05.08	23 59 56	35.66	60.66	3	7.7
33	04.07	18 00 10	35.76	60.98	6	7.8	48	06.08	17 25 51	35.72	60.74	2	7.8
34	04.07	22 38 34	35.5	60.75	7.6	7.6	49	09.08	19 19 57	35.74	60.99	30	9.1
35	04.07	23 39 38	35.8	61.03	7	7.7	50	10.08	12 49 27	35.77	61.09	25	8.5
36	05.07	00 12 04	35.77	61.07	10	8.1	51	01.09	16 46 03	35.52	60.59	9	8.9
37	06.07	10 35 31	35.66	60.93	12	9.0	52	06.09	23 45 58	35.74	61.05	22	8.6
38	09.07	11 31 19	35.71	60.85	21	8.9	53	11.09	15 39 55	35.85	61.27	10	8.6
39	11.07	06 10 35	35.5	60.85	31	8.7	54	11.09	22 33 34	35.87	61.09	6	7.7
40	11.07	12 44 24	34.79	60.35	20	8.6	55	07.11	01 19 28	35.71	60.85	10	8.5
41	11.07	20 30 59	35.5	61	34	8.0	56	08.12	00 11 15	35.2	61.15	0	7.3
42	12.07	00 35 26	35.45	60.7	8.9	8.9	57	21.12	19 15 20	35.12	60.15	1	7.3
43	14.07	18 21 40	35.59	60.8	5	8.3	58	25.12	08 54 32	35.22	60.59	15	9.5

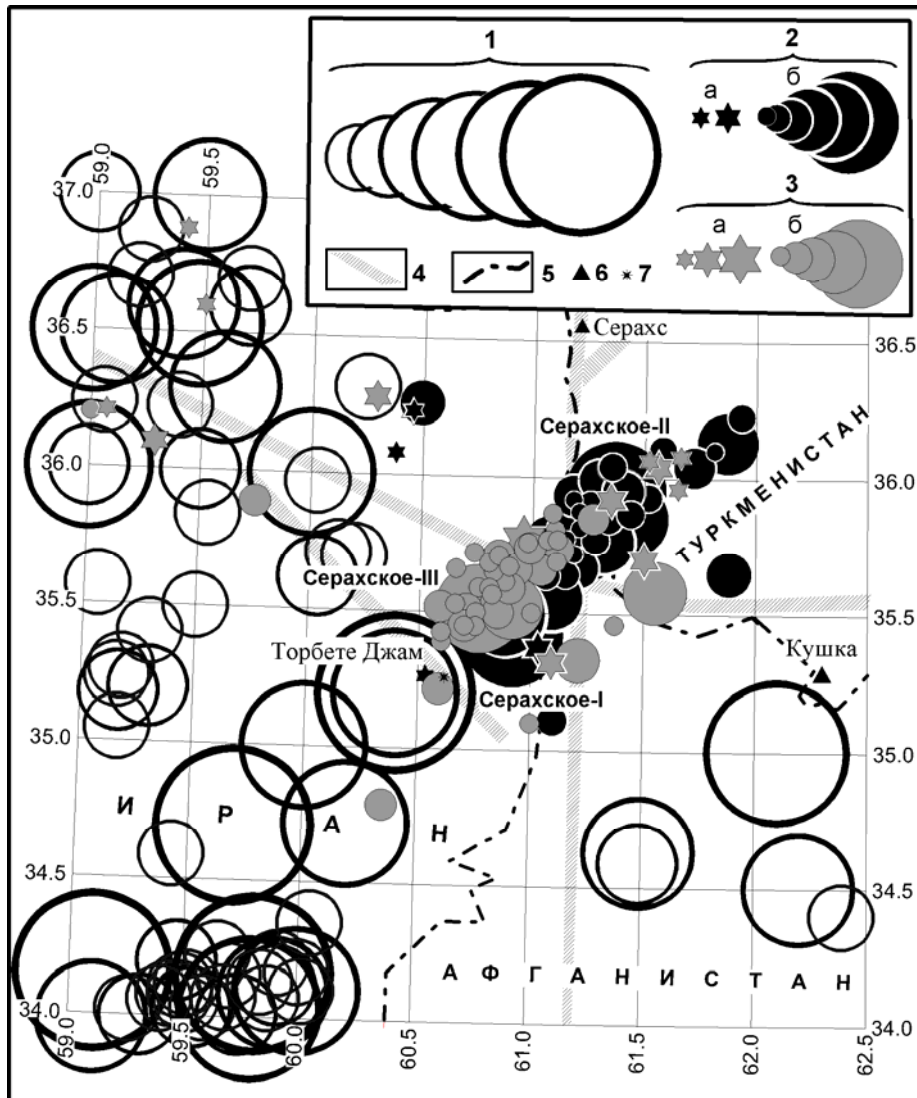


Рис. 4. Сейсмичность Серахского района за период с 765 г. по 2003 г.

1 – эпицентры землетрясений с $K_p=12-17$ за 765–1998 гг.; 2 – эпицентры серии Серахских землетрясений 1999 г.: а – предвещающие толчки с $K_p=8-9$, б – афтершоки с $K_p=8-12$ и основные толчки с $K_p=13$; 3 – эпицентры серии Серахских землетрясений 2003 г.: а – форшоки с $K_p=8-10$, б – афтершоки с $K_p=8-11$ и основной толчок с $K_p=13.0$; 4 – разлом; 5 – государственная граница; 6 – сейсмическая станция; 7 – город.

Согласно рис. 4, в месте расположения цепочек Серахских землетрясений 1999–2003 гг. не известно ни одного землетрясения с $K_p \geq 12$ до 1999 г. Судя по положению форшоков Серахского-I землетрясения, подготовка серии Серахских землетрясений 1999 г. началась на западе. Последовавший непосредственно после Серахского-I землетрясения афтершок (8 ноября в 22^h16^m с $K_p=10.3$) произошел в 75 км к северо-востоку и обозначил место подготовки Серахского-II главного толчка 5 декабря. Следующие сейсмические события 1999 г. заполнили пространство между эпицентрами основных толчков, а несколько землетрясений продлили эту зону дальше к северо-востоку [11].

В отличие от форшоков Серахского-I землетрясения, форшоковый процесс Серахского-III землетрясения 2003 г. начался в северо-восточной части эпицентральной зоны Серахских землетрясений, вблизи эпицентра Серахского-II землетрясения (рис. 4). Сам основной толчок 2003 г. – Серахский-III – произошел вблизи эпицентра Серахского-I землетрясения и имел сходный механизм очага (рис. 4, [11]).

Самый крупный ($K_p=11.4$) афтершок Серахского-III землетрясения произошел 3 июля в 18^h46^m, т.е. через четыре часа после основного толчка. Механизм его очага (8) оказался полной противоположностью механизму очага основного толчка. Если в очаге Серахского-III землетрясения произошел взброс по плоскости, перпендикулярной цепочкам эпицентров 1999 и 2003 гг., то в очаге афтершока 3 июля с $K_p=11.4$ реализовался сброс по плоскости, близкой к ориентации этих цепочек. На следующий день – 4 июля в 01^h16^m и 11^h39^m – возникло еще два крупных (с $K_p=10.0$ и 10.6) афтершока, локализованных, соответственно, в 45 км к юго-востоку и в 70 км к востоку от основного толчка. Всего за первые двое суток после основного толчка было зарегистрировано 23 афтершока с $K_p=7.4–11.4$, и все они, за исключением афтершока 4 июля в 11^h39^m, расположены на расстояниях не дальше 45 км от основного толчка. До конца года в эпицентральной зоне Серахского-III землетрясения зарегистрировано еще 22 афтершока в диапазоне $K_p=7.3–9.5$ (табл. 6).

Среди других локальных зон в районе №3 повышенной сейсмической активностью выделялся участок западнее иранского г. Нишапур, где в течение года произошло два землетрясения с $K_p \div 11$, три с $K_p \div 10$ и множество более слабых.

Зона Гермабского разлома между иранскими городами Кучан и Торбете-Джам изобиловала эпицентрами землетрясений с $K_p \div 9$ и ниже (рис. 2).

На туркменской территории, в районе сейсмических станций «Ашхабад» и «Маньш», в течение года возникло три неглубоких землетрясения с $K_p > 9.0$: 9 марта в 17^h06^m с $K_p=9.6$, 1 сентября в 13^h16^m с $K_p=9.7$ и 29 октября в 01^h02^m с $K_p=9.2$. Самое слабое из них ощущалось местными жителями в пос. Гаудан с интенсивностью 3 балла. В Ашхабаде на верхних этажах высотных зданий отмечены сотрясения с $I=2$ балла [6].

В Восточном Туркменистане (№ 4) сейсмическая активность и выделившаяся сейсмическая энергия повысились за счет увеличения числа землетрясений почти всех энергетических классов, кроме 10-го (табл. 5).

Два самых крупных землетрясения возникли на территории Узбекистана, в Газлийской очаговой зоне. Первое из них произошло 21 февраля в 05^h16^m с $K_p=11.5$ в 40 км юго-западнее г. Газли, второе – 12 ноября в 19^h24^m с $K_p=11.9$ в 30 км северо-западнее от г. Газли. Помимо этих землетрясений, сейсмические станции Туркменистана зарегистрировали в районе Газли лишь одно землетрясение с $K_p=9$, которое произошло в начале года, 28 января в 18^h38^m, и могло быть форшоком события 21 февраля.

Юго-восточнее узбекского г. Карши отмечена группа землетрясений, среди которых пять 9-го класса, одно – 10-го и одно, за восточной границей района № 4, с $K_p \div 11$.

Высокая сейсмическая активность наблюдалась восточнее афганского г. Шыбырган. С учетом сейсмических событий с эпицентрами за восточной границей района в этой очаговой зоне произошло по пять толчков 11-го и 10-го классов, а также множество более слабых. Активизация этой зоны началась землетрясением 26 февраля в 23^h23^m с $K_p=11.1$ на восточной границе района, за которым последовало множество афтершоков с $K_p \leq 9$. Следующий всплеск сейсмичности, но на более низком энергетическом уровне, связан с землетрясением 25 мая в 00^h26^m с $K_p=10.9$.

Несмотря на впечатление, что очаговая зона восточнее г. Шыбырган разделена асейсмичной перемычкой, это – единая зона, поскольку по три последующих землетрясения 11-го и 10-го классов произошли в один день (18 июля) по разные стороны от перемычки. Им предшествовали два форшока с $K_p=10$ и один – с $K_p=9$, зарегистрированные 11 июля [6]. Все они локализованы в восточной части этой очаговой зоны. Более слабые афтершоки локализованы в основном в западной части очаговой зоны.

Л и т е р а т у р а

1. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Безменова Л.В., Сарыева Г.Ч.** Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 128–143.
2. **Рахимов А.Р., Славина Л.Б.** Региональный годограф Копетдагской сейсмической зоны // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1984. – № 3. – С. 31–38.
3. **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.
4. **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.
5. **Голинский Г.Л.** Уравнения макросейсмического поля землетрясений Туркмении // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1977. – № 1. – С. 69–74.
6. **Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Тачов Б., Халлаева А.Т., Коржукова Т.А., Дурасова И.А., Эсенова А., Петрова Н.В., Мустафаев Н.С.** Каталог землетрясений Копетдага за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. <http://www.isc.ac.uk>
8. **Безменова Л.В., Петрова Н.В., Петров В.А. (отв. сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Копетдага за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. **Мострюков А.О., Петров В.А.** Каталог механизмов очагов землетрясений, 1964–1990 // Материалы Мирового центра данных. – Б. – М.: 1994. – 87 с.
10. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Безменова Л.В., Рахимов А.Р.** Балханское землетрясение 6 декабря 2000 г. с $MS=7.3$, $I_0=8-9$ (Копетдаг) // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 306–320.
11. **Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Голинский Г.Л., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч.** Копетдаг // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 95–109.
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.