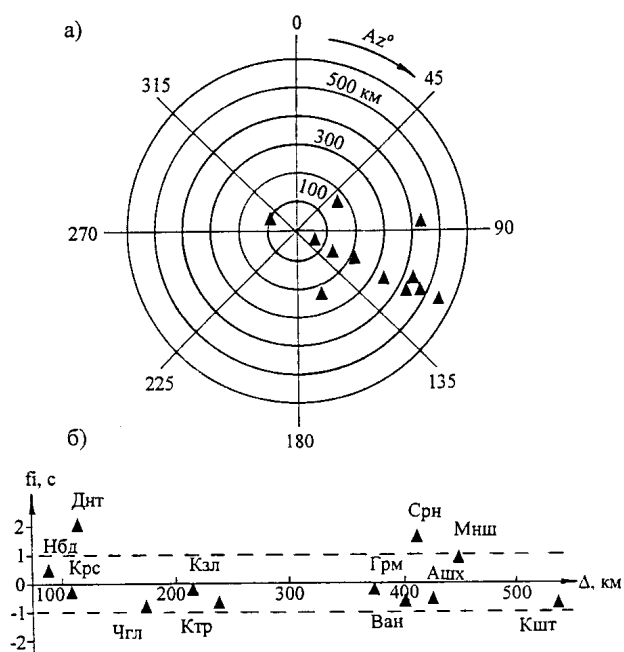


ДЮЗМЕРГЕНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 19 июля 1996 года с $MS=4.1$, $I_0=5-6$ (Копетдаг)**Б.Н. Гаипов, Г.Л. Голинский, Ч.М. Мурадов, А.Р. Рахимов**

Дюзмергенское землетрясение ($K_p=12.2$ [1], $MS=4.1$ [2]) произошло 19 июля 1996 г. в 02^h28^m в западном районе Туркменистана в тектонической структуре Большого Балхана. Область осязаемых сотрясений охватила площадь ~ 32600 км². Макросейсмические данные о характере его проявления в ближней зоне получены от заведующего сейсмической станцией "Небитдаг" К. Байрамова, в дальней – от заведующего сейсмической станцией "Чагыл" А. Аннатаганова. Сводная обработка региональных наблюдений проведена по данным 12 сейсмических станций Туркменистана (табл. 1). Расположение станций Копетдагской зоны вокруг эпицентра по азимуту ($291^\circ-0-166^\circ$) и эпицентральному расстоянию ($55\div 535$ км) в виде полярной диаграммы приведены на рис. 1,а, где угол охвата составляет 235° . Величина станционных невязок дана на рис. 1,б, откуда видно, что подавляющая их часть не более ± 1 с (только для двух станций она выше). Среднеквадратическая погрешность $\delta t_0=1.2$ с.

Таблица 1. Времена вступлений Р и S-волн для Дюзмергенского землетрясения

№	Станция	t_p	t_s	№	Станция	t_p	t_s
1	Небитдаг	02 29 01		7	Ванновская	е 02 29 44.8	
2	Красноводск	-i 02 29 07.7	02 29 19	8	Ашхабад	02 29 49.2	
3	Даната	02 29 09		9	Кизыларват	-i 02 29 22.5	02 29 48
4	Чагыл	02 29 16	е 02 29 36	10	Маньш	02 29 51.2	
5	Кизылатрек	-i 02 29 26.2	02 29 52	11	Серный	02 29 43	02 30 26
6	Гермаб	02 29 41		12	Каушут	02 30 03	

**Рис. 1.** Полярная диаграмма расположения региональных сейсмических станций вокруг эпицентра Дюзмергенского землетрясения (а) и зависимость величины станционных невязок от эпицентрального расстояния (б)

На рис. 2 приведены решения эпицентра по данным различных сейсмологических центров [1-3]. Смещение эпицентра от регионального составляет в лучшем случае (ВJI) 10 км к северо-западу, а в худшем (MOS) – 34 км к северу (рис. 2). Однако анализ исходных сейсмограмм показал, что региональное определение эпицентра в сравнении с решениями в [2,3] более достоверно. В этом случае эпицентр землетрясения определяется координатами $39.71^\circ N$ ($\delta\varphi=\pm 16$ км), $54.09^\circ E$ ($\delta\lambda\pm 25$ км), хорошо согласующимися с характером проявления интенсивности сотрясений земной поверхности. Глубина очага по региональным инструментальным данным $h_n=44\pm 6$ км отличается от глубины очага по макросейсмическим данным – $h_{10M}=18$ км, $h_I=15$ км, к которым наиболее близко $h(ISC)=23$ км [3]. Механизм очага Дюзмергенского землетрясения рассмотрен в [4].

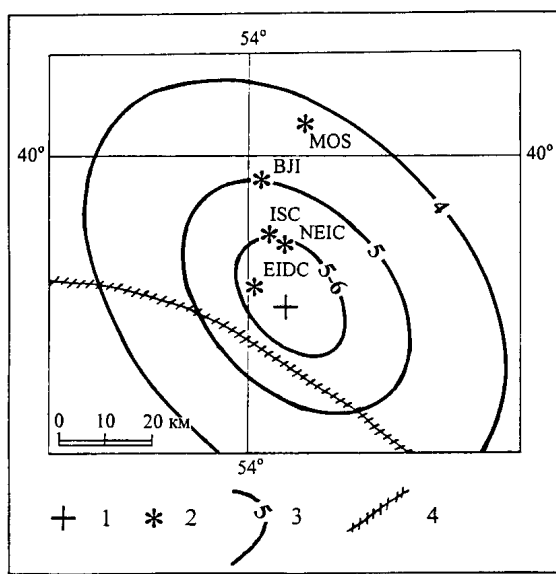


Рис. 2. Решение эпицентра Дюзмергенского землетрясения по данным разных агентств в сопоставлении со схемой его изосейст

1 – инструментальный эпицентр по [1]; 2 – инструментальные эпицентры по данным агентств ISC, MOS, NEIC, EIDC, VJI [3]; 3 – изосейста; 4 – глубинный разлом (Копетдаг-Большебалханский).

Очаговая область Дюзмергенского землетрясения расположена в Копетдаг-Большебалханской сейсмогенной зоне, обладающей высоким сеймотектоническим потенциалом. Она входит в Южно-Туранскую систему разломов, которая является частью планетарного пояса глубинных разломов, отделяющего альпийские горноскладчатые сооружения от эпигерцинской Каракумской платформы юга Туркменистана. По данным ГСЗ [5] глубина проникновения разломов более 30 км. В естественных геофизических полях Южно-Туранская система разломов выражается линейной зоной интенсивного градиента силы тяжести, резкой сменой характера гравитационного поля и сгущением изолиний магнитного поля, сопряженных с вытянутыми зонами интенсивных положительных магнитных аномалий. В ее пределах располагаются Кубадагское и Большебалханское складчатые сооружения и Передовая зона антиклиналий Копетдага с прилегающей частью Предкопетдагского прогиба. В целом вся зона глубинного разлома состоит из системы частных разрывных нарушений в основном северо-западного простирания, которые с севера и юга ограничены протяженными разломами глубокого заложения [6]. Копетдаг-Большебалханская сейсмогенная зона характеризуется высокой сейсмической активностью. В ее пределах происходили такие сильные и катастрофические землетрясения, как Узун-Адинское (Красноводское) 1895 г. ($M=8.2$, $I_0=10$ баллов), Казанджикское 1945 г. ($M=7.0$, $I_0=9$ баллов) и другие [7]. Сейсмичность ее подтверждается всеми критериями выделения сейсмогенных зон. В пределах зоны может происходить землетрясение с $M\leq 8.0$, а для западного участка, в районе Красноводска, с $M\leq 8.5$.

Макросейсмические данные. С максимальной интенсивностью 5-6 баллов Дюзмергенское землетрясение проявилось в селениях, расположенных в 6-15 км от эпицентра, на расстояниях 20-25 км наблюдались 5-балльные сотрясения, а ощущалось оно даже на расстояниях свыше 170 км (табл. 2).

Таблица 2. Макросейсмические данные о Дюзмергенском землетрясении 19 июля 1996 г. в 02^h28^m
($K_p=12.2$, $MS=4.1$)

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
	<u>5-6 баллов</u>			<u>2-3 балла</u>	
1	Ж/д разъезд №124	6	41	Колодец Тезекуи	70
2	Дюзмерген	7	42	Хелес	71
3	Моллакара	8	43	Колодец Бенгкуи	73
4	Джебел	12	44	Ыбык	78
5	Ягман	13	45	Колодец Демирджен	82
	<u>5 баллов</u>		46	Языгшем	83
6	Учгёз	21	47	Дувунчи	85
7	Ж/д разъезд №126	21	48	Колодец Тезешевюр	85
8	Ж/д разъезд №123	22	49	Карагель	87
9	Дашарбат	23	50	Азизбеково	88
10	Белек-Туркменский	26	51	Колодец Каракель	88
	<u>4-5 баллов</u>		52	Колодец Сюйремджек	90
11	Колодец Керчек	28	53	Челекен	90
12	Небитдаг	30	54	Ж/д разъезд №117	90
13	Огланлыоба	30	55	Акдаш	90
14	Белек	33	56	Колхоз "1 Мая"	92
15	Огланлы	36	57	Уфра	93
	<u>4 балла</u>		58	Гогерендаг	93
16	Им.26 Бакинских комиссаров	40	59	Сарыходжа	94
17	Балаишем	43	60	Кизыл-Су	95
18	Балла-Ишем	43	61	Аул №6	97
19	Колодец Шатлы	47	62	Ахча-Куйма	98
	<u>3-4 балла</u>		63	Гюша	99
20	Колодец Телезин	51	64	Дянеата	100
21	Аккую	54	65	Колодец Эдысюйри	100
22	Ирикли	54	66	Аваза	102
23	Аджыкыр	63	67	Шаумян	103
24	Гумдаг	67	68	Туркменбаши	104
25	Айдин	68	69	Сюльмен	105
	<u>3 балла</u>		70	Колодец Бурнак	105
26	Небитдагнефть	44	71	Казахаул	107
27	Котурдепе	48	72	Обой	120
28	Колодец Ячкуи	58	73	Ясхан	125
29	Худайберды	63	74	Газанджик	130
30	Кара-Тенгир	63	75	Гезекуй	133
31	Тюрдже	68	76	Капланглы	137
32	Кошоба	70		<u>2 балла</u>	
33	Аджикуи	73	77	Дарта	120
34	Хасан	73	78	Киянлы	128
35	Колодец Шорджа	73	79	Куули-Маяк	130
36	Янгаджа	74	80	Узун-Су	147
37	Кайлю	74	81	Куюлар	148
38	Куйджик	75	82	Колхоз "50 лет ТССР"	150
39	Сюйли	82	83	Чагыл	159
40	Перевал	83	84	Ж/д разъезд №112	164
			85	Искандар	170
			86	Кульман	172

Примечание. В таблице и тексте наименования пунктов даны по карте [8].

Карта изосейст Дюзмергенского землетрясения представлена на рис. 3.

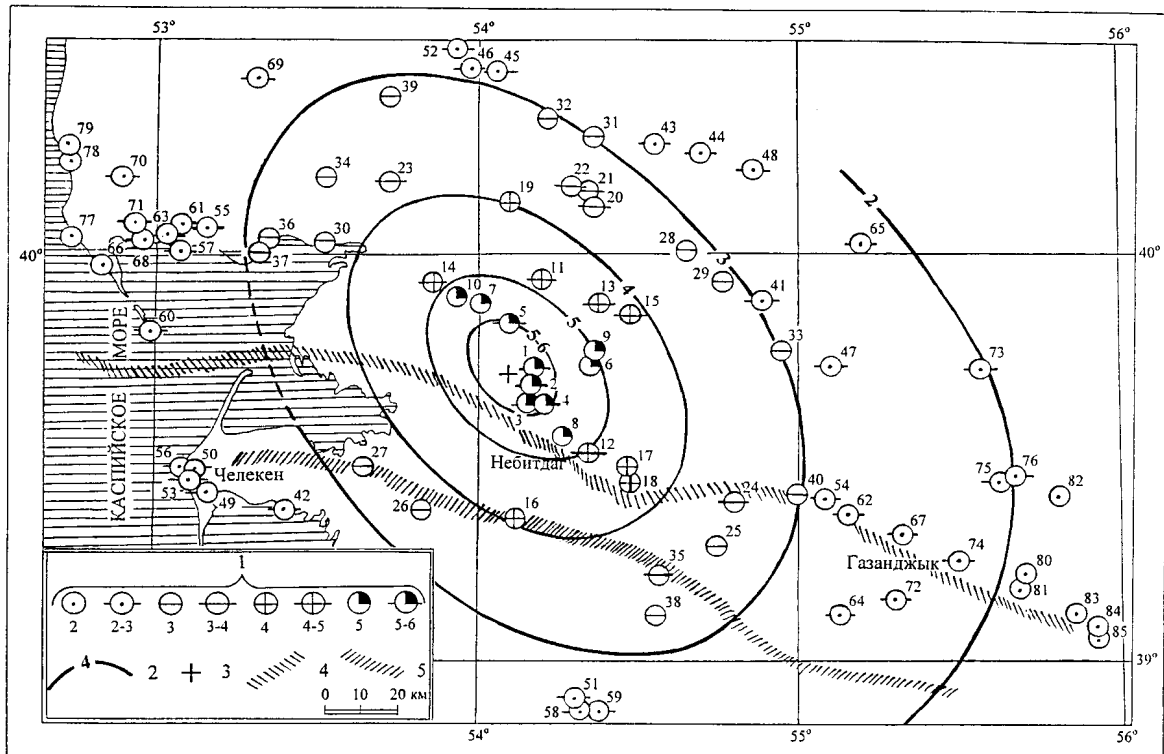


Рис. 3. Карта изосейст Дюзмергенского землетрясения 19 июля 1996 г. в 02^h28^m с $K_p=12.1$ [1], $MS=4.1$ [2]

1 – интенсивность сотрясений I в баллах по шкале MSK-64 [9]; 2 – изосейста; 3 – эпицентр по инструментальным данным [1]; 4,5 – глубинный разлом.

Общая площадь сотрясений до трех баллов составляет $\sim 17660 \text{ км}^2$, длина продольной оси 3-балльной изосейсты равна 140 км, поперечной – 102 км (табл. 3).

Таблица 3. Значения основных параметров макросейсмического поля Дюзмергенского землетрясения

I, баллы	Радиус изосейсты, км			Отношение радиусов			Площадь зоны $S_i \cdot 10^3, \text{ км}^2$	Коэффициент затухания			
	Продольный r_a	Поперечный r_b	Средний r_{cp}	r_a/r_b	r_i^a/r_{i+1}^a	r_i^b/r_{i+1}^b		v_a	v_b	v_{cp}	по S_i/S_{i+1}
5-6	15	10	13	1.5	-	-	0.52				
5	30	20	27	1.5	0.5	0.5	2.29	4.1	3.7	4.3	4.3
4	53	37	46	1.4	0.6	0.5	6.64	4.3	4.8	4.7	4.7
3	90	60	75	1.5	0.6	0.6	17.66	5.3	4.3	4.4	5.0
2	140	102	120	1.4	0.7	0.6	45.20				
Средние значения				1.4	0.6	0.6	4.6	4.2	4.4		4.7

Вытянутость изосейст на рис. 3 почти согласуется с простираем ближайшего к эпицентру глубинного разлома. Анализируя параметры макросейсмического поля землетрясения, представленные в табл. 4, можно сделать следующие выводы:

- отношение продольных радиусов изосейст к поперечным имеет удивительно согласованные значения, составляя для всех областей разной балльности $r_a/r_b=1.4$;
- отношение радиусов r_a предыдущих областей к радиусам r_{a+1} последующих также имеет равномерное нарастание, составляющее в среднем $r_a/r_{a+1}=0.6$;

- аналогичную тенденцию сохраняют и отношения поперечных радиусов: $r_b/r_{b+1}=0.6$;
- отношение площадей S_{i+1} последующих сотрясенных областей к предыдущим S_i имеет нарастающий характер, увеличиваясь с каждым шагом на 0.4-0.5;
- коэффициент ν затухания интенсивности сотрясений вдоль продольной оси эллипсов выше, чем поперек;
- среднее значение коэффициента затухания $\nu_{ср}$ макросейсмической интенсивности по всем изосейстам, рассчитанное по методике Н.В. Шебалина [10], равно 4.4, что на 0.6 выше среднего коэффициента затухания макросейсмической интенсивности, определенного для землетрясений Туркменистана в целом, равным 3.8 [11]. По всей вероятности повышенное затухание вызвано близостью очага к разломной зоне, чаще всего достаточно раздробленной, что увеличивает поглощение сейсмических волн.

Динамика развития сейсмического процесса. Землетрясению 19 июля с начала года предшествовала серия из 19 толчков, как в зоне будущего очага, так и в его окрестностях. Исследуя каталог его форшоков и афтершоков в табл. 4, можно увидеть зарождение и развитие во времени сейсмического процесса в очаговой зоне, начало которого связано с небольшим ($K_p=7.8$) землетрясением 6 января в 11^h48^m (табл. 4), эпицентр которого располагался в 13 км юго-западнее очага основного события (1 на рис. 4,а). Спустя 12 дней, 18 января в 02^h17^m, произошел более сильный ($K_p=9.8$) толчок (2) в непосредственной близости (в 8 км западнее) будущего землетрясения. В начале февраля (2 февраля в 01^h50^m) снова возник небольшой ($K_p=8.5$) толчок (3 на рис. 4, табл. 4) практически в эпицентре будущего основного землетрясения. Следующее землетрясение (4) произошло 23 февраля в 16^h22^m в 12 км северо-восточнее. Все эти форшоки, кроме первого, реализовались на глубинах 13-25 км (рис. 4,б,в), близких к макросейсмическим оценкам глубины очага основного толчка ($h_{0M}=18$ км, $h_1=15$ км).

Таблица 4. Каталог форшоков и афтершоков Дюзмергенского землетрясения

№	Дата, д м	t ₀ , ч мин с	Эпицентр		h, м	MPVA/n	K _p	Район эпицентра
			φ°, N	λ°, E				
форшоки								
1	06.01	11 48 31	39.60	54.02	45		7.8	юго-зап., 13 км
2	18.01	02 17 01	39.68	54.02	25	4.6/6	9.8	к западу, 8 км
3	06.02	01 50 52	39.71	54.11	16		8.5	к востоку, 4 км
4	23.02	16 22 42	39.79	54.20	13		7.9	сев.-вост., 12 км
5	06.03	09 29 02	39.79	53.72	11	5.2/6	11.0	сев.-зап., 30 км
6	04.04	19 13 51	39.72	54.22	4		8.1	к востоку, 9 км
7	03.05	02 42 44	39.40	54.49	16	4.9/9	11.1	юго-вост., 46 км
8	03.05	05 11 17	39.41	54.49	14		7.8	юго-вост., 46 км
9	08.05	04 29 13	39.83	54.41	3		8.2	сев.-вост., 32 км
10	07.06	21 38 05	39.41	54.58	9		7.3	юго-вост., 52 км
11	07.06	21 38 40	39.42	54.56	9		7.4	юго-вост., 50 км
12	18.06	04 16 17	39.70	54.10	0		8.8	к востоку, 1 км
13	20.06	05 34 54	39.73	53.70	36		9.1	к западу, 35 км
14	20.06	05 38 08	39.79	53.74	7		8.2	к западу, 33 км
15	20.06	05 44 41	39.75	53.67	29		8.7	к западу, 37 км
16	22.06	05 31 31	39.70	54.50	0		8.2	к востоку, 33 км
17	28.06	14 25 43	39.51	54.69	20		8.4	юго-вост., 55 км
18	06.07	06 23 07	39.41	54.50	11		8.9	юго-восточнее, 46 км
19	08.07	07 19 25	39.61	54.46	32	4.8/5	9.6	юго-вост., 34 км
20	19.07	02 28 51	39.71	54.09	44	5.6/3	12.2	основной толчок
афтершоки								
21	19.07	03 50 54	39.70	54.18	30		8.2	к востоку, 14 км
22	05.08	09 08 48	39.73	53.64	19		8.1	к западу, 35 км
23	05.08	13 05 33	39.90	53.84	6		8.7	сев.-зап., 31 км
24	11.08	11 50 52	39.75	53.66	36		8.1	к западу, 37 км
25	14.08	22 38 20	39.51	54.08	30		7.7	к югу, 22 км
26	09.10	01 55 00	39.36	54.40	31		8.5	юго-вост., 45 км
27	13.10	12 15 40	39.64	53.98	16		8.4	юго-зап., 14 км
28	23.10	18 43 27	39.51	53.83	17		8.6	юго-западнее, 33 км
29	09.11	02 39 51	39.44	54.05	25		7.8	к югу, 31 км
30	09.11	10 42 11	39.76	53.73	6		8.1	юго-зап., 50 км

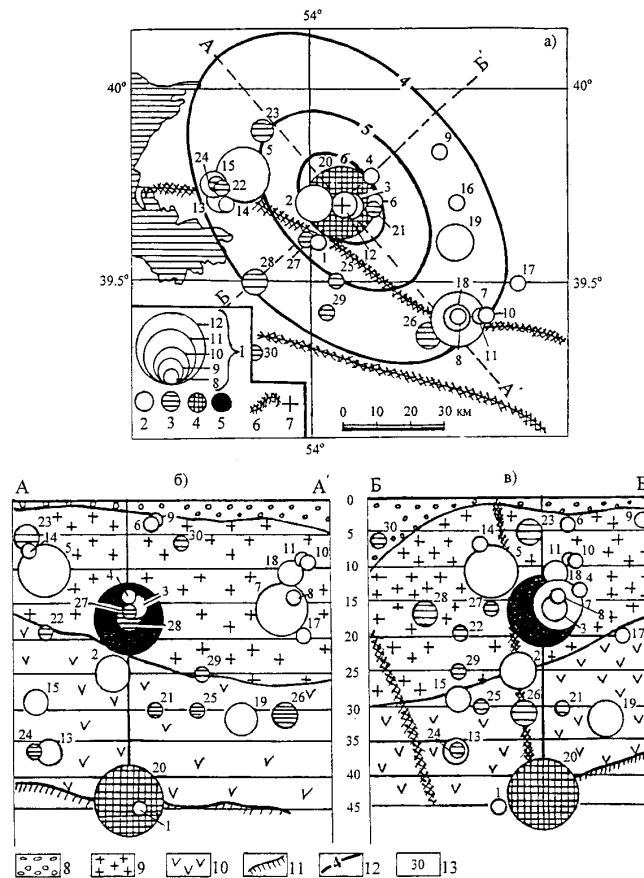


Рис. 4. Карта эпицентров района возникновения Дюзмергенского землетрясения (а) и вертикальные разрезы по А-А' (б) и Б-Б' (в). (Гипоцентр основного землетрясения отображен на вертикальных разрезах в двух вариантах – по инструментальным и макросейсмическим данным)

1 – энергетический класс K_p ; 2 – форшок; 3 – афтершок; 4,5 – основное землетрясение по инструментальным и макросейсмическим данным, соответственно; 6 – разлом; 7 – эпицентр.

Элементы геологического строения: 8 – осадочный слой; 9 – гранит; 10 – базальт; 11 – граница Мохоровичича; 12 – номер землетрясения в табл. 4.

В списке форшоков (табл. 4) два толчка, происшедшие 6 марта в 09^h29^m и 3 мая в 02^h42^m, достаточно сильные – $K_p=11.0$ и 11.1, соответственно. Оба – ощутимы, обследованы (табл. 5,6). Землетрясение 6 марта, названное Дарджинским по названию полуострова, где оно произошло (рис. 5), ощущалось в селении Белек с интенсивностью сотрясений 4-5 баллов, на железнодорожном разъезде №126 – 4 балла, и с меньшей интенсивностью – в других 13 пунктах (табл. 6). Глубина его очага, определенная по макросейсмическим данным составляет: $h_{I_0M}=10$ км, $h_1=9$ км.

Таблица 5. Макросейсмические данные о Дарджинском землетрясении 6 марта в 09^h29^m с $K_p=11.0$

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>4-5 баллов</u>			<u>3 балла</u>	
1	Белек	18	7	Джебел	47
	<u>4 балла</u>		8	Учгез	55
2	Ж/д разъезд №126	25	9	Дашарбат	56
	<u>3-4 балла</u>		10	Азизбеково	57
3	Ягман	33	11	Хелес	58
4	Ж/д разъезд	40		<u>2-3 балла</u>	
5	Котурдепе	40	12	Небитдаг	63
6	Моллакара	42	13	Огланлы	64
			14	Карагель	65
			15	Челекен	68

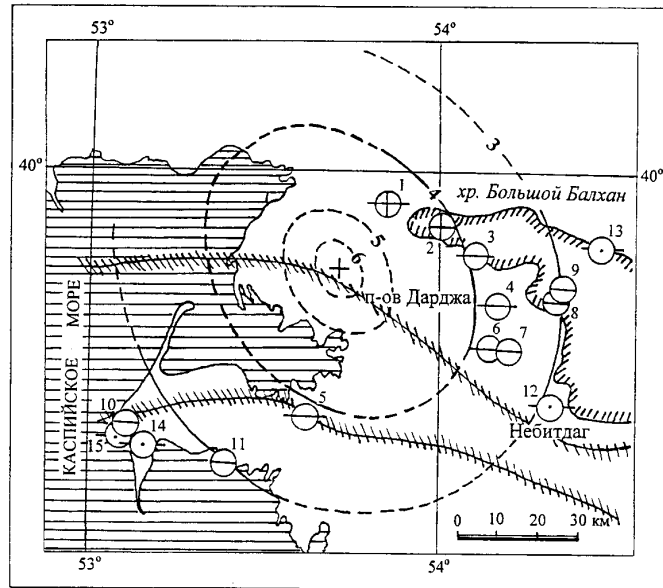


Рис. 5. Карта изосейст Дарджинского землетрясения 6 марта в 09^h29^m с $K_p=11.0$

Условные обозначения см. на рис. 3.

Землетрясение 3 мая, названное по ближайшему к эпицентру пункту Балла-Ишемским, расположено в 18 км юго-восточнее Небитдага. Оно ощущалось на железнодорожной станции Балла-Ишем, железнодорожном разъезде №121 и пос. Балла-Ишем с интенсивностью 5-6 баллов, в Небитдаге – 5 баллов (табл. 6). Характер проявления сотрясений отражен на карте изосейст (рис. 6). Глубина его очага по макросейсмическим данным составляет: $h_{10M}=12$ км, $h_1=8$ км.

Таблица 6. Макросейсмические данные о Балла-Ишемском землетрясении 3 мая в 02^h42^m с $K_p=11.1$

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>5-6 баллов</u>			<u>3 балла</u>	
1	Балла-Ишем	5	16	Огланлы	50
2	Ж/д разъезд №121	7	17	Ж/д разъезд №117	50
3	Баллаишем	8	18	Огланлыоба	53
	<u>5 баллов</u>		19	Аджикуи	56
4	Небитдаг	18	20	Небитдагнефть	56
	<u>4-5 баллов</u>		21	Ягман	58
5	Кумдаг	23	22	Ахча-Куйма	58
6	Ж/д разъезд №123	27		<u>2-3 балла</u>	
7	Айдин	27	23	Дувунчи	63
	<u>4 балла</u>		24	Дянеата	63
8	Им. 26 Бакинских комиссаров	32	25	Худайберды	63
9	Джебел	34	26	Шаумян	75
	<u>3-4 балла</u>		27	Обой	75
10	Моллакара	38	28	Котурдепе	75
11	Учгез	38		<u>2 балла</u>	
12	Дюзмерген	40	29	Газанджык	88
13	Дашрабат	40	30	Гезекуй	97
14	Перевал	43	31	Ясхан	100
15	Ж/д разъезд	45	32	Капланглы	100
			33	Узун-Су	105

Неожиданным в предшествующем землетрясению 19 июля процессе явилось возникновение в окрестности двух достаточно крупных толчков, происшедших 6 марта в 09^h29^m с $K_p=11.0$ и 3 мая в 02^h42^m с $K_p=11.1$ на удалении 30 км к северо-западу и 45 км к юго-востоку от него, соответственно (табл. 4), которые лежат вблизи того же глубинного разлома, в зоне которого произошло землетрясение 19 июля. Эпицентры этих землетрясений по данным региональных станций находятся

практически в центре первых изосейст (рис. 6).

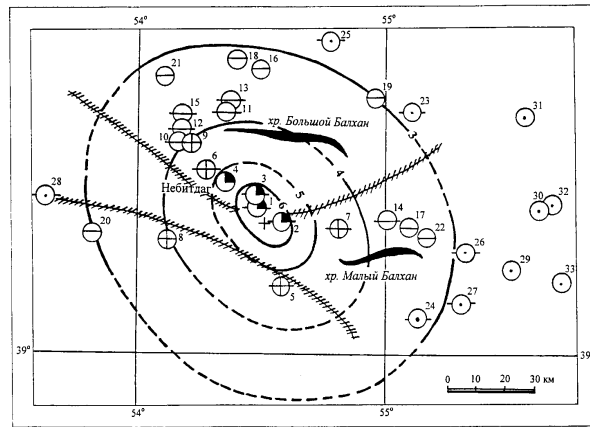


Рис. 6. Карта изосейст Балла-Ишемского землетрясения 3 мая в 02^h42^m с $K_p=11.1$

Условные обозначения см на рис. 3.

Оба землетрясения, Дарджинское и Балла-Ишемское, сопровождалось, в свою очередь, повторными толчками. Так, в зоне очага первого из них произошло два афтершока 9-го и три афтершока 8-го классов. В очаге второго возникло 6 афтершоков, два 9-го и четыре 7-го классов (рис. 4,а). Все эти события в совокупности, включая 6 марта и 3 мая, – компоненты общего процесса формирования очага Дюзмергенского землетрясения 19 июля, но процессы последствия после него достаточно слабы – всего 10 афтершоков до конца года, из которых два 9-го и восемь 8-го классов (табл. 4, рис. 4).

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Р.С. Михайловой (Обнинск) за бесценные советы и огромную помощь в подборке материалов при подготовке статьи, заведующим сейсмическими станциями "Небитдаг" К. Байрамову и "Чагыл" А. Аннатаганову – за предоставленные макросейсмические данные, А. Ишанкулиеву (Ашхабад) – за существенную консультацию, Н.В. Петровой и М.С. Рахмановой – за компьютерную верстку статьи.

Л и т е р а т у р а

1. Сарыева Г.Ч., Рахимов А.Р., Голинский Г.Л. (отв. сост.), Тачов Б., Мамедязова М., Халлаева А., Коржукова Т.А., Таджиева Ш., Петрова Н.В. Копетдаг. См. раздел III (Каталоги землетрясений) в наст. сб.
2. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) 1996. 1996-1997. / Отв. ред. О.Е. Старовойт. Обнинск: Изд-во ОМЭ ОИФЗ РАН.
3. Bulletin of the International Seismological Centre (for 1996). 1998-1999. Ньюбери: Изд-во ISC.
4. Гаипов Б.Н., Голинский Г.Л., Петрова Н.В., Рахимов А.Р., Сарыева Г.Ч. Копетдаг. См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.
5. Одеков О.А., Мурадов Ч.М., Ювшанов А. 1972. Строение земной коры основных структурных элементов Южного Туркменистана // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. №4. С. 42-51.
6. Мурадов Ч.М. 1999. Сейсмогенерирующие зоны Туркменистана // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Ашхабадского землетрясения. Ашхабад: Изд-во Ылым. С. 103-107.
7. Голинский Г.Л. (отв. сост.), Кондорская Н.В., Рахимов А.Р., Рустанович Д.Н. Шебалин Н.В. 1977. Западная Туркмения // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. С. 171-197.
8. Карта "Туркменистан", (М: 1:1 000 000). 1993. Ашхабад: Изд-во Туркменгеодезия.
9. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). 1965. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: Изд-во МГК АН СССР. 11 с.
10. Шебалин Н.В. 1968. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука. С. 95-111.
11. Голинский Г.Л. 1997. Уравнения макросейсмического поля землетрясений Туркмении // Известия АН ТССР. Сер. ФТХиГН. №1. С. 69-74.