

СУЛТАНАБАДСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 12 марта 2000 года

с $K_p=10.9$, $I_0=5-6$ (Таджикистан)

Р.У. Джуроев

Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан,
г. Душанбе, seismtadj@rambler.ru

12 марта 2000 г. в 20 км юго-восточнее столицы республики г. Душанбе произошло землетрясение с $K_p=10.9$, $M^p=3.8$ и интенсивностью в эпицентре $I_0=5-6$ баллов. Параметры землетрясения по инструментальным данным Таджикистана представлены в табл. 1 вместе с решениями других агентств. Разброс координат эпицентра изображен на рис. 1.

Таблица 1. Основные параметры Султанабадского землетрясения по данным Таджикистана и других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км		
Таджикистан макросейсм. эп.	02 28 02.4		38.46		68.94		5	$K_p=10.9$, $M^p=3.8$ $M_{\text{mac}}=3.9$	[1]
			38.43		68.95		2.5-5		
ISC	02 28 08	1.0	38.41	0.06	69.03	0.09	$m_b=3.9/6$	[2]	
NEIC	02 28 07.9	0.9	38.54		68.97		$m_b=4.1/4$	[2]	
ВЛ	02 28 06.4		38.24		68.98		$ML=4.2$	[2]	
IDC	02 28 03.7	1.25	38.53		68.69	0	$M_s=3.1/1$, $ML=3.9/1$	[2]	

Примечание. Расчетное значение магнитуды M^p найдено по формуле $M=(K_p-4)/1.8$ [3]; определение макросейсмической магнитуды M_{mac} описано ниже.



Рис. 1. Сравнение разных решений эпицентра Султанабадского землетрясения 12 марта 2000 г.

1, 2 – эпицентр, инструментальный и макросейсмический соответственно; 3 – эпицентр по данным других агентств; 4 – населенный пункт.

Землетрясение было обследовано сотрудниками Института сейсмостойкого строительства и сейсмологии Таджикистана. Балльность определена по международной шкале MSK-64 [4]. Всего обследовано 44 населенных пунктов.

Эпицентральная зона с $I_0=5-6$ баллов включала в себя селения Галабулок, Джалабулок, Султанабад, Муллорешти и Кулбулок, расположенные в широкой межгорной впадине со слабохолмистым рельефом. Грунты здесь представлены просадочными лессовидными суглинками большой мощности. Жилые дома этого района в основном глинобитные, одноэтажные, реже из жженого кирпича. В результате землетрясения большинство домов преимущественно старой

застройки получили повреждения в виде тонких трещин в стенах, чаще в угловых сопряжениях стен, осыпания штукатурки. Раскрылись старые замазанные трещины в стенах. Относительно новые дома и здания из жженого кирпича видимых повреждений не получили. Землетрясение в этой зоне проявилось в виде резкого и сильного вертикального толчка, перешедшего в горизонтальные субширотные колебания. Оно сопровождалось громоподобным гулом. Внутри помещений все дребезжало, были случаи падения легких, неустойчиво стоявших предметов. Люди в страхе выбегали из помещений. На склонах близлежащих холмов и вдоль автодороги произошли небольшие обвалы сухих лессовидных пород.

В зоне пятибалльных сотрясений, в пределах которой расположено 11 населенных пунктов, жители ощущали резкие горизонтальные колебания преимущественно северо-восточного направления. В некоторых селениях был слышен подземный гул. Землетрясение ощущалось и на открытом воздухе. В отдельных жилых домах образовались тонкие трещины в штукатурке стен, незначительно раскрылись и продолжились старые замазанные трещины. Площадь, на которой ощущались пятибалльные сотрясения, составила около 180 км^2 .

Сотрясения с интенсивностью 4 балла распространились на площади около 800 км^2 , где обследовано 20 селений, в четырех из которых балльность была на 0.5 единицы выше остальных. Жители ощущали резкие горизонтальные колебания. Внутри глинобитных зданий был слышен скрип деревянных потолочных перекрытий, звон посуды, раскачивание висячих предметов. Некоторые жители выбежали из домов.

Трехбалльные колебания ощущались в западном направлении от эпицентра на расстоянии 30 км. Суммарная площадь осязимости около 2000 км^2 . Все макросейсмические данные представлены в табл. 2.

Таблица 2. Макросейсмические данные о Султанабадском землетрясении 12 марта 2000 г. в $02^{\text{h}}28^{\text{m}}$ с $K_p=10.9$

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>5–6 баллов</u>		23	Дагана	10
1	Галабулок	1	24	Оли-Совет	12
2	Джалабулок	1	25	Конезавод	12.5
3	Султанабад	2.5	26	Лакайбеги	15
4	Муллорешти	3	27	Сангпар	15
5	Кулбулок	4	28	Камонгарон	15
	<u>5 баллов</u>		29	Вахдат	15.5
6	Келтош	4	30	Анатруш	15.5
7	Бурма	4	31	Дара	17.5
8	Минботман	4.5		<u>3–4 балла</u>	
9	Кызылкишлак	4.5	32	Яван	14.5
10	Гарбулок	5	33	Рудаки	15
11	Джарбулок	5.5	34	Элок	17.5
12	Чалтош	6	35	Андигон	19
13	Чаманбулок	6	36	Чимтеппа	19.5
14	Чалтош	6.5	37	Кипчак	20
15	Гулизон	9	38	Душанбе	21.5
16	Рангон	12	39	Тангаи	22
	<u>4–5 баллов</u>		40	Ляур	25.5
17	Мирамшои	6	41	Семиганч	26
18	Тутбулок	6.5		<u>3 балла</u>	
19	Гулисурх	8	42	Сумбулла	30
20	Туркобод	11		<u>Не ощущалось</u>	
	<u>4 балла</u>		43	Киблай	24
21	Чучу-Поен	7	44	Чавалай	25.5
22	Карамыш	9			

На рис. 2 приведена карта изосейст Султанабадского землетрясения, по которой можно определить макросейсмический эпицентр, как геометрический центр плейстосейстовой зоны. Его координаты равны: $\varphi=38.43^\circ\text{N}$ и $\lambda=68.95^\circ\text{E}$.

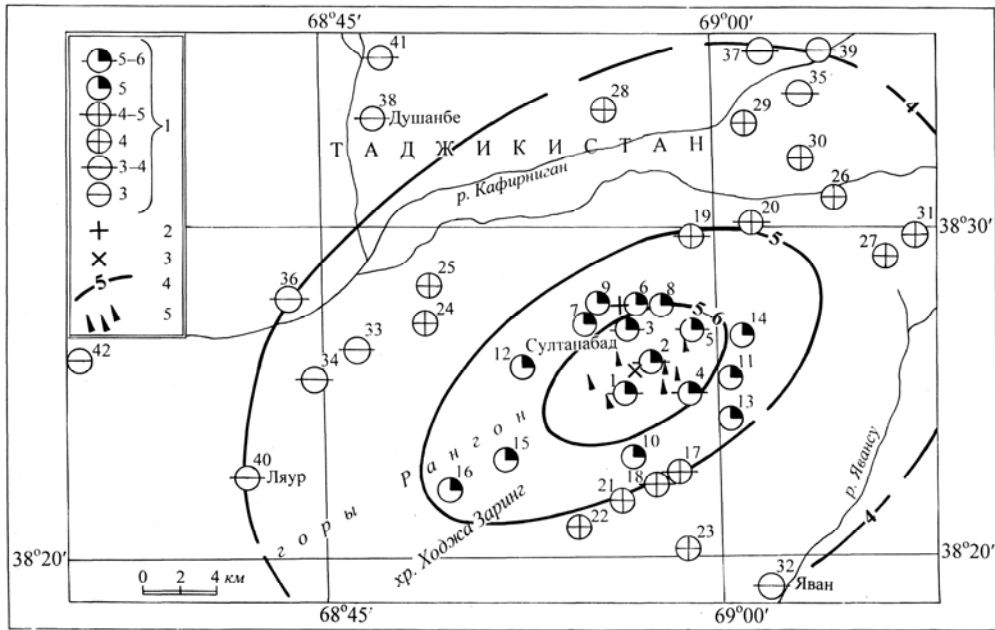


Рис. 2. Карта изосейст Султанабадского землетрясения 12 марта 2000 г.

1 – балльность; 2, 3 – эпицентр, инструментальный и макросейсмический соответственно; 4 – изосейста; 5 – обвалы лессовых грунтов.

Все три изосейсты вытянуты в северо-восточном направлении, вдоль геологических структур. Поперек геологических структур балльность уменьшилась на один балл на расстоянии 5.5–6 км, на два балла – на расстоянии 14 км; вдоль структур, соответственно, на один балл – на расстоянии 10–12 км, на два – 20–22 км. Согласно [5], горизонтальная протяженность очага равна:

$$l_x = d_{1\max} - d_{1\min},$$

где $d_{1\max}$ и $d_{1\min}$ – наибольший и наименьший диаметры первой изосейсты. Конкретно в масштабе карты (рис. 2) для первой изосейсты эти параметры составили:

$$d_{1\max}=11.4 \text{ км}, d_{1\min}=6.3 \text{ км},$$

и, следовательно,

$$l_x = 5.1 \text{ км}.$$

Основные параметры макросейсмического поля Султанабадского землетрясения даны в табл. 3. Отношение протяженности изосейст в продольном и поперечном направлениях изменяется от 1.5 до 2.0, составляя в среднем 1.8.

Таблица 3. Параметры макросейсмического поля Султанабадского землетрясения 2000 г.

I, балл	Радиусы r изосейст, км			r_a / r_b	Площадь S_i , км ²	$(S_{i+1})/S_i$
	r_a	r_b	r_{cp}			
5–6	5.7	3.1	4.4	1.8	47	
5	12	6	9	2.0	180	3.8
4	22	15	18.5	1.5	800	4.4
Среднее				1.8		4.1

Используя данные табл. 3, определим макросейсмическую магнитуду:

$$M_{\text{mac}} = (I_i + v \lg \Delta_i - c) / b.$$

При средних значениях коэффициентов макросейсмического поля ($b=1.5$, $v=3.5$, $c=3.0$ [6]) макросейсмическая магнитуда будет равна 3.9.

Глубина очага по формуле из [7]:

$$I_0 - I_i = v (1 + \Delta^2 / h^2)^{1/2}$$

равна 2.5–5 км. Подставляя значение M_{max} и h по формуле

$$I_0 = b M_{\text{max}} + v \lg h - c,$$

получим значение

$$I_0 = 5.3,$$

что почти совпадает с его значением, определенным по шкале балльности.

Султанабадское землетрясение произошло в зоне сближения Таджикской депрессии, Прикафирниганской складчатой зоны и Гиссарского прогиба. Район сложен мезокайнозойскими осадками и имеет сложное строение. В северной части Прикафирниганской зоны складки сужены, имеют в основном северо-восточное простирание и состоят из антиклинальных (разделенных синклиналиями) поднятий, иногда разорванных по оси, нарушенных крупными надвигами. Плоскости надвигов имеют в основном северо-западное и западное падение. В этом районе глубина до кровли консолидированного фундамента колеблется от 2 до 5 км [8], следовательно, глубина очага описываемого землетрясения, равная 2.5–5 км, соответствует границе раздела фундамента и осадочного чехла. Плейсоейсовая зона находится в пределах висячего крыла Ходжа-Зарингского надвига, на поверхности одноименной антиклинали. Судя по характеру распространения сотрясений и глубине заложения очага, предполагается, что данное землетрясение вызвано тектоническими подвижками по указанному выше надвигу.

Султанабадское землетрясение 12 марта 2000 г. тождественно другим сейсмическим событиям с эпицентрами вблизи Султанабада (рис. 3) с интенсивностью от 5 до 7 баллов (табл. 4), произошедшим ранее [9–15]. Наиболее сильные сотрясения (до 7 баллов) были отмечены здесь в 1953 г. [9, 10]. Все названные в табл. 4 землетрясения ощущались в столице республики г. Душанбе (на расстоянии 20–25 км) с интенсивностью от 2 до 4–5 баллов.

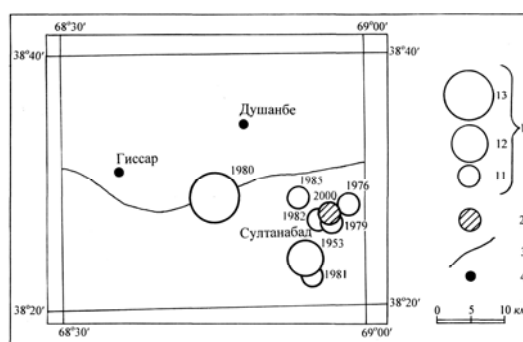


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений с $I_0 > 5$ баллов в Султанабадской очаговой зоне за 1953–2000 гг.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – землетрясение 12 марта 2000 г.; 3 – граница между Гиссарской долиной и Таджикской депрессией; 4 – населенный пункт.

Таблица 4. Основные параметры землетрясений с $I_0 > 5$ баллов в Султанабадской очаговой зоне за период с 1953 г.

№	Название землетрясения	Дата, д м г		Эпицентр		h , км	K_p	I_0 , балл	Источник
				φ° , N	λ° , E				
1	Султанабадское (Анджирское)	07.07.1953	01 21 33	38.4	68.9	5	12	7	[9, 10]
2	Султанабадское	17.06.1976	22 47 18.0	38.47	68.97	2.5	11	6	[11, 12]
3	Султанабадское	10.07.1979	12 55 43.2	38.45	68.94	2.5–5	11	6–7	[13]
4	Душанбинское	16.12.1980	19 00 51.4	38.48	68.75	2.5–5	13	6–7	[14]
5	Султанабадское	03.01.1981	05 57 11.1	38.37	68.91	1–2	10.6	5–6	[15]
6	Султанабадское	14.06.1982	04 31 42.8	38.45	68.92	2.5–5	10.3	5	[16]
7	Султанабадское	18.04.1985	14 46 00.9	38.48	68.89	5	10.5	6	[17]
8	Султанабадское	12.03.2000	02 28 02.4	38.46	68.94	2.5–5	10.9	5–6	

Л и т е р а т у р а

1. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Давлятова Р., Хусейнова Г.А., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Таджикистан. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
2. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2000.** – Berkshire: ISC, 2002.
3. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
4. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
5. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. – М.: Наука, 1974. – 54 с.
6. Шебалин Н.В. Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.
7. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-геологических данных в сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 95–111.
8. Беккер А.Я., Кошлаков Г.В., Кузнецов Е.С. Глубинное строение юго-западного Таджикистана по геолого-геофизическим данным // Поиски предвестников землетрясений на прогностических полигонах. – М.: Наука, 1974. – С. 25–38.
9. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. – М.: АН СССР, 1960. – 464 с.
10. Михайлова Р.С., Каток А.П., Матасова Л.М., Джанузаков Л.М., Сыдыков А. (отв. сост.). III. Средняя Азия и Казахстан [300 до н.э. – 1974 гг., $M \geq 5.0$, $MPSP \geq 5.6$, $MPVA \geq 5.3$; $I_0 \geq 6.0$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 198–296.
11. Джураев Р.У. Макросейсмическое обследование последствий землетрясений Таджикистана в 1976 году. – Душанбе: Фонды ТИССС, 1977. – 48 с.
12. Уломов В.И., Флёнова М.Г., Каток А.П., Фадинова М.П., Джанузаков К.Д., Оспанов О.Б., Садыков Ф.С. Землетрясения Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1976 году. – М.: Наука, 1980. – С. 27–39.
13. Власова А., Джураев Р.У., Иодко В.К., Имоилахунов К.Х., Киняпина Т.А., Коньков А.А., Краснова А.Ф., Мизобаев Х.М., Нурмагамбетов А., Сыдыков А. Макросейсмическое описание землетрясений // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1979 – Душанбе: Дониш, 1981. – С. 38–66.
14. Мирзобаев Х.М., Киняпина Т.А., Джураев Р.У., Шварц А.В., Иодко В.К., Краснова А.Ф., Имоилахунов К.Х., Абдурахманов С.А., Касымов С.М., Джураев А. Макросейсмическое описание землетрясений Средней Азии и Казахстана за 1980 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1980. – Душанбе: Дониш, 1982. – С. 46–65.
15. Киняпина Т.А., Мирзобаев Х.М., Джураев Р.У., Иодко В.К., Краснова А.Ф. Макросейсмическое описание землетрясений Средней Азии и Казахстана за 1981 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1981. – Душанбе: Дониш, 1983. – С. 101–117.
16. Джураев Р.У., Мирзобаев Х.М., Шварц А.В., Киняпина Т.А., Джанузаков К.Д., Досымов А., Джураев А., Иодко В.К., Краснова А.Ф., Голинский Г.Л. Макросейсмическое описание землетрясений Средней Азии и Казахстана за 1982 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1982. – Душанбе: Дониш, 1984. – С. 125–156.
17. Шварц А.В., Колесникова Р.М., Джанузаков К.Д., Иодко В.К., Голинский Г.Л. Макросейсмическое описание землетрясений Средней Азии и Казахстана за 1985 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1985. – Душанбе: Дониш, 1988. – С. 23–40.