

Б. Б. БЕГИЕВ, В. А. НЕЧАЕВ

ПРИВЕДЕННЫЕ УСКОРЕНИЯ ПРИ ДУШАНБИНСКОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ 3 ОКТЯБРЯ 1967 ГОДА И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ШКАЛЫ

Душанбинское землетрясение 3 октября 1967 года было записано на сейсмической станции «Душанбе» в 13 часов 30 минут 12 секунд местного времени. Инструментальная интенсивность его в очаге или магнитуда равна $M=4,6\pm 0,2$. Энергия в очаге приблизительно равна $5+10\cdot 10^{19}$ эрг. Координаты очага, определенные по первым вступлениям продольных волн на 4 станциях, окружающих эпицентр, равны: широта $38^{\circ}40'$, долгота $68^{\circ}55'$. Время возникновения в очаге равнялось 13 часов 30 минут $0,5\pm 1$ сек. Отсюда, учитывая среднюю скорость продольных волн в земной коре, глубина очага равна: $(7\pm 1)\cdot(6,4\pm 0,2)=45\pm 7$ км. Эпицентр расположен всего в 15—20 км к северо-востоку от города и приходится на южную окраину «Гиссарско-Кокшальской сейсмогенной зоны» [1].

Землетрясение в городе ощущалось с силой от 3,5 до 5 баллов. С силой 3—4 балла оно ощущалось в радиусе более 80 км (Денау, Комсомолобад, Больджуан). Это землетрясение было записано станциями инженерно-сейсмологической службы города Душанбе. Эти станции оборудованы сейсмографами и акселерографами, установленными на зданиях и сейсмометрами АИС-2, установленными в грунт и на фундаменты. Сейсмометры для большей надежности их показаний установлены группами по 2—4 штуки на площадку. Таких площадок в городе было 5 на лессах разной мощности и одна в 25 км севернее города на гранитах (сейсмостанция «Джерино»).

На сейсмической станции «Душанбе» землетрясение было записано двумя сейсмометрами АИС-2, установленными на грунт в бетонной камере, и сейсмометром балльности профессора С. В. Медведева (СБМ) с периодом маятника $T\neq 0,25$ сек и логарифмическим декрементом затухания $\lambda=0,5$ [2], установленным на постаменте в помещении.

Сейсмометры АИС-2 имели маятники с периодами от 0,05 сек до 1,1 сек [3] с логарифмическими декрементами затухания от 0,05 до 0,3. Коротким периодам соответствуют большие декременты. Максимальные показания приборов приводим в табл. 1.

В табл. 2 указаны данные об ускорениях всех маятников всех приборов.

Как видим из табл. 1, наибольшее ускорение было на граните на станции «Джерино», что противоречит существующим взглядам об об-

ратно пропорциональной зависимости силы сотрясения от акустической жесткости грунта или усиления силы сотрясения с ростом мощности рыхлых грунтов.

Таблица 1
Максимальные приведенные ускорения по данным сейсмометров АИС-2 и СБМ при землетрясении 3/X 1967 г.

Месторасположение сейсмометров	Сила в баллах	Вид прибора	Максимальное ускорение, см/сек^2	Период, сек	Мощность лесс, м
Сейсмостанция „Душанбе“	4,0—4,5	СБМ АИС-2	220 230	0,25 0,17	17
Поселок Калинина	4,5—5,0	„	240	0,14	12—15
Министерство строительства	3,5—4,0	„	90	0,26	12—15
Поселок строителей	3,5—4,0	„	85	0,23	20—22
Институт	4,0—4,5	„	170	0,06	≈ 50
Сейсмостанция „Джерино“	3,5—4,0	„	280	0,12	0

Таблица 2
Показания сейсмометров АИС-2 при землетрясении 3/X 1967 г. на территории г. Душанбе и его окрестностей

Эпицентр. расст. = 15 ± 5 км; Азимут = $40^\circ \pm 10^\circ$;
Глубина очага = 45 ± 7 км; $M = 4,6$; $K = 12-13$.

В е д о м о с т ь 1

Сила сотрясения в пункте — 4—4,5 балла.

Сейсмометр № 1.

Место установки: двор института, у северной стены.

№ пп.	Смещение маятника 1/1000 см	Переходный коэффициент K 1/сек ²	Приведенное ускорение τ см/сек ²	Период, T сек	Произведение, $\tau \cdot T$ см/сек	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	$10 \pm 1,5$	15,400	$150 \pm 2,5$	0,048	$7 \pm 1,5$	
2	110 ± 2	0,495	54 ± 1	0,39	$21 \pm 0,5$	Аз = $10^\circ \pm 20^\circ$
3	32 ± 1	0,070	$2 \pm 0,2$	1,15	$2 \pm 0,3$	Аз = 320°
4	105 ± 1	0,740	78 ± 1	0,22	$17 \pm 0,5$	Аз = 30° Аз = 340°
5	307 ± 2	0,163	49 ± 1	0,80	40 ± 1	Аз = 20°
6	12 ± 1	4,520	54 ± 4	0,09	4,85	

В е д о м о с т ь 2

Сила сотрясения в пункте—4—4,5 балла.

Сейсмометр № 2.

Место установки: двор института, северная стена.

1	2	3	4	5	6	7
1	10±3	16,800	170±50	0,05	8,0±0,2	Aз=10°
2	98±1	0,435	42,7±0,5	0,40	17,0±0,2	Aз=10°±15° Aз=300°
3	87±3	0,080	7±0,3	1,18	8,2±0,3	Aз=10°±15°
4	67±2	1,180	79±2,0	0,19	15,0±0,4	Aз=30°±10°
5	76±2	0,130	9,9±0,3	0,86	8,5±0,3	Aз=5°±10°
6	14±1	4,100	56±4	0,1	5,6±0,5	Aз=10° Aз=60°

В е д о м о с т ь 3

Сила сотрясения в пункте—4÷3,5 балла.

Сейсмометр № 3.

Место установки: поселок строителей.

1	2	3	4	5	6	7
1	—	12,600	—	0,5	—	—
2	73±2	0,620	45,2±1	0,3	13,6±0,3	Aз=315°
3	33±2	0,084	27,7±1,7	1,17	32,4±1,8	Aз=315°
4	111±2	0,720	80,0±1,4	0,24	20,0±1	Aз=315°
5	—	0,132	—	0,85	—	—
6	10±3	4,300	43,0±13	0,1	4,3±1,3	—

В е д о м о с т ь 4

Сила сотрясения в пункте—4÷4,5 балла.

Сейсмометр № 4.

Место установки: сейсмостанция „Душанбе“, двор, камера в грунте.

1	2	3	4	5	6	7
1	3±1	15,100	45±15	0,055	2,2±0,8	Aз=1°—15° Aз=350°
2	178±2	0,462	82±1	0,4	33,0±0,5	
3	25±2	0,089	2,2±0,2	1,14	2,5±0,2	
4	177±2	1,010	178±2	0,2	35,4±0,4	Aз=10° Aз=360°
5	60±10	0,130	7,8±1,3	0,86	6,7±0,4	
6	36±1	4,000	144±4	0,1	14,4±0,4	

В е д о м о с т ь 5

Сила сотрясения в пункте—4÷4,5 балла.

Сейсмометр № 5.

Место установки: сейсмостанция „Душанбе“, во дворе, камера в грунте.

1	2	3	4	5	6	7
1	4±2	13,000	52±26	0,06	3,1±1,5	Az=5°—10° Az=10°—20°
2	182±3	0,295	53,7±1	0,45	24,2±0,5	
3	20±2	0,071	1,4±0,1	1,18	1,6±0,1	
4	170±2	1,280	217,5±2,5	0,18	39,0±0,5	
5	72±3	0,154	11,1±0,5	0,8	8,9±0,4	
6	30±1	4,300	129,0±4	0,1	12,9±0,4	

В е д о м о с т ь 6

Сила сотрясения в пункте—4,5÷5 баллов.

Сейсмометр № 6.

Место установки: пос. Калинина (госпиталь).

1	2	3	4	5	6	7
1	5±2	12,800	64±25	0,06	3,9±1,5	Az=10° Az=10°
2	191±2	0,460	87,7±0,9	0,37	32,4±0,4	
3	41±2	0,088	3,6±0,2	1,10	4,0±0,2	
4	215±10	0,750	161,4±7,5	0,24	39,7±1,8	
5	95±1	0,129	12,2±0,1	0,85	10,4±0,1	
6	80±2	3,000	240,0±6	0,12	28,7±0,7	

В е д о м о с т ь 7

Сила сотрясения в пункте—4÷4,5 балла.

Сейсмометр № 7.

Место установки: институт, фундамент лестницы главного корпуса.

1	2	3	4	5	6	7
1	2±1	24,300	47±24	0,045	2,2±1,1	Az=15° Az=330° Az=70° Az=345°
2	90±2	0,542	45±2	0,34	31,6±0,7	
3	131±4	0,095	12,4±0,4	1,10	13,6	
4	60±3	0,503	30,0±1,5	0,3	9,0±0,5	
5	75±3	0,158	11,8±0,5	0,78	9,2±0,4	
6	8±3	2,850	23,0±8	0,12	2,8±1,5	

В е д о м о с т ь 8

Сила сотрясения в пункте—4÷4,5 балла.

Сейсмометр № 8.

Место установки: институт, фундамент лестницы главного корпуса.

1	2	3	4	5	6	7
1	—	13,800	—	0,05	—	—
2	133±7	0,420	56±2,9	0,38	21,3±1	Az=10° Az=350° Az=3°
3	36±2	0,087	3,1±0,1	1,15	3,6±0,1	
4	60±8	0,650	39±6	0,24	9,4±1,5	
5	85±8	0,128	10,9±1	0,86	9,4±0,9	
6	15±3	3,160	47±9	0,12	5,6±1	

В е д о м о с т ь 9

Сотрясения в пункте—4÷4,5 балла.

Сейсмометр № 9.

Место установки: институт, фундамент двухэтажного отсека лаборатории сейсмостойкости конструкций.

1	2	3	4	5	6	7
1	—	13,220	—	0,06	—	
2	121±4	0,430	52±1,7	0,4	20,8±0,7	
3	33±4	0,096	3,2±0,1	1,08	3,4±0,1	
4	118±4	0,640	75,6±2,5	0,26	19,6±0,7	
5	360±60	0,088	31,6±5	0,96	39,4±6	
6	10±5	3,160	32,0±16	0,12	3,9±2	

В е д о м о с т ь 10.

Сила сотрясения в пункте—4÷4,5 балла.

Сейсмометр № 11.

Место установки: двор института, в саду.

1	2	3	4	5	6	7
1	10±1	15,100	150±15	0,05	7,5±0,7	
2	105±5	0,375	49,5±1,5	0,44	16,8±0,5	
3	37±2	0,087	3,2±0,1	1,14	3,6±0,1	
4	100±2	1,350	135±2	0,2	27±0,5	
5	74±3	0,130	9,6±0,4	0,9	8,7±0,3	
6	12±2	3,460	41±7	0,1	4,1±0,7	

В е д о м о с т ь 11

Сила сотрясения в пункте—4÷4,5 балла.

Сейсмометр № 12.

Место установки: двор института, в саду.

1	2	3	4	5	6	7
1	8±2	13,200	105±27	0,06	6,3±2	Аз=40°
2	112±8	0,450	50±0,5	0,40	20±0,2	Аз=30° Аз=0°
3	17±2	0,087	1,5±0,1	1,15	1,7±0,1	Аз=10° Аз=60°
4	93±3	0,890	83±0,3	0,21	17,3±0,2	Аз=30° Аз=310°
5	83±2	0,200	16,6±	0,70	11,6±1	Аз=33° Аз=50°
6	19±3	2,450	46±0,7	0,12	5,4±0,1	Аз=280°

В е д о м о с т ь 12

Сила сотрясения в пункте—3,5÷4 балла.

Сейсмометр № 13.

Место установки: двор здания Министерства строительства.

1	2	3	4	5	6	7
1	5±2	16,400	80±33	0,055	4,4±1,5	Аз=30°±10°
2	130±10	0,520	67,5±5	0,38	26,6±2	
3	24±3	0,085	2,1±0,2	1,10	2,2±2	
4	145±1	0,650	94±0,7	0,25 -	23,4±0,2	Аз=40°
5	55±2	0,150	8,2±0,3	0,80	6,4±0,2	
6	13±1	3,100	39,1±3	0,12	4,6±0,3	

В е д о м о с т ь 13

Сила сотрясения в пункте—3,5÷4 балла.

Сейсмометр № 14.

Место установки: двор здания Министерства строительства.

1	2	3	4	5	6	7
1	5±2	10,000	50±20	0,055	2,7±1,1	Аз=30°±5°
2	125±1	0,347	43,4±0,3	0,42	18,3±0,1	
3	23±1	0,085	19,5±0,1	1,14	2,2±0,1	
4	92±1	0,780	71,5±0,8	0,2	14,4±0,2	Аз=30°±10°
5	58±2	0,160	9,2±0,3	0,77	7,1±0,2	
6	14±4	4,460	62,6±18	0,09	5,6±1,6	

В е д о м о с т ь 14

Сила сотрясения в пункте—4÷3,5 балла.

Сейсмометр № 17.

Место установки: „Джерино“, на грунте.

1	2	3	4	5	6	7
1	4±1	10,800	43,2±11	0,06	2,6±1	Az=330°
2	50±1	0,408	20,4±0,4	0,42	8,3±0,2	
3	16±1	0,092	1,5±0,1	1,12	1,7±0,1	
4	16±1	0,860	71,3±0,8	0,18	12,8±0,1	Az=320°
5	23±1	0,132	3,0±0,1	0,85	2,5±0,1	Az=320°
6	80±1	3,500	280,0±3,5	0,10	28,0±0,3	

В е д о м о с т ь 15

Сила сотрясения в пункте—4÷3,5 балла.

Сейсмометр № 18.

Место установки: „Джерино“, на граните.

1	2	3	4	5	6	7
1	4±1	15,000	60±15	0,05	3,0±0,8	Az=325°
2	32±2	0,340	11±0,7	0,36	4,0±0,3	
3	6±2	0,084	0,5±0,2	1,14	0,6±0,2	
4	90±1	0,665	60±0,7	0,23	13,8±0,2	Az 0 325°±5°
5	28±2	0,159	4,5±0,3	0,78	3,5±0,2	
6	15±3	6,300	94±19	0,075	7,0±1,5	

Сейсмометры моделируют сооружения различной жесткости, а их показания—приведенные ускорения—соответствуют максимальным ускорениям верха сооружения, имеющего такой же период собственных колебаний, что и у данного маятника сейсмометра.

Поэтому показания сейсмометров следует сопоставить с теми расчетными ускорениями, которые даются в нормах по сейсмостойкому строительству [3, 4]. Также сопоставление мы даем в табл. 3. Из этой таблицы видно, что даваемые в нормах ускорения занижены как минимум на целый порядок по сравнению с приведенными ускорениями сейсмометров и что шкала С. В. Медведева ближе к фактическим сейсмическим воздействиям на сооружения.

Сопоставление фактически замеренных приведенных ускорений при землетрясениях и взрывах и нормативных сейсмических нагрузок на сооружения (цифры в скобках экстраполированы от высших к низшим баллам)

Сила сотрясения в баллах в месте установки прибора	Место записи, вид сотрясения, вид прибора, период маятника прибора (T)	Наибольшее приведенное ускорение, см/сек^2	Ускорение верха сооружения по нормам, см/сек^2	Ускорение по шкале С. В. Медведева, см/сек^2	Во сколько раз нормы занижены
4—5	Землетрясение 3/X/67 в г. Душанбе; СБМ и АИС-2; $T=0,12-0,25$ сек	220—280	11—22	32	10—25
5	Землетрясение 3/XII/61 в г. Ленинакане АИС-2; $T=0,2$ сек	270	22	63	12
6	Землетрясение 26/IV/66 в г. Ташкенте СБМ на с/с „Ташкент“; $T=0,25$ сек	500	43	125	12
7—8	Взрыв в Ляуре и Медео 14/IV/67 АИС-2 и СПМ-16; $T=0,2-0,3$ сек	1700—2200	85—170	250—500	10—26

Институт сейсмостойкого
строительства и сейсмологии
АН Таджикской ССР

ЛИТЕРАТУРА

1. Губин И. Е. Многоэлементные карты сейсмического районирования. Известия АН СССР, физика Земли, 1966, № 7.
2. Медведев С. В. Инженерная сейсмология. М., 1960.
3. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван, 1959.
4. Карапетян Б. К. Многомаятниковые сейсмометры и результаты их применения в инженерной сейсмологии. Ереван, 1963.