

УДК 550.348.436 (479)

Э.Б. Агаларова, А.Х. Багдоян, А.Г. Гасанов, О.Д. Гоцадзе,
З.Г. Геодакян, В.А. Каспаров, Л.П. Микаелян, В.Г. Паналяшвили,
Т.В. Пилишвили, Н.М. Саргсян, И.С. Шенгелия

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАВКАЗА

В 1980-1983 гг. кавказская система сейсмических наблюдений и обработки информации претерпела значительные изменения: были открыты новые сейсмические станции, оснащенные стандартной аппаратурой (табл. 1). С конца 1983 г. на сейсмологической обсерватории "Тбилиси" началась опытная эксплуатация многоканального измерительного комплекса "Гелати" (магнитная запись, цифровая регистрация, девять регистрирующих каналов, динамический диапазон 120 дБ, режим работы ждущий), разработанного Институтом физики Земли АН СССР и Конструкторским бюро научно-приборостроения АН ГССР. Внедрен в практику машинный способ определения сейсмических параметров землетрясений (координаты очага, время в очаге с выводом на широкую печать невазок времени пробега сейсмических волн). С 1983 г. выпускается оперативный (ежедекадный) сейсмический бюллетень, в котором одновременно приводятся результаты ручной и машинной обработки кавказских землетрясений с $K \geq 10$. Созданы в Институте геофизики АН ГССР информационно-поисковая система регулярно расширяется новыми данными (сейсмические параметры обработанных кавказских землетрясений, стационарные данные землетрясений Грузии).

К концу 1983 г. система инструментальных сейсмических наблюдений Кавказа объединяла 82 станции (36 грузинских, 18 азербайджанских, 14 армянских, 10 ОМЭ ИФЗ АН СССР и 4 дагестанские). Согласно расчетам по алгоритмам [1], энергетический класс представительных землетрясений для всего Кавказа снижен на 0,5 единицы по сравнению с 1976 г. и равен 9,6. Внутри региона значительно расширились области с низким энергетическим уровнем представительных землетрясений. Так, на Тбилиском сейсмопрогностическом полигоне обеспечена регистрация землетрясений с $K \geq 6,5$ (7,5, 8,0 в 1976 г.).

В основу настоящей статьи положен материал наблюдений сети сейсмических станций 1983 г. и результаты макросейсмического обследования ошутимых землетрясений.

Сейсмичность Кавказа за 1983 г. представлена каталогом землетрясений с $K \geq 8,6$, картой эпицентров землетрясений с $K \geq 10$ (рис. 1), данными о механизме очагов, картой аномальных значений некоторых характеристик сейсмичности (рис. 2).

Параметры землетрясения с $K \geq 10$ для всего Кавказа рассчитывались машинным способом по алгоритму [2], в основе которого лежит принцип минимизации функционала, характеризующего расхождение между значениями времен вступления сейсмических волн — наблюдаемыми и расчетными (по заданному строению земной коры). Причем алгоритм учитывает и блочную структуру последних. Для слабых землетрясений в основном применялись тодографы для Кавказа [3], Джавахетского нагорья (табл. 6) [4], для Западной Грузии (районы 1, 2) [5]. Методы эпицентральной изохрон, средних линий, а также Вадаги использовались лишь в отдельных случаях. Координаты эпицентров турецких и иранских землетрясений, расположенных далее 100 км от государственной границы, определялись с помощью тодографов Джеффриса-Буллена. При подготовке регионального каталога использовались данные Сейсмологического бюллетеня [6].

Всего в 1983 г. по региону сейсмические параметры были определены для 2288 землетрясений, распределение которых по районам и энергетическим классам приведено в табл. 2. Подробные данные о слабых землетрясениях, не вошедших в каталог, хранятся в фондах соответствующих республиканских научных учреждений.

Согласно оценке эффективности системы инструментальных наблюдений (по

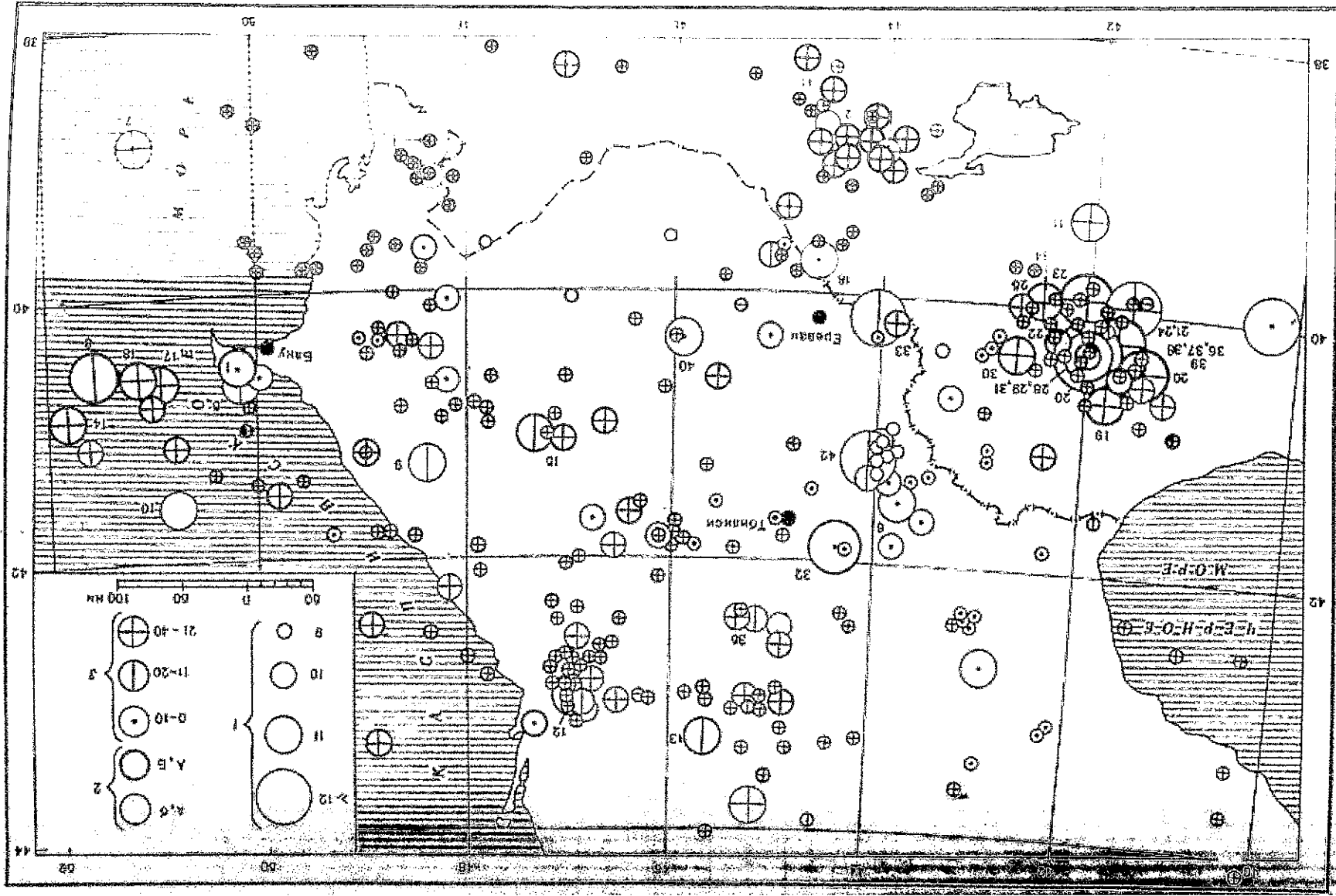


Таблица 1
Сводные параметры приборов
на вновь открытых сейсмических станциях

Сейсмическая станция	Тип аппарата	N-S		E-W		и
		увеличение	T_0, C	увеличение	T_0, C	
Джочо	СХ	20 000	0,3-0,8	20 000	0,3-0,8	20 000
Кумиси	СХ	20 000	0,3-0,8	20 000	0,3-0,8	20 000
Накалакени	СХ	21 000	0,3-0,8	21 000	0,3-0,8	21 000
Сартичала	СКМ-3	5 000	0,3-0,8	5 000	0,3-0,8	5 000
Ткварцели	СКМ-3	5 000	0,2-0,8	5 000	0,2-0,8	5 000
Тонети	СХ	21 000	0,3-0,8	21 000	0,3-0,8	21 000
Цигелцикаро	СХ	21 000	0,3-0,8	21 000	0,3-0,8	21 000
Чубери	СКМ-3	21 000	0,2-0,8	20 000	0,2-0,8	20 000
Арагат	ВЭГИК	2 000	0,05-4	2 000	0,05-4	2 000
	ИСО-2М	2				0,05-4
Исакяни	ВЭГИК	8 000		8 000		8 000
	АСЗ-1		$f_s = 20$ Гц			
Джабрайл	ВЭГИК	33 000	0,6-1,1	32 000	0,3-0,9	
Локбатан	СХ	18 000	0,3-0,6	600	0,1-0,3	
Исмаилы	ВЭГИК	5 000	0,3-0,8	12 300	0,3-0,8	

Таблица 2
Распределение кавказских землетрясений по районам и энергетическому классу К

Регион	Энергетический класс К													Всего
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13	13		
Кавказ	12	357	742	703	311	119	32	9	2	1				2288
Джавахетское нагорье	12	270	280	117	15	7	1	1	1					703
Восточный Кавказ		18	108	117	48	25	5							321
Восточная часть		26	112	78	11	3	2							232
Малого Кавказа														
Куринская депрессия		8	68	73	32	6	1							188
Каспийское море					2	32	18	8	5	1				66
Турция		8	62	164	142	57	16	5	2	1				457
Иран			10	35	12	6	1							64
Центральный Кавказ		19	80	46	17	3								165
Аджаро-Триалети		7	14	5	4					1				31
Талыш			6	18	8	1	1			1				34
Восточное Предкавказье					2	3	1							6
Черное море		1		18	2									21

Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Кавказа с $K \geq 10$
1 - энергетический класс К; 2 - точность определения эпицентра; 3 - глубины очага, км

алгоритму [1] на Кавказе нет области надежной регистрации землетрясений с $K = 5$. Помещение в табл. 2 землетрясений с $K = 5$, по-видимому, является результатом рассеяния, вызванного погрешностями в оценках энергетического класса. Следовательно, 12 землетрясений с $K = 5$ должны быть отнесены к более высоким энергетическим классам. Следует отметить, что увеличение общего количества землетрясений ($n = 2288$) по сравнению с предыдущими годами объясняется расширением областей регистрации землетрясений с $K = 6, 7, 8$ (благодаря повышению разрешающей способности системы наблюдений).

Самым значительным событием этого года является Эрзерумское землетрясение 30 октября ($M = 6,8$), сопровождавшееся сильной афтершоковой активностью в течение нескольких месяцев. Этим землетрясением был замкнут пятидесятилетний цикл активности Кавказского региона. Следует отметить, что эпицентр Эрзерумского землетрясения совпадает с областью, которая была объявлена ранее местом наиболее вероятного возникновения сильного землетрясения [7].

Регистральный каталог землетрясений 1983 г. был подвергнут анализу с целью выделения участков территории Кавказа с аномальными значениями характеристик сейсмичности. Аномальными считаем отклонения проверяемого параметра от его среднемноголетних значений, превышающие 2σ (σ — стандарт случайной величины), с учетом уровня предсказуемости землетрясений. Проверке подверглись количество землетрясений на единицу площади, величина реализованной сейсмической энергии и коэффициент повторяемости землетрясений γ .

На рис. 2 пунктиром оговорены участки территории, где аномалия выражена форшоковой и афтершоковой активностью сравнительно сильного землетрясения с $M \geq 4$, а сплошной линией оговорены участки, в которых активность проявлена за счет слабых землетрясений. Эти участки представляют большой интерес, так как, по-видимому, они указывают на состояние неустойчивого равновесия среды в области готовящегося сильного землетрясения или же являются упавшими афтершоками, мигрирующими вдоль границы раздела двух подвижных блоков земной коры. Среди других должны быть выделены аномальные участки в Западной Грузии, занимающие обширную территорию.

Территория Кавказа была разделена на 17 неравномерных участков (неравномерность вызвана потребностью обеспечить коэффициент повторяемости землетрясений от его среднемноголетнего значения. Оказалось, что ни один из этих участков не дает аномального отклонения в значениях γ . По данным 1983 г. коэффициент повторяемости землетрясений не выходит из пределов $\gamma + 2\sigma$ (γ — среднемноголетнее значение, σ — стандарт).

Рис. 2. Карта аномальных значений зарегистрированных землетрясений и реализованной сейсмической энергии

1 — область, превысившая в 1983 г. аномальную активность по количеству зарегистрированных землетрясений (N) и по величине сейсмической энергии (E); 2 — активность выше нормы по обьёмным параметрам N, E ; 3 — активность по N выше нормы, а по E ниже нормы; 4 — отклонение параметра выше его среднего многолетнего значения; 5 — то же, меньше его среднего многолетнего значения; 6 — отклонение параметра меньше порога значимости; 7 — значение параметра больше нормы, но ниже порога значимости

Макросейсмические сведения о землетрясениях Кавказа

Землетрясение 23 февраля в 5 ч 34 мин ($K = 10,6$). В с. Нардариан внутри помещений землетрясение ощущалось всеми жителями. Наблюдалось преломление стекол в зданиях, осыпание побелки, сильное раскачивание висятых предметов. Результаты макросейсмического обследования приведены в табл. 3.

Землетрясение 24 февраля в 19 ч 50 мин ($K = 10,4$). Макросейсмическое обследование проведено сотрудником Института геофизики АН ГССР Е.И. Патарая. В пос. Пасанаури обнаружены повреждения на стенах зданий в виде сквозных трещин. Колебание почвы длилось несколько секунд, вызвав испуг, ланку. Судя по макросейсмическому эффекту, очаг — поверхностный. Результаты обследования этого землетрясения представлены в табл. 4.

Землетрясение 2 апреля в 00 ч 32 мин ($K = 12,0$). В с. Джони оно ощущалось всеми. Большинство жителей выбежали на улицу. Многие сельскохозяйственные постройки получили легкие повреждения. Материал макросейсмического обследования представлен в табл. 5.

В табл. 6 приведены макросейсмические сведения о землетрясении 23 июля в 01 ч 07 мин ($K = 9,1$).

Землетрясение 15 декабря в 7 ч 18 мин ($K = 10,7$). В г. Кельбаджаре и в селах Чайкенд, Истибулаг, Сумузлуг землетрясение ощущалось всеми как внутри помещений,

Таблица 3

Макросейсмические данные о землетрясении 23 февраля

№ п/п	Пункт	Δ°, км	№ п/п	Пункт	Δ°, км
5 баллов					
1	Нардариан	2	22	Новхана	19
2	Бильмяк	4	23	Кишы	19
3	Маштага	5	24	Ахмедлы	21
4	Загультба	10	25	Баланджары	22
			26	Масазыр	22
			27	Саран	23
			28	Гоусаны	23
5	Кордахана	7	29	Баку	24
6	Пиршаги	9	30	Хурдалан	24
7	Мамедли	10	31	Джорат	24
8	Забрат	11	32	Кишлак	26
9	Романы	12	33	Дюбелки	26
10	Литях	13			
11	Фатмайи	13			
12	Горашли	14			
13	Мардахяны	15			
2-3 балла					
			34	Зых	23
			35	Гюздск	23
			36	Сумгаит	28
			37	Тюрканы	30
			38	Коби	30
3-4 балла					
14	Балаханы	14			
15	Сабулли	14			
16	Бина	15			
17	Сураханы	13			
18	Джанаридзе	17			
19	Бинагади	18			
20	Разина	18			
21	Шувсяны	18			
Не ощущалось					
			39	Шубаны	32
			40	Учгана	33
			41	Зыря	34

* Здесь и далее в табл. 4-8 расстояние дано от инструментального эпицентра.

Таблица 4

Макросейсмические данные о землетрясении 24 февраля

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
5 баллов					
1	Пасанаури	9	6	Живвали	36
2	Квешети	16	7	Дупети	42
4 балла					
3	Магароскари	24	8	Базалети	45
4	Царгали	24			
5	Ананури	36			

Таблица 5

Макросейсмические данные о землетрясении 2 апреля

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
6 баллов					
1	Джони	2	18	Хофтонк	29
5-6 баллов					
2	Верк	6	19	Нучу	29
3	Мнстан	7	20	Шуви	29
5 баллов					
4	Тикябанд	13	21	Пенсар	32
5	Госмайон	14	22	Сияуур	33
6	Дастар	14	23	Ленкорань	34
7	Хомашам	14	24	Астара	40
8	Келваз	14	25	Ярдымы	42
9	Лернк	18	3 балла		
10	Нуравуд	20	26	Пирсова	39
4-5 баллов					
11	Билясар	17	27	Барадитях	39
12	Нулади	19	28	Кодман	41
13	Иелакеш	20	29	Сармувал	43
14	Нулади	20	30	Борчан	44
15	Раво	22	31	Хьлп	45
4 балла					
16	Генран	26	32	Массаны	48
17	Кировка	26	33	Пришнб	55
			34	Лекнин	56
			35	Джаллабад	66

так и под открытым небом. Наблюдалась панника, люди выбегали из помещений на улицу; во многих зданиях отмечались повреждения. В табл. 7 приведены макросейсмические сведения об этом землетрясении, а на рис. 3 дана карта изосейст.

Землетрясение 17 декабря в 00 ч 14 мин ($K = 11,7$). Исследованные здания типа А расположены в основном на глинистых грунтах. Почти все жители сел Сараяк, Бавра, Сизавет, Тавшут, Казанчи и г. Гукасян ощутили землетрясение. Многие в испуге выбежали на улицу. В большинстве зданий наблюдались повреждения первой степени (тонкие трещины в штукатурке, откалывание небольших кусков штукатурки), в отдельных зданиях — повреждения второй степени (небольшие трещины в стенах, откалывание

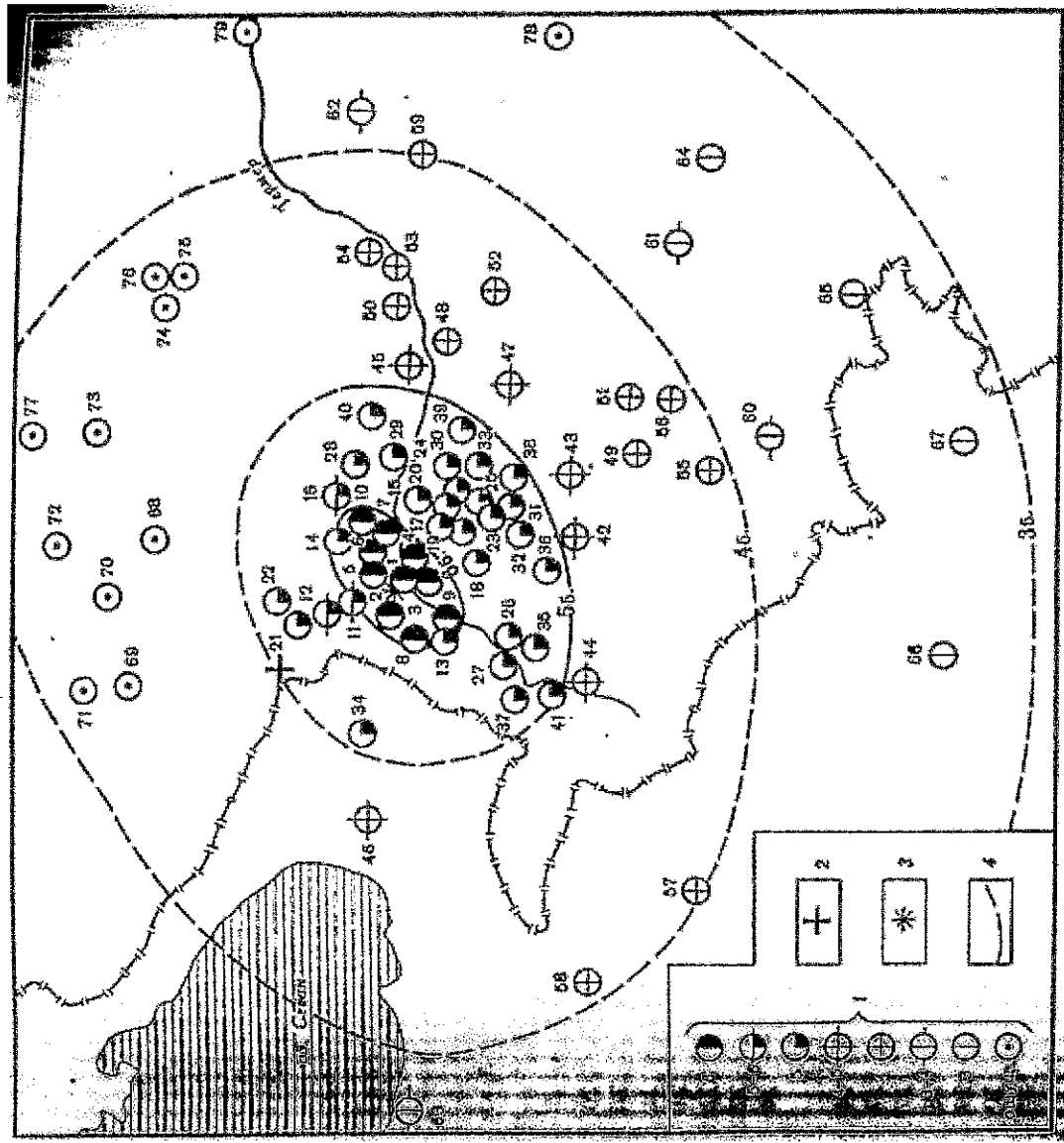


Рис. 3. Схема изосейст землетрясения 15 декабря (№ 41)

1 — балльность; 2 — инструментальный эпицентр; 3 — макросейсмический; 4 — изосейста

Таблица 6

Макросейсмические данные о землетрясении 23 июля

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
5 баллов					
1	Баш-Дашагыл	2	12	Джалут	11
2	Баш-Кельдек	5	13	Бидис	12
3	Баш-Гейшюк	6	14	Варташен	12
4-5 баллов					
4	Мухар	9	15	Баян	18
5	Биденз	9	16	Гейбулаг	24
6	Ваф-Вай	11	17	Дашоз	26
7	Баш-Зейзиг	11	18	Баш-Кюнстог	28
8	Орта-Зейзиг	11	19	Лайск	28
9	Шекри	12	3-4 балла		
10	Баш-Гейнюк	16	20	Хачмас	22
11	Баш-Шабант	14	21	Гарманук	27
		25	22	Кемерван	32
4 балла					

Таблица 6 (окончание)

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
3 балла					
23	Сучма	30	29	Карабулаг	34
24	Белюк-Дахна	31	30	Билдхик	37
25	Нидж	32	2-3 балла		
26	Кичик-Дахна	33	31	Ирису	41
27	Чурит	33	32	Кахи	41
28	Бум	34			

Таблица 7

Макросейсмические данные о землетрясении 15 декабря

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
6 баллов					
1	Чайкенд	2	35	Кюбубулаг	20
2	Истибулаг	3	36	Башлыбель	20
3	Сылыт-Кысэ	3	37	Зейлик	21
4	Гөзал-Чиркин	4	38	Чорман	21
5	Суусулуг	4	39	Мэрджимег	22
6	Сарыдаш	5	40	Аглабаш	22
7	Гильдинжылы	7	41	Зар	24
8	Октябркенд	7	4-5 баллов		
9	Кельбарджар	8	42	Шахкарары	24
10	Камашлы	10	43	Кутурлу	27
5-6 баллов					
11	Демирчадам	6	44	Истису	27
12	Джамырлик	9	45	Чапар	28
13	Гасанлар	10	46	Варданис	29
14	Чафлы	10	47	Нарингар	30
15	Джамарт	12	48	Вугас	33
16	Яншаг	15	4 балла		
5 баллов					
17	Килсалк	10	49	Огульdere	35
18	Моз	11	50	Алерк	38
19	Агылаг	11	51	Алякчи	40
20	Гушчуваасы	13	52	Вангулу	40
21	Сейдилар	13	53	Ваглик	42
22	Лев	15	54	Умулу	42
23	Абдуллаушаг	15	55	Каргичлар	43
24	Алмалы	15	56	Эрикчи	43
25	Зулфугарлы	15	57	Кудия	54
26	Алхаслы	15	58	Гельган	56
27	Онурлу	18	59	Гюлягач	56
3-4 балла					
28	Бачарлы	17	60	Алхаслы	52
29	Хочшавант	17	61	Касалар	58
30	Гездибулаг	17	62	Мардаверт	64
31	Асрик	18	63	Мартуни	68
32	Агджикенд	18	3 балла		
33	Гара-Гюкей	19	64	Стеланакерт	68
34	Зод	19	65	Лачин	69

Таблица 7 (окончание)

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
3 балла					
66	Сигнан	70	73	Аджикенд	44
67	Горис	74	74	Барисы-русские	46
Опущалось					
68	Дастафюр	31	75	Шаурьяновск	79
69	Тваакенд	36	76	Барисы-армянские	50
70	Лашкесан	37	77	Ханлар	51
71	Эмирлар	42	78	Агдам	74
72	Балн	43	79	Мирбашир	74

Таблица 8

Макросейсмические данные о землетрясении 17 декабря

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
6 баллов					
1	Саратюх	18	32	Мермашен	43
2	Бавра	20	33	Ашк	40
3	Сизавет	15	34	Ширак	38
4	Тавут	23	35	Джаджур	35
5	Казанчи	20	36	Саранандж	33
6	Селасар	22	37	Гогеран	33
7	Гукасян	22	38	Чиндама	38
8	Зукакашпюр	21	39	Пушкени	39
9	Мусалин	20	40	Сталанаган	34
10	Благодарное	15	41	Неджат	35
11	Каливино	20	42	Овнакадзор	42
12	Шахказар	16	3-4 балла		
13	Дузкена	28	43	Попубулак	44
14	Красар	25	44	Охюглы	46
15	Катнашпюр	21	45	Ленинакан	45
16	Саратовка	25	46	Ахурик	53
5 баллов					
17	Иурабад	32	47	Азатаг	52
18	Амасия	33	48	Мусалин	46
19	Вардашпюр	25	49	Цахкашен	41
20	Анзбасков	35	50	Катнашпюр	40
4-5 баллов					
21	Бандиван	31	51	Сарамен	45
22	Цохамарг	30	52	Сиягач	42
23	Кети	36	53	Гюлачарак	42
24	Лернаншк	33	54	Анушаван	49
25	М. Сарлар	32	55	Аларан	48
26	Кунба	25	56	Спитак	52
27	Арменис	27	57	Алаверди	51
28	Урут	31	58	Шахгазе	54
29	Свердлов	31	3 балла		
30	Каракалина	29	59	Баяндур	58
4 балла					
31	Канс	40	60	Саратак	57
			61	Гохангет	54
			62	Аджарат	48
			63	Мец Мангши	58

Таблица 8 (окончание)

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
64	Гехарат	52	76	Калиндж	57
65	Гехадзор	62	77	Цахнашат	58
66	Мецатох	61			
67	Алавар	57			
68	Кировакан	55			
69	Аргут	44			
70	Оварши	44			
71	Пункт № 1	49			
72	Пункт № 2	54			
73	Ехетнут	56			
74	Каматан	52			
75	Дзоратох	53			

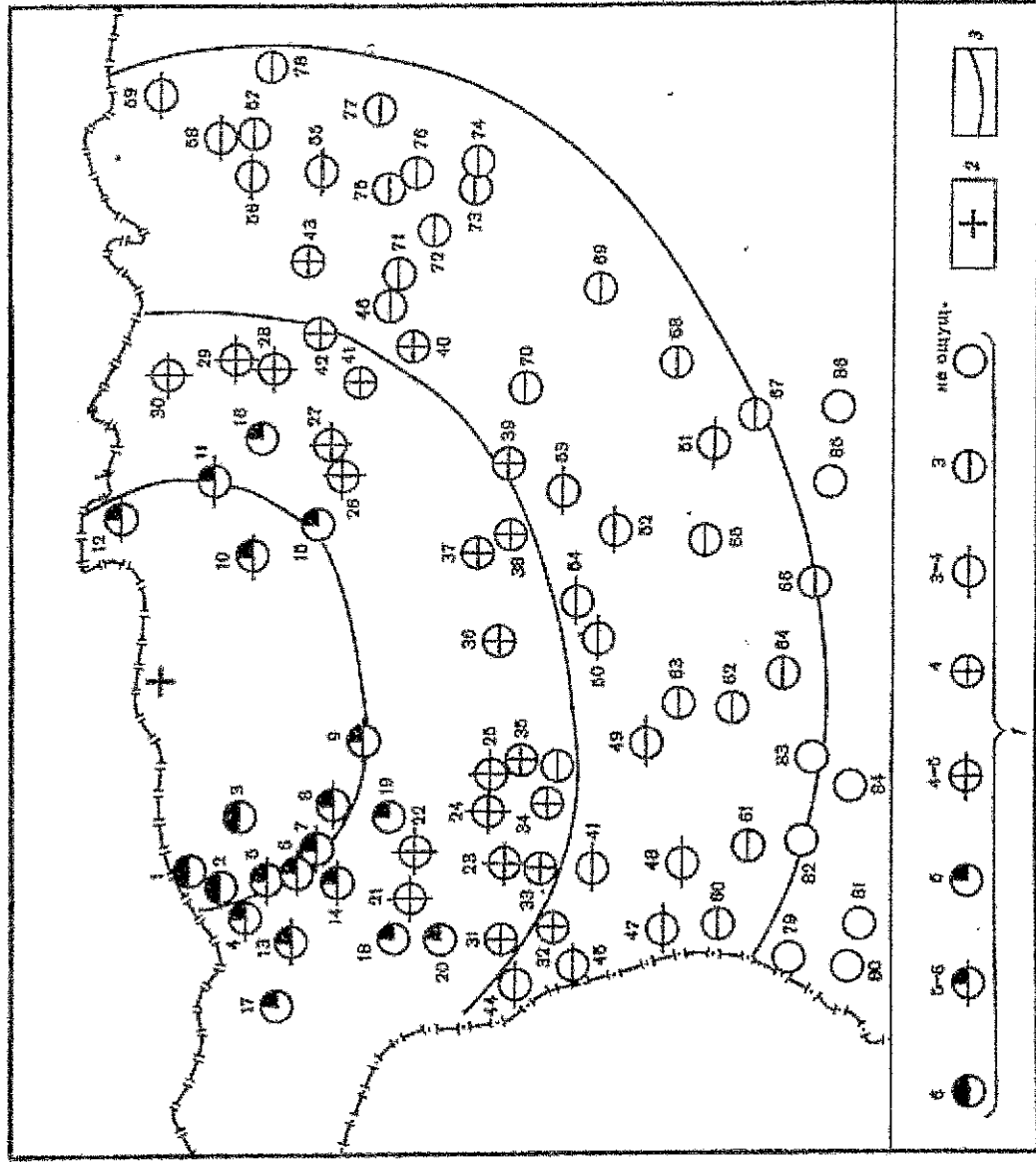


Рис. 4. Схема изосейст землетрясений 17 декабря (№ 43)
1 - балльность; 2 - макросейсмический эпицентр; 3 - изосейста

ванне больших кусков шугатурки). Трещины в основном образовались на перемычках, в местах соединения перегородок к стенам, в углах оконных проемов, расширились старые трещины, местами даже образовались разрушения (в основном в старых сельских постройках).

Результаты макросейсмического обследования этого землетрясения представлены в табл. 8 и на карте изосейст (рис. 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Арнович З.И., Ахалбедияшвили А.М., Гонядзе О.Д. Методика оценки эффективности системы инструментальных сейсмических наблюдений (на примере Кавказа). - В кн.: Вопросы оптимизации и автоматизации сейсмических наблюдений. Тбилиси: Мешнерба, 1977, с. 17-57.
2. Александзе М.А., Аманатияшвили Я.Т., Гонядзе О.Д. и др. Определение координат эпицентра близких землетрясений по известному скоростному строению (на примере Кавказского региона). - В кн.: Алгоритмы и практика определения параметров гипоцентров землетрясений на ЭВМ. М.: Наука, 1983, с. 69-82.
3. Левинская А.Я., Лебедева Т.М. Гипограф сейсмических волн на Кавказе. - Кварт. сейсм. бюл., Тбилиси, 1953, т. 11, № 1/4, с. 51-60.
4. Дзакя А.Д. Сейсмичность Джавахетского нагорья и прилегающих районов. - Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, Тбилиси, 1957, т. 16, с. 177-219.
5. Мурушадзе Г.И. Строение земной коры и верхней мантии в Грузии и сопредельных районах по сейсмологическим и сейсморазведочным данным. Тбилиси: Мешнерба, 1976, 170 с.
6. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный). М.: Геофиз. комитет, 1983, с. 64, 67-111.
7. Антонов Е.И., Гонядзе О.Д., Пилишвили Т.В. Сейсмический режим и долгосрочный прогноз сильных землетрясений (на примере Кавказа). - В кн.: Прогноз землетрясений. М., 1984.

УДК 550.341-550.34:91

Г.Л. Голынский, Т.А. Аваоразова, А.Р. Рахимов

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КОПЕТДАГА

Сейсмичность Копетдага изучалась на основе данных, полученных при регистрации землетрясений региональной сетью, состоящей из 18 сейсмических станций, а также с привлечением материалов наблюдений сейсмических станций "Земля" Управления геологии ГССР. В текущем году на западе Туркмении была открыта новая стационарная сейсмическая станция Кум-Даг. Кроме того, в течение года в окрестностях Небит-Дага работали экспедиционные станции КОМСЭ ИС ТССР и ИФЗ АН СССР, оснащенные приборами непрерывной регистрации и записи сильных движений, Кизыл-Кум, Куйджик, Быцка. Существующая сеть обеспечивает уровень представительности землетрясений по Центральной Туркмении $K \geq 7$, а по Западной Туркмении и Северному Ирану $K \geq 9$.

Определение основных параметров землетрясений и их распределение по классам точности проводилось по стандартной методике. При наличии записей близких станций координаты гипоцентров землетрясений определялись по региональному гипографу Копетдага [1], в остальных случаях для нахождения эпицентров использовался гипограф Розовой для Средней Азии. Магнитуда $M_{P/A}$ определялась на основе [2] (рис. 1). В 1983 г. как количество, так и суммарная энергия зарегистрированных землетрясений оказались максимальными за весь период инструментальных наблюдений. Распределение землетрясений по энергетическим классам за последние десять лет приведено в табл. 1.

При изучении закономерностей сейсмического процесса рассматривались как регион в целом, так и отдельно районы Западной Туркмении, Центральная Туркмения и Северный Иран. Как видно из табл. 1 и 2, количество землетрясений всех классов превышает