

В.Г. Палапашвили, О.Д. Гоцадзе, Т.Н. Гоголадзе, Э.Б. Агаларова,
Ф.Т. Кулиев, Э.Г. Геодакян

Землетрясения Кавказа

На территории Кавказа в этом году проводились наблюдения на 40 стационарных сейсмических станциях, из которых 28 были оборудованы приборами повышенной чувствительности [1, 2].

Координаты гипоцентров землетрясений региона определялись с использованием географов [3, 4], для района Джавахетского нагорья — географа [5]. В отдельных случаях применялись метод эпицентральной, а также метод Вадати. При подготовке сводного бюллетеня, помимо наблюдений кавказских станций, использовались данные других станций из Оперативного сейсмологического бюллетеня ИФЗ АН СССР.

Всего в этом году на Кавказе были определены координаты эпицентров для 1783 землетрясений. Распределение этих землетрясений для разных районов Кавказа показано в табл. 1.

В региональном каталоге приведены основные данные о землетрясениях с $K \geq 9$. Номера районов указаны в соответствии с разделением территории Кавказа [1]. С целью изучения особенностей расположения очагов землетрясений были построены две карты эпицентров: на первую нанесены эпицентры землетрясений с $K \geq 9$ (рис. 1), на вторую — эпицентры с $K = 6-8$ (рис. 2).

Как видно, в этом году большое ступенное эпицентров наблюдается на территории Джавахетского нагорья и Восточного Кавказа. Самыми значительными были Гаусское (Джерзандельское) землетрясение 2 марта в 15 ч 35 мин ($M = 4,4$; $I_0 = 6$ баллов) и землетрясения в районе Ингури ГЭС 21 и 27 декабря ($M = 4,4$ и $4,3$ соответственно; $I_0 = 7$ баллов) [6, 7]. Гаусское землетрясение было обследовано сотрудниками Института геофизики АН Грузинской ССР, научного центра "Геофизика" АН Азербайджанской ССР и Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР. Сведения об опутимых землетрясениях в эпицентральной зоне этого землетрясения и прилегающих районах [12.X 1962, 17.II 1949, 4.XI 1964, 9.VII 1969] приведены в [8-10]. По карте сейсмического районирования этот район относится к семибальной зоне [11].

Землетрясение 2 марта ощущалось на территории Закавказья площадью около 1 тыс. км² (табл. 2). В пятибальной зоне повреждений нет, лишь в домах кое-где появились мелкие трещины.

По макросейсмическим данным построена схема изосейст (рис. 3) с эпицентром с координатами 41,0°N, 45,9°E, в 15 км к юго-западу от инструментального эпицентра. При обработке макросейсмического материала использовались средние радиусы соответствующих изосейст (в км): 5-54; 4-120; 3-192, для расчетов очага — формулы макросейсмического поля [12]. Принимая интенсивность в эпицентре равной пяти шести баллам, получаем по радиусам изосейст $h_1 = 25$ км, по соотношению M и I_0 $h_1 M = 28$. Совпадение этих оценок между собой и с результатами инструментальной оценки глубины очага говорит о сравнительно простой структуре очага, который располагается в зоне Малого Кавказского разлома [13], заметно ниже кровли кристаллического фундамента. Землетрясение сопровождалось несколькими афтершоками, самый сильный из них 7 марта в 22 ч 10 мин имел $M = 3,9$, $I_0 = 5$ баллов. Механизм очага дан

Таблица 1
Распределение землетрясений Кавказа по энергетическому классу K

Район	Энергетический класс K						
	6	7	8	9	10	11	12
Весь регион	330	645	506	223	59	12	8
Джавахетское нагорье	249	282	106	22	4	1	—
Восточный Кавказ	4	48	81	57	19	1	1
Пограничные районы	—	22	52	68	12	2	2

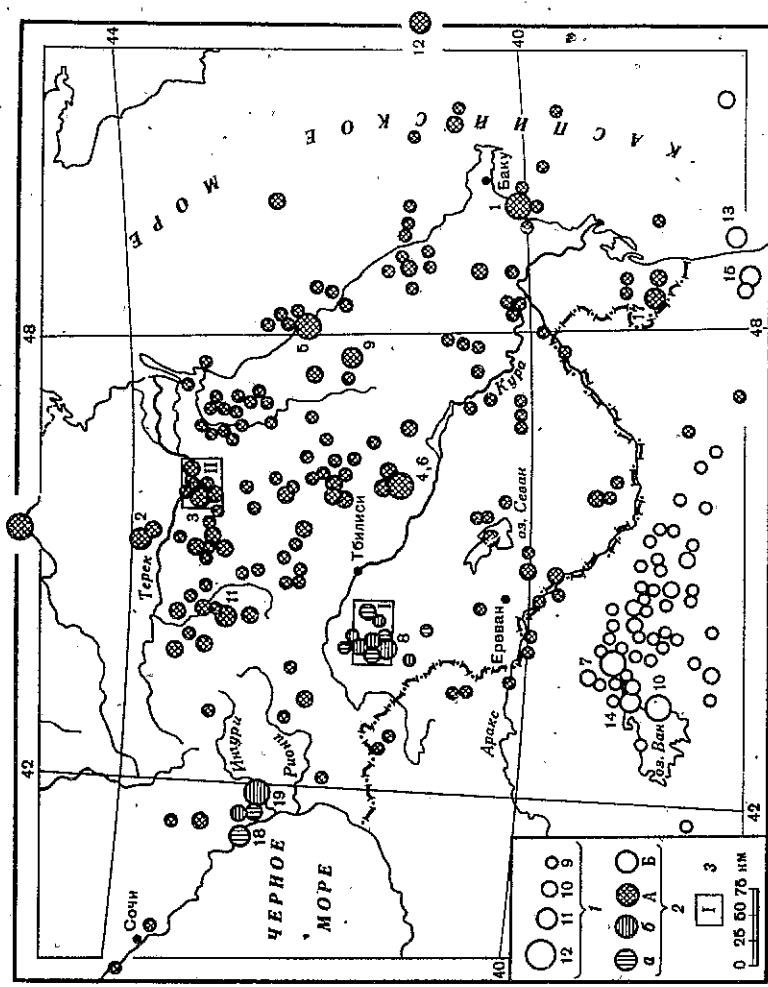


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Кавказа с $K \geq 9$.

1 — энергетический класс; 2 — точность определения эпицентра; 3 — площадь, в которой указано число землетрясений определенного энергетического класса: I — 22 с $K = 9$; 4 с $K = 10$; 1 с $K = 11$; II — 57 с $K = 9$; 19 с $K = 10$; 1 с $K = 11$; 1 с $K = 12$

ного землетрясения 2 марта (рис. 4) был определен Т.Н. Гоголадзе по знакам первых вступлений P -волн с помощью программы [14]; было использовано 40 знаков вступлений продольной волны, из них 26 со знаком "плюс" и 14 со знаком "минус", в том числе 10 противоречивых (25%). Из двух возможных плоскостей разрыва (см. каталог дополнительных параметров) предпочтение отдается второй, так как ее простирание хорошо совпадает с простиранием плоскости разрыва, определенного на основе исследования макросейсмического поля.

Интересным было землетрясение 5 июня 1979 г. в 14 ч 43 мин, которое произошло в 4 км к северо-востоку от с. Урдзор Араратского района. Это землетрясение изучалось группой макросейсмического обследования. Опытно-методической сейсмологической партии Института геофизики и инженерной сейсмологии (табл. 3).

В Ереване и Мхчяне землетрясение не ощущалось. По этим данным $h_1 \approx 6$ км. На территории Восточного Кавказа привлекает внимание рой землетрясений 14 сентября 1979 г. в Куба-Сиазанской полосе. Эта полоса шириной около 15 км расположена на входе перехода от Большого Кавказа к Предгорному (Предкавказскому передовому) прогибу. Переходная зона осложнена Сиазанским и Карабулахским надвигами, разграничивающими в основном Кусаро-Дивичинский прогиб и структуры Большого Кавказа [15]. 14 сентября в этой полосе произошел рой землетрясений из четырех событий с $K = 9$. Основные параметры землетрясений приведены в региональном каталоге. Особое внимание привлекают характер миграции, энергии и глубина очагов каждого из землетрясений этого роя. Первое землетрясение произошло в 08 ч в юго-восточной части полосы, ощущалось в Сиазане и Дивичах, а в Кубе и окрестностях не ощущалось. Второе, зарегистрированное в 09 ч, ощущалось в Кубе и окрестностях, третье, происшедшее в 12 ч, — опять в Сиазань-Дивичинском районе, вблизи Кубы в зоне флексуры (рис. 5). Подобная миграция очагов в пределах небольшой полосы и времени (около 11 ч) наблюдается впервые. В начале декабря (со 2-го по 6-е) в районе Сиазани произошла новая серия землетрясений: 2.XII — в 06 ч 23 мин с координатами 41,0 с.ш., 49,0 в.д., $K = 9$ и 6.XII — в 03 ч 57 мин с координатами 41,1 с.ш., 48,9 в.д., $K = 10$.

Таблица 2

Макросейсмические данные о землетрясении 2 марта

№ п/п	Пункт	Δ, км	3-4 балла		4 балла		5 баллов			
			№ п/п	Δ, км	№ п/п	Δ, км	№ п/п	Δ, км		
1	Севан	102	39	32	19	24	1	Дзегам	24	
2	Алаверды	108	40	36	20	25	2	Ковлар	25	
3	Тбилиси	108	41	36	21	25	3	Пойлу	25	
4	Туманян	108	42	38	22	30	4	Тауз	30	
5	Камо	112	43	42	23	48	5	Мосетюх	48	
6	3 балла		44	48	24	48	6	Норашен	48	
7	Дашкесан	60	45	50	25	48	7	Чинари	48	
8	Закаталы	66	46	54	26	49	8	Чоратан	49	
9	Нафталан	96	47	60	27	50	9	Айгелзор	50	
10	Шеки	105	48	66	28	54	10	Барин Кармрах-люр	54	
11	Раздан	129	49	72	29	54	11	Неркин Кармрах-люр	54	
	Кировакан	153	50	80	30	54				
	Не ошущалось									
12	Кировабад	150	31	56	31	48	12	Айгелар	48	
13	Ереван	150	50	60	32	54	13	Берд	54	
14	Манглис	150	51	72	33	62	14	Цахаван	62	
15	Варденис	150	52	90	34	55	15	Товуз	55	
16	Ленинкан	168	53	96	35	55	16	Паравакар	55	
						36	56	17	Чингин	56
						37	60	18	Павур	60
						38				

Сильнейшими в 1979 г. на Кавказе были два землетрясения 21 и 27 декабря в районе Ингури ГЭС. Данные о них приведены в отдельных статьях.

Среди других землетрясений привлекает внимание землетрясение 16 января в 10 ч 24 мин с $M = 4.4$ в районе г. Баку [16].

По материалам 1979 г. основные параметры сейсмичности для всего региона сохраняют значения, близкие к долговременным средним. Внутри региона сейсмическая активность варьирует во времени и прострэнстве.

С целью выделения областей Кавказа, активность которых в 1979 г. значительно отличается от соответствующих долговременных средних (1968-1977), по всей территории Кавказа для каждого узла сетки шагов $\Delta\varphi = 10$; $\Delta\lambda = 10$ определялись значения

$$E_j = \sum_{i=1}^N E_i, \quad \bar{E} = \sum_j E_j / T, \quad \bar{N} = \sum_j N_j / T, \quad \sigma_E = \sqrt{\sum_j (E_j - \bar{E})^2 / (T - 1)},$$

$$\sigma_N = N_j / \bar{N}, \quad \sigma_N = \sqrt{\sum_j (N_j - \bar{N})^2 / (T - 1)}, \quad \alpha_E = E_j / \bar{E},$$

где $j = 1, 2, \dots, N$ - число землетрясений за рассматриваемый год; $j = 1963, 1964, \dots, 1968$; σ_N ; σ_E - среднеквадратичные отклонения по наблюдениям за период 1963-1978 гг.; T - длительность интервала осреднения, годы.

Таблица 3

№ п/п	Пункт	Δ, км	3 балла		4 балла		5 баллов	
			№ п/п	Δ, км	№ п/п	Δ, км	№ п/п	Δ, км
1	Урцазор	24	28	24	4	5 баллов		
2	Шатап	25	30	25	3	Урцазор	24	
					4	Лусацох	25	
					5	Советашен	26	
					6			
					7			
					8			
					9			
					10			

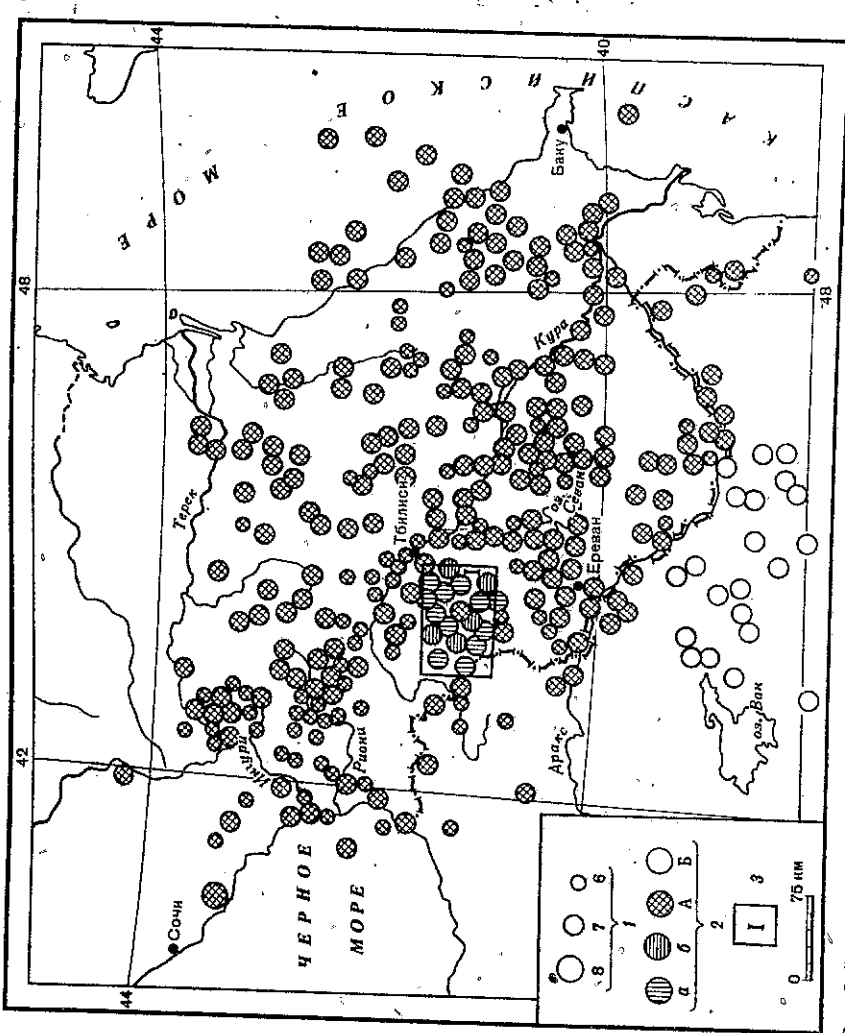


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Кавказа с $K = 6+8$. 1 - энергетический класс K ; 2 - точность определения эпицентра; 3 - площадь энергетического класса; 49 с $K = 6$; 282 с $K = 7$; 106 с $K = 8$.

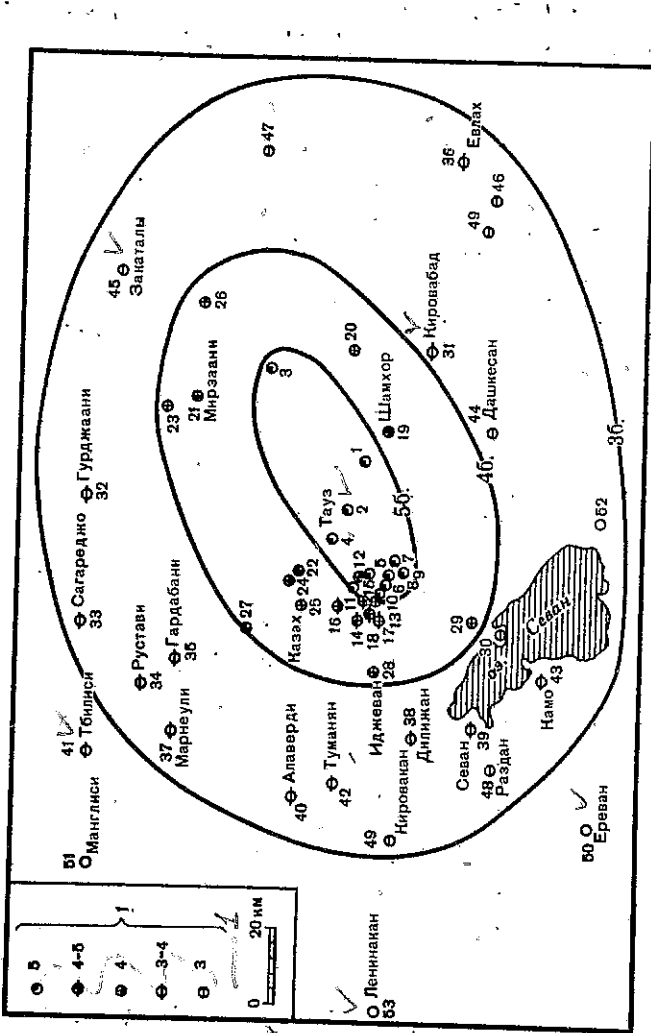


Рис. 3. Карта изосейст Таузского (Джеранчельского) землетрясения 2 марта 1979 г. Сост. В.Г. Папашвили, Ф.Т. Кулиев, Э.Г. Геодакян. 1 - балльность.

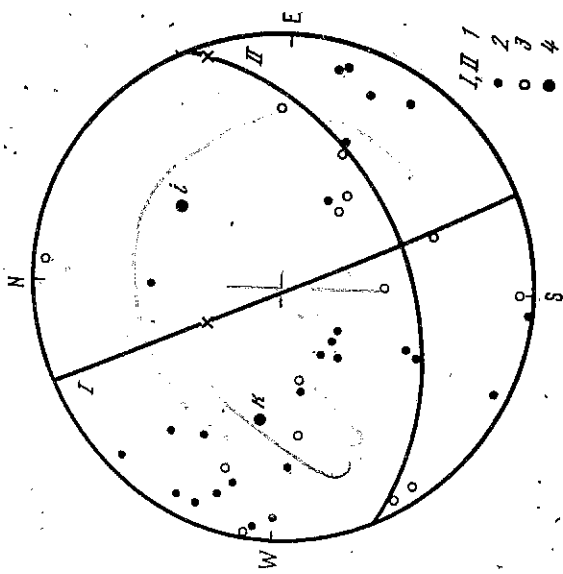


Рис. 4. Механизм очага землетрясения 2 марта 1979 г. Сост. Т.Н. Гоголадзе
1 - нодальные линии P-волн; 2 - волна сжатия; 3 - волна разрежения;
4 - оси напряжения, сжатия и растяжения

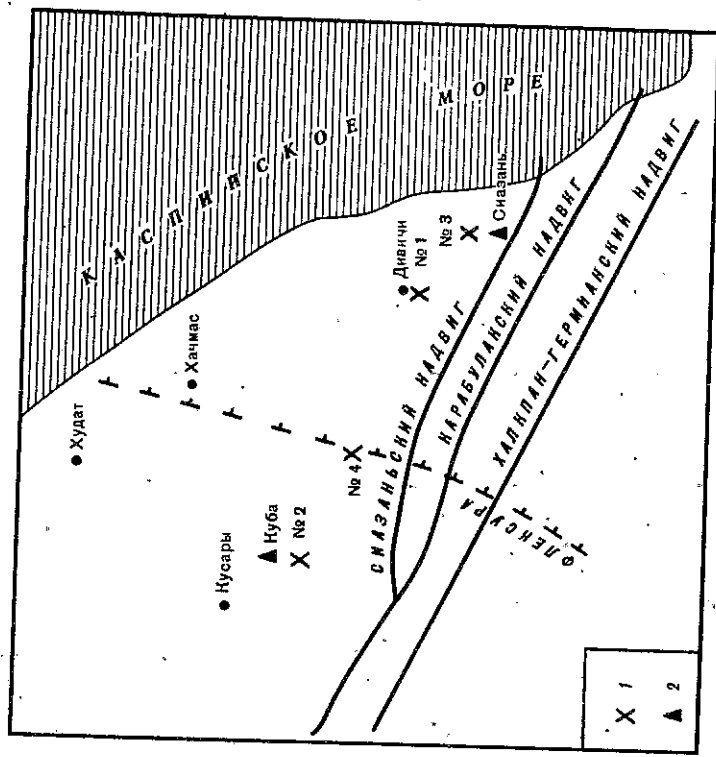


Рис. 5. Схема расположения эпицентров землетрясений 14 сентября 1979 г.
Сост. Э.Б. Агаларова, Ф.Т. Кулиев
1 - эпицентр; 2 - сейсмическая станция

За аномальный принимается узел, для которого α_H и α_E отклоняются от долговременных средних значений более чем на $3\sigma_H$ и $3\sigma_E$. Таким образом, были выделены зоны повышенной активности и затишья.

Результаты расчета активности Кавказа представлены на рис. 6. Как видно из рисунка, почти повсеместно происходит растекание зон активности. Только для небольшой части территории, активной в 1978 г., сохраняется активность на уровне предыдущего года и в 1979 г. В этом отношении интерес представляет эпизентральная область Черно-

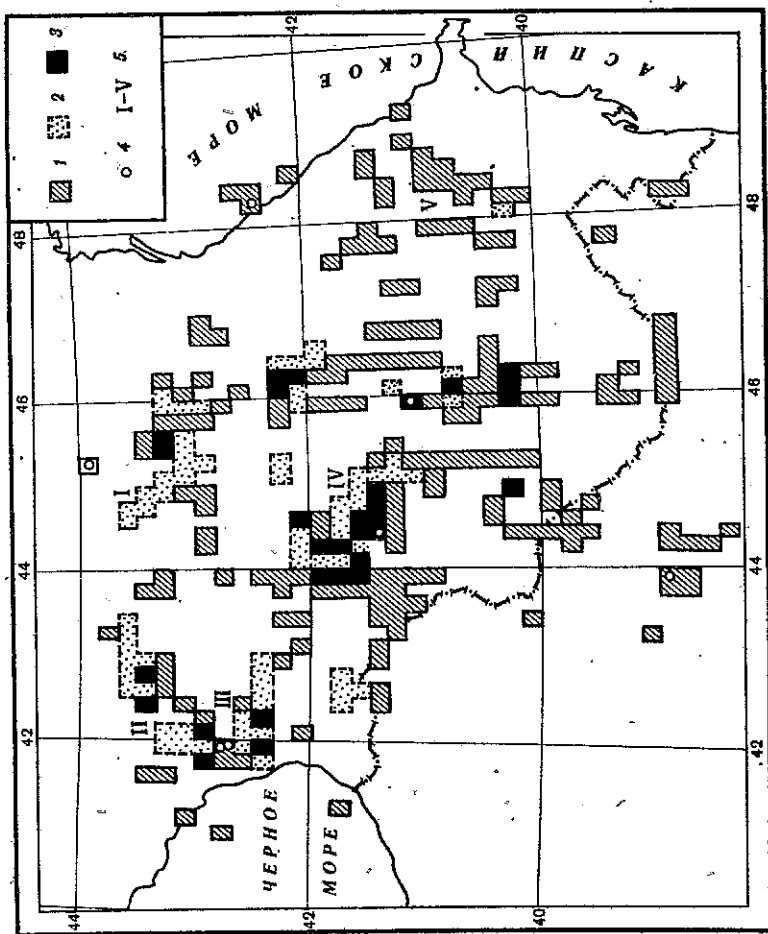


Рис. 6. Карта сейсмической активности землетрясений Кавказа. Сост. О.Д. Гоголадзе
1 - активность за 1979 г. выше долговременной активности; 2 - то же 1978 г.; 3 -
1978-1979 гг.; 4 - очаг землетрясения с $M > 4,5$; 5 - зоны активности

горского землетрясения 1976 г. (зона I). После основного толчка (1976 г.) зона продолжала оставаться активной, число землетрясений и величина реализованной сейсмической энергии в течение двух лет выше нормы - среднего значения за интервал осреднения 1963-1977 гг. - и охватывает территорию площадью 3400 км², причем зона ориентирована вдоль разломов общекавказского направления. В 1979 г. по всей зоне наблюдается спад активности и не выдерживается даже ее среднее значение. Только лишь небольшая ее часть (500 км²) остается активной на уровне 1978 г. В этой области происходит миграция активности по восточному и западному направлениям от очага главного толчка. Аналогичная картина наблюдается и в других областях активности 1978 г. В частности, в Мингрельской и Западнокавказской зонах очагов (II и III соответственно), в районе Джавахетского нагорья (IV), в Восточнокавказской и в других зонах. В 1979 г. произошло заполнение очагами перешейка между Мингрельской (III) и Западнокавказской (II) зонами активности 1978 г.

В 1978 г. конфигурация зоны активности Джавахетского нагорья (IV) определялась прежде всего Дманисским землетрясением 2 января 1978 г. В отличие от Черногорской площадь Джавахетской зоны активности за один год значительно сократилась, но четко наблюдается повышение активности в областях, непосредственно примыкающих к зоне активности 1978 г.

Особенно следует отметить Шемахинскую зону (V). По данным 1978 г. она относится к зоне затишья. В 1979 г. значительно оживилась большая ее часть (без крупных сейсмических событий). То же самое относится и к Ереванской зоне. Вокруг Еревана в 1979 г. образовалась активная полоса, которая почти полностью окружает город. В этой полосе за 1979 г. произошло только одно землетрясение с $K \geq 10$. В зонах затишья 1978 г. в изучаемом году появились отдельные области, активность которых в 1979 г. выше нормы.

Можно в состоянии прогнозировать дальнейший ход активности в этих районах, так как еще не выявлены закономерности миграции фоновой сейсмичности и связь этой последней с крупными землетрясениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Д. Цхакая, Э.А. Джабладзе, В.Г. Панапашвили и др. Землетрясения Кавказа. — Землетрясения в СССР в 1969 году. М.: Наука, 1973, с. 19–28.
2. Параметры, амплитудно-частотные и фазовые характеристики приборов региональных сейсмических станций Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1979. 48 с.
3. Левцикая А.Я., Лебедева Г.М. Голограф сейсмических волн на Кавказе. — Кварт. сейсмол. бюл., 1953, т. 21, № 1/4, с. 51–60.
4. Jeffreys H., Bullen K. Seismological tables. London, 1940.
5. Цхакая А.Д. Сейсмичность Джавахетского (Ахалкалакского) нагорья и прилегающих районов. — Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1957, т. 16, с. 177–219.
6. Мурусидзе Г.Я., Хелашвили Р.А., Хеладзе Т.В., Литанишвили И.З. Землетрясения 21 и 27 декабря в районе Ингури ГЭС. — Наст. сборник.
7. Каванин Н.И., Кузин И.П., Леонов Н.Н. Макросейсмическое обследование землетрясения в районе Ингури ГЭС 27 декабря. — Наст. сборник.
8. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 года. Под ред. Кондорской Н.В., Шебалина Н.В. М.: Наука, 1977, с. 69–170.
9. Бос Е.И. Сейсмические условия Закавказья. Тбилиси: Изд-во АН ГССР, 1948. Ч. I. 306 с.; 1952. Ч. II. 176 с.
10. Цхакая А.Д., Панапашвили В.Г. Сейсмические условия Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1973. 116 с.
11. Сейсмическое районирование СССР. М.: 1968, с. 242–253.
12. Шебалин Н.В., Айвазишвили И.В., Варзанацшвили О.Ш. и др. Уравнение макросейсмического поля для Большого Кавказа и Закавказья. — Сейсмол. бюл. Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1976, с. 113–126.
13. Сорский А.А. Основные черты строения и развития Кавказа в связи с его глубинной структурой. — В кн.: Глубинное строение Кавказа. М.: Наука, 1966, с. 22–34.
14. Желанина Т.С., Кейлис-Борок В.И., Писаренко В.Ф. и др. Определение механизма землетрясения на цифровой ЭВМ. — В кн.: Алгоритмы интерпретаций сейсмических данных. М.: Наука, 1971, с. 3–27. (Вычисл. сейсмол.; Вып. 5).
15. Годжиев Р.М. Глубинное геологическое строение Азербайджана. Баку: Азернешр, 1965. 200 с.
16. Кузнецов В.П., Агларова Э.Б., Ахундов М.А. и др. Землетрясение в Баку 16 января 1979 г. — Сейсмол. бюл. Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1982.

УДК 550.341-550.34:91

Г.Я. Мурусидзе, Р.А. Хелашвили, Т.В. Хеладзе, И.З. Литанишвили Землетрясения 21 и 27 декабря в районе Ингури ГЭС

В районе Ингури ГЭС 21 декабря в 11 ч 52 мин 57 с и 27 декабря в 21 ч 16 мин 50 с по гринвичскому времени зарегистрированы землетрясения почти равной силы с интенсивностью в эпицентре около 7 баллов. По инструментальным данным 12 сейсмических станций, расположенных в радиусе 80 км от очаговой зоны, координаты эпицентров первого из этих землетрясений равны $\varphi = 42,72$ с.ш., $\lambda = 41,85$ в.д., второго — $\varphi = 42,70$ с.ш., $\lambda = 41,82$ в.д., глубины очагов около 3 км. Для первого толчка $M = 4,2$, для второго $M = 4,3$. Координаты гипоцентров определялись по палеткам изохрон, рассчитанных по местному годографу [1], время в очаге — по методу Вадати.

Землетрясению 21 декабря предшествовали (с 14 по 20 декабря) форшоки с $K = 7$; за час до главного толчка зарегистрирован форшок с $K = 9$. За основным толчком последовала серия афтершоков с энергией до десятого логарифмического класса.

27 декабря произошло второе землетрясение, превышающее по силе первое, но отличающееся меньшим числом афтершоков. Афтершоковая деятельность в основном закончилась к 18 января 1980 г., всего за декабрь 1979 г. и январь 1980 г. зарегистрировано свыше 150 землетрясений с $K \geq 6$. Примерно 90 из них, для которых уверенно определены координаты эпицентров, расположены около с. Речхи — в 15–20 км западнее плотины Ингури ГЭС.

Неглубокое залегание гипоцентров обусловило быстрое затухание интенсивности этих землетрясений. Так, например, основные толчки на расстоянии 20–25 км ошущались силой 3–4 балла.

Макросейсмические данные рассмотрены в отдельной статье (см. наст. сборник). В дополнение к этим данным отметим небольшие (около 100 м³) обвалы скальных и крупнообломочных горных пород, трещины в грунте шириной до 20 см, смещение почвенного слоя вниз по склону до 1 м, замутнение воды в некоторых источниках.

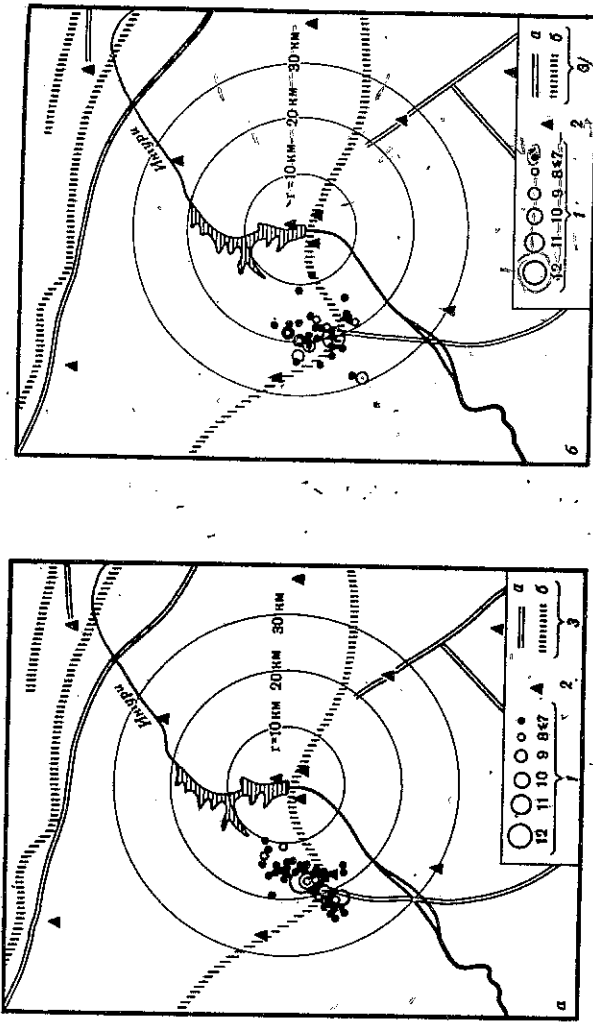


Рис. 1. Распределение на площади афтершоков землетрясений а — 21 декабря; б — 27 декабря; 1 — энергетический класс K ; 2 — сейсмическая станция; 3 — глубинный разлом; а — межзональный, б — внутризональный

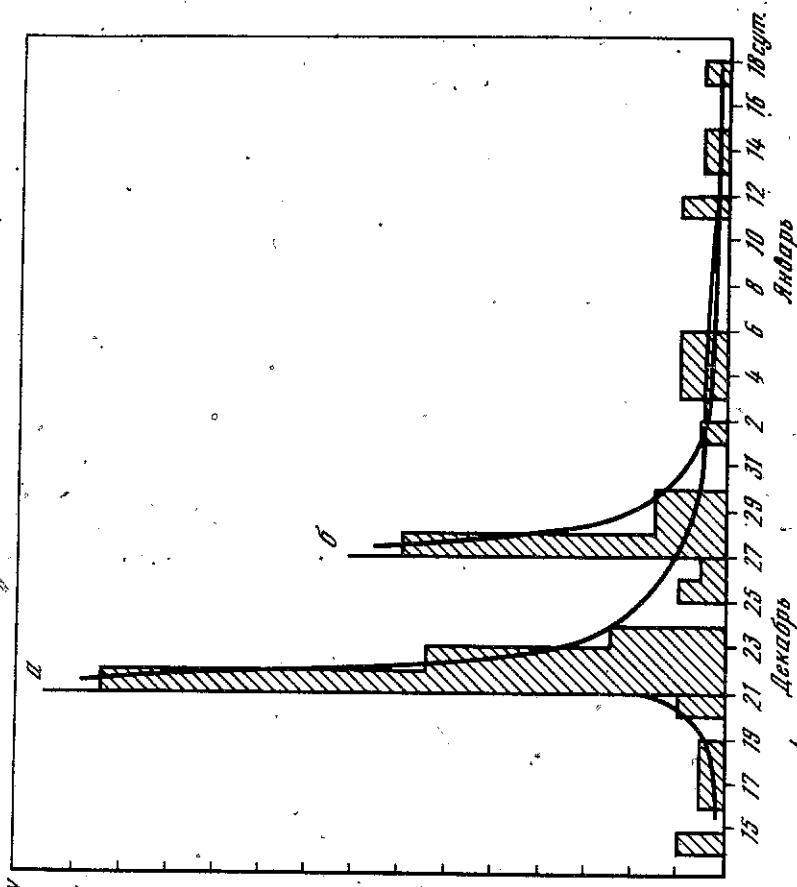


Рис. 2. Распределение во времени афтершоков землетрясений а — 21 декабря; б — 27 декабря