

УДК 550.348

## АРМЕНИЯ

Г.В.Саргсян, В.Р. Гаспарян, А.Р. Аракелян

В 1995 г. региональная и телеметрическая сети сейсмических станций изменились. Приостановлены региональные сейсмические станции "Мецамор", "Паракар", "Гарни" и "Джермук" в центральной части территории республики. Взамен установлены две телеметрические сети: 8 станций вокруг г. Еревана и 4 станции вокруг АЭС (табл. 1,2).

Таблица 1. Локальная сеть телеметрических станций вокруг г. Ереван

№	Станция		Дата открытия	Координаты		Компоненты
	Название	Код		φ°, N	λ°, E	
1	Аруч	ARU	15.07.1993	40.28	44.08	XYZ
2	Паракар	РАА	15.07.1993	40.16	44.42	XYZ
3	Капутан	КАР	15.07.1993	40.32	44.70	XYZ
4	Гарни	GRN	15.07.1993	40.15	44.74	XYZ
5	Бужакан	BUZ	15.07.1993	40.46	44.52	XYZ
6	Давидашен	DWS	15.07.1993	40.22	44.41	XYZ
7	Анберд	AMB	15.07.1993	40.39	44.26	XYZ
8	Двин	DVN	15.07.1993	40.06	44.56	XYZ

Таблица 2. Локальная сеть телеметрических станций вокруг АЭС

№	Станция		Дата открытия	Координаты		Компоненты
	Название	Код		φ°, N	λ°, E	
1	АЭС	NPP	01.02.1995	40.17	44.14	XYZ
2	Вананд	VNN	01.02.1995	40.09	43.82	XYZ
3	Варданашен	VRN	01.02.1995	40.04	44.19	XYZ
4	Геташен	CTN	01.02.1995	40.08	43.94	XYZ

На севере республики региональную сейсмическую станцию "Исаакян" закрыли из-за неблагоприятных условий еще в августе 1992 г. и в 1995 г. заменили телеметрической сетью, состоящей из 8 сейсмических станций с центром "Гюмри" (табл. 3). Пример записи землетрясения по этой сети приведен на рис. 1.

Таблица 3. Локальная сеть телеметрических станций с центром "Гюмри"

№	Станция		Дата открытия	Координаты		Компоненты
	Название	Код		φ°, N	λ°, E	
1	Гюмри	GYM	01.01.1995	40.77	43.87	XYZ
2	Нор Артик	NAR	01.01.1995	40.47	43.70	XYZ
3	Чахмак	TCH	01.01.1995	40.90	43.67	XYZ
4	Арич	HAR	01.01.1995	40.60	44.00	XYZ
5	Цохамарг	TSO	01.01.1995	40.95	43.87	XYZ
6	Камо	KAM	01.01.1995	40.82	43.95	XYZ
7	Хнаберд	HNA	01.01.1995	40.62	44.17	XYZ
8	Лернакерг	LER	01.01.1995	40.57	43.95	XYZ

Перечисленные три локальные телеметрические сети вместе с региональными станциями, изображенными на рис. 2, позволили расширить площадь низкого уровня представительных землетрясений  $K_{min}=6.5$  в пределах Араратской долины и Ширакского нагорья. Уровень представительной регистрации землетрясений Армянского нагорья и сопредельных районов соответствует  $K_{min}>8.5$ . На рис. 2 дано расположение сейсмических станций и изолинии  $K_{min}$  представительной регистрации землетрясений, рассчитанные минимум по трем станциям.

Обработка землетрясений проводилась вручную и на ЭВМ с применением стандартной программы НУРО-71 [1] для ближней зоны. При обработке использованы годографы А.Я. Левицкой, Т.М. Лебедевой для Кавказа при  $h=25$  км [2], А.Д. Цхакая для Джавахетского нагорья при  $h=0-10$  км [3], А.А. Саакяна для Армянского нагорья при  $h=0,5,10..50$  км [4]. Энергетический класс  $K_p$  определялся по номограмме Т.Г. Раутиан [5], магнитуды определены по объемным волнам в ближней ( $\Delta < 400$  км) зоне MPVA [6] и по длительности записи Md [7]:

$$Md = 2.5 \lg \tau - 1.9, \quad (1)$$

где  $\tau$  – время (в секундах) от начала записи до точки, где амплитуда колебаний в два раза превышает фон. Оценка магнитуды MLN по энергетическому классу  $K_p$  проведен по формуле из [8]:

$$K_p=4+1.8 M. \quad (2)$$

Оценка балльности в эпицентре производилась с использованием формулы для Закавказья [9]:

$$I_0=1.4 M - 3.5 lgh + 4.2. \quad (3)$$

Общее число обработанных землетрясений сетью сейсмологических наблюдений Национальной Службы Сейсмической защиты Республики Армения по всему Кавказу с  $K_p \geq 6$  превышает 1000, но в ближней зоне с Арменией таких землетрясений 368 (рис. 3). Их распределение по районам согласно схеме [10] дано в табл. 4. Большая часть эпицентров на рис. 3 расположена в приграничных районах и в бассейне оз. Севан.

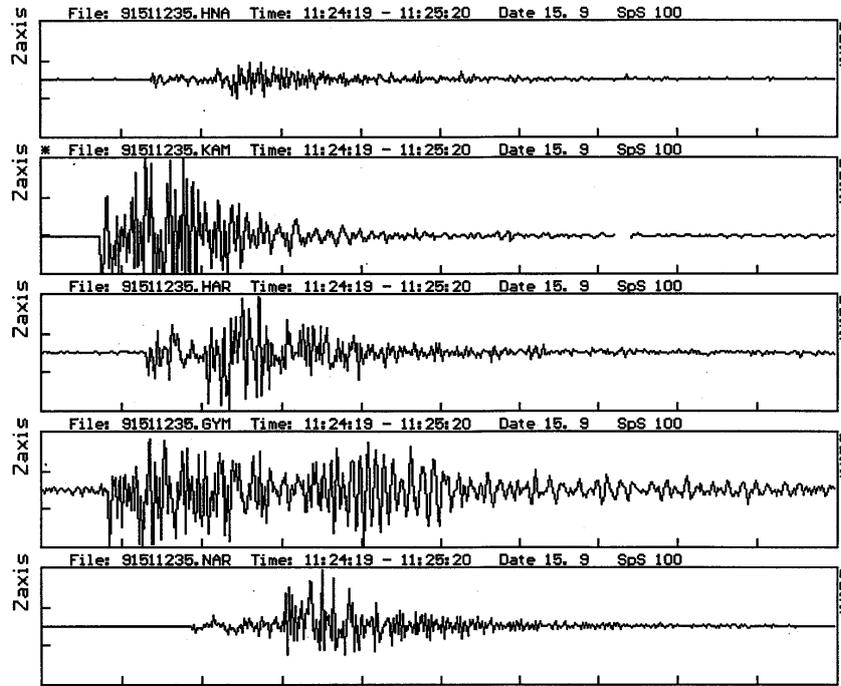


Рис. 1. Запись землетрясения, происшедшего 15 сентября 1995 г. в  $11^h24^m15^s$  ( $\varphi=40.93^\circ N$ ,  $\lambda=43.87^\circ E$ ), по телеметрической сети "Гюмри" на станциях: "Хнаберд", "Камо", "Арич", "Гюмри", "Нор Артик".

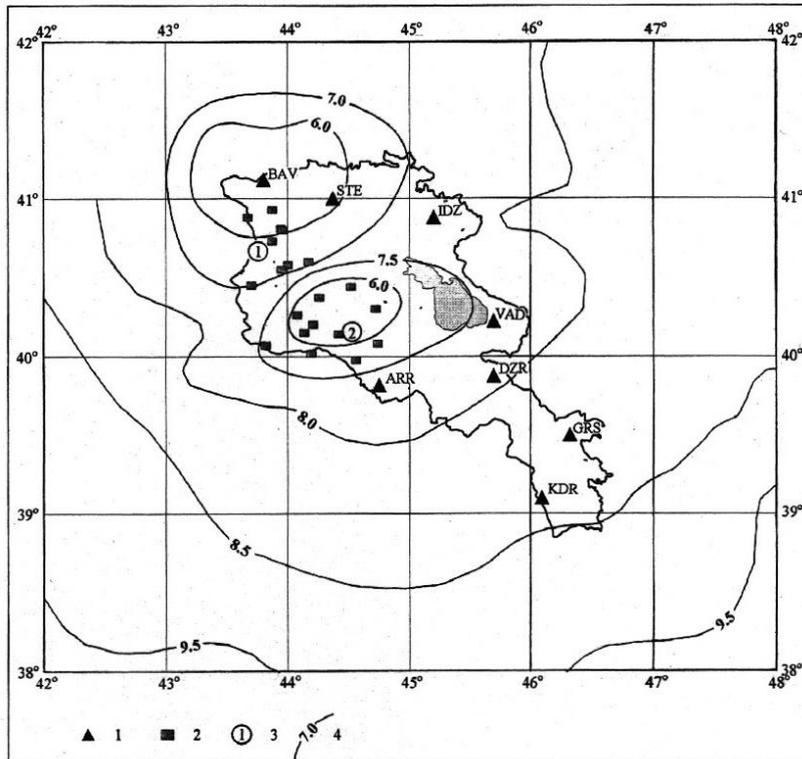


Рис. 2. Карта энергетической представительности землетрясений  $K_{min}$

1,2 – региональная и телеметрическая станция, соответственно; 3 – центр сбора и обработки Гюмри (1) и Ереван (2); 4 – изолиния  $K_{min}$ .

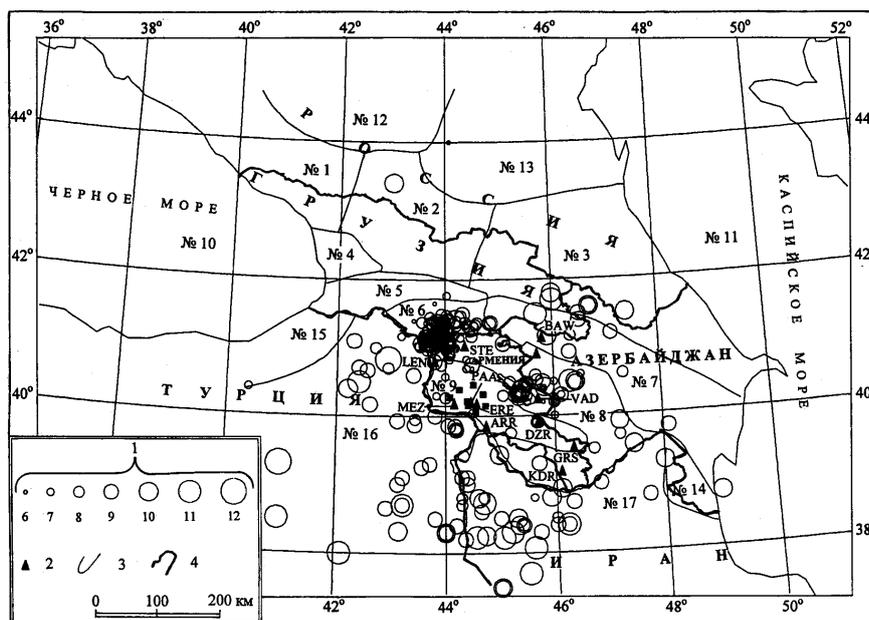


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Армении и сопредельных районов за 1995 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница района; 4 – государственная граница.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам

№ р-на	Район	$K_p$							$N_{\Sigma}$	$\Sigma E \cdot 10^{11}$ , Дж
		6	7	8	9	10	11	12		
2	Центральный Кавказ	-	-	-	-	1	-	-	1	0.100
3	Восточный Кавказ	-	-	-	2	-	1	-	3	1.020
6	Джавахетское нагорье	48	81	43	15	4	-	-	191	0.601
7	Куринская депрессия	-	-	2	3	4	1	-	10	1.432
8	Восточная часть Малого Кавказа	6	8	16	6	2	1	-	39	1.276
9	Армянское нагорье	6	18	10	11	5	-	-	50	0.621
11	Каспийское море	-	-	-	-	1	-	-	1	0.100
14	Талыш	-	-	-	1	-	-	-	1	0.010
16	Турция	-	1	7	19	3	4	2	36	24.567
17	Иран	-	2	5	13	9	7	-	36	8.035
	В с е г о	60	110	83	70	29	14	2	368	37.762

Суммарная сейсмическая энергия составляет  $\Sigma E \approx 3.8 \cdot 10^{12}$  Дж, что на  $1 \cdot 10^{12}$  Дж меньше таковой в 1994 г. [11]. Анализ ежемесячного распределения суммарной энергии, высвобожденной в очагах землетрясений на территории Армении и сопредельных районов показал, что наибольшее значение  $\Sigma E$  выделилось в июле и октябре (рис. 4).

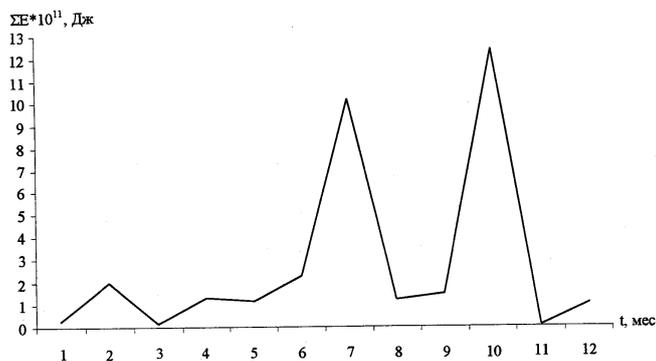


Рис. 4. Ежемесячное распределение суммарной сейсмической энергии для территории Армении и сопредельных районов за 1995 г.

Сейсмичность исследуемой территории после разрушительного Спитакского землетрясения 07.12.1988г. с  $M=6.9$  и  $I_0=10$  баллов, показанного на рис. 5, находится ниже нормального фонового уровня [12-17]. Как видим, в юго-восточной части очаговой зоны разрушительного Спитакского землетрясения в 1995 г. наблюдается затишье.

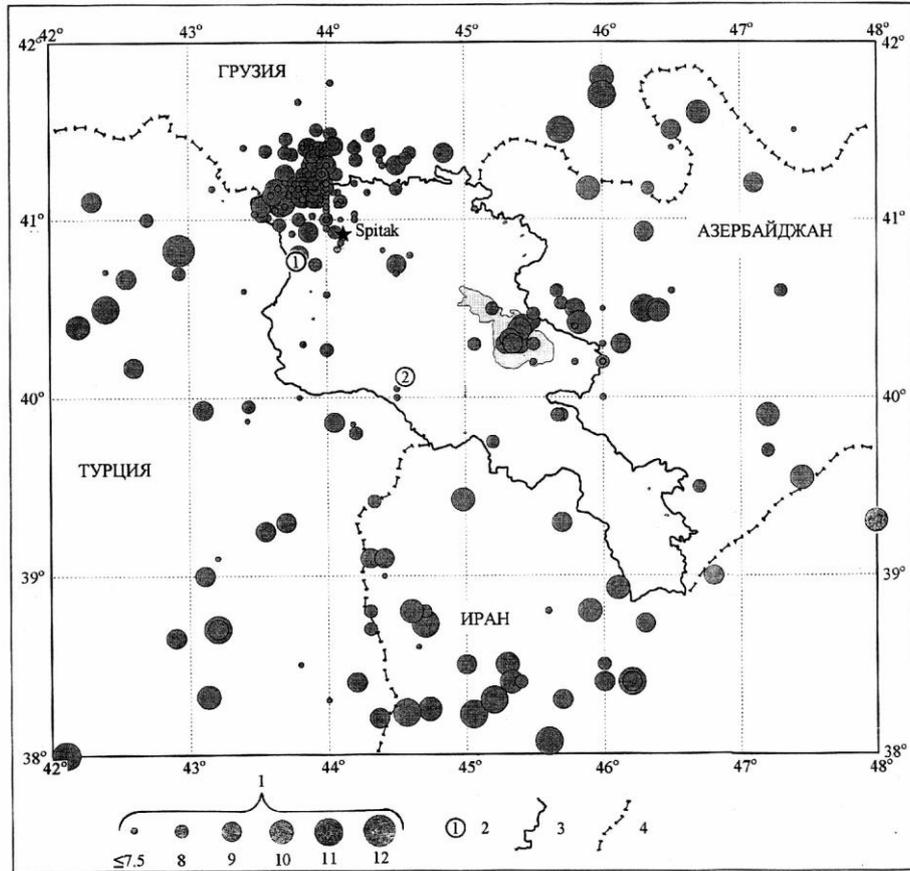
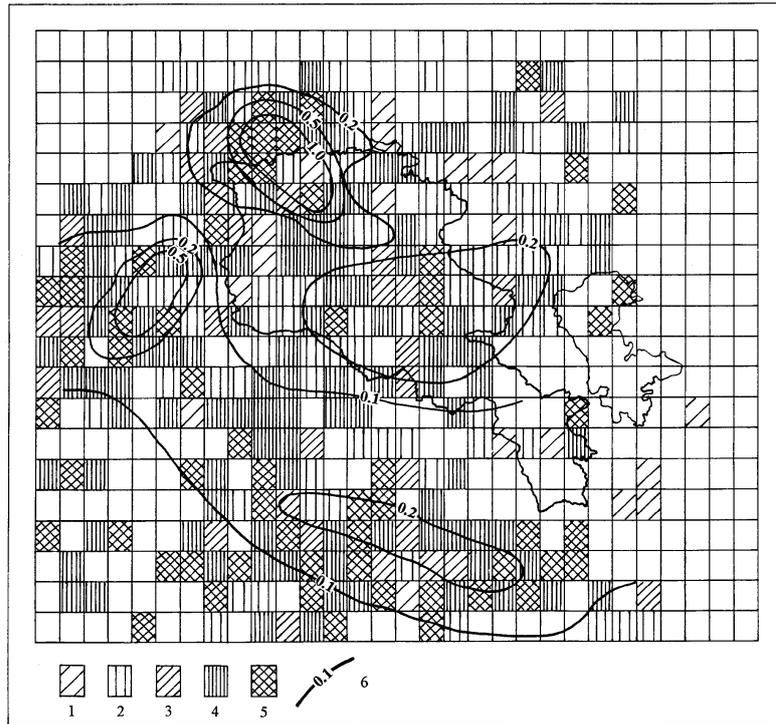


Рис. 5. Очаговая зона Спитакского землетрясения в сопоставлении с сейсмичностью за 1995 г.

Однако в каталог землетрясений Армении внесены лишь события, происшедшие непосредственно на ее территории, а также вблизи ее границ ( $\Delta \leq 30$  км) на территории Грузии и Азербайджана. С юга, на территории Турции и Ирана оставлены все зарегистрированные землетрясения. Общее число землетрясений после всех ограничений сократилось до 285, включенных в каталог [18].

**Сейсмический режим** в послеспитакский период изучен по данным за 1990-1995 гг. (сведения за 1989 г. исключены из анализа из-за интенсивного афтершокового периода). Угловым коэффициентом  $\gamma$  наклона графика повторяемости за исследуемый период времени для территории Армении и сопредельных районов составляет  $\gamma=0.51$ , что соответствует среднему значению [19,20], однако непосредственно за 1995 г.  $\gamma=0.35$ , что ниже среднего. Средний уровень сейсмической активности в единицах  $A_{10}$  равен 0.1. Максимальное значение сейсмической активности  $A_{10}=1.0$  поддерживается в северной части республики (рис. 6). Для полного представления об особенностях проявления слабой сейсмичности зоны на карту сейсмической активности нанесены значения параметра сейсмического фона "n" на уровне  $K_p \leq 9$  за 1990-1995 гг. (без афтершоков сильных землетрясений). Максимальное фоновое значение "n" сейсмического поля наблюдается в северо-западной части республики и примыкающему к ней Джавахетскому нагорью. Здесь реализовалось 40% от общего числа землетрясений. В районе оз. Ван и Карса на территории Турции наблюдается также повышенный сейсмический фон. Эпицентральная зона Зангезурских землетрясений [21] в южной части республики находится в сейсмическом затишье.

Для изучения напряженно-деформированного состояния территории Армянского нагорья проведен анализ изменения отношения скоростей прямых P- и S-волн [22]. Отношение скоростей  $v_p/v_s$  определялось по наклону графика Вадати, связывающего времена вступлений P-волн и  $t_{s,p}$  по данным группы сейсмических станций: "Степанаван", "Бавра", "Иджеван", "Ахалкалаки", "Тбилиси", "Ереван", "Варденис", "Горис", "Каджаран". Среднее значение параметра  $v_p/v_s$  по группе станций территории Армении на расстоянии до 200 км и для уровня  $h=10$  км равно 1.73 [20,23]. Единичные значения параметра  $v_p/v_s$  определялись по данным одной станции (отдельно для станций "Степанаван", "Ереван", "Варденис"). Данные станции "Степанаван", которая находится в сейсмоактивной зоне, имеют высокую точность и информативность. Картирование параметра  $\Delta(v_p/v_s)$  по данным станции "Степанаван" более целесообразно, так как по двум другим станциям ("Ереван" и "Варденис") в обработку вошло значительно меньше сейсмических событий, хотя следует отметить, что для всех трех станций получаются однородные результаты в пределах северо-западной части территории Армении, сопредельной с Джавахетским нагорьем и Турцией. На рис. 7 приведена карта-схема изменения параметра  $\Delta(v_p/v_s)$  по данным сейсмической станции



"Степанаван" с выделением отрицательных и положительных аномалий.

Рис. 6. Карта сейсмической активности территории Армении и сопредельных районов в единицах  $A_{10}$  на поле сейсмического фона "n" за 1990-1995 гг.  
1-5 - "n" = 40%, 30%, 18%, 10%, 2%, соответственно; 6 - изолиния  $A_{10}$ .

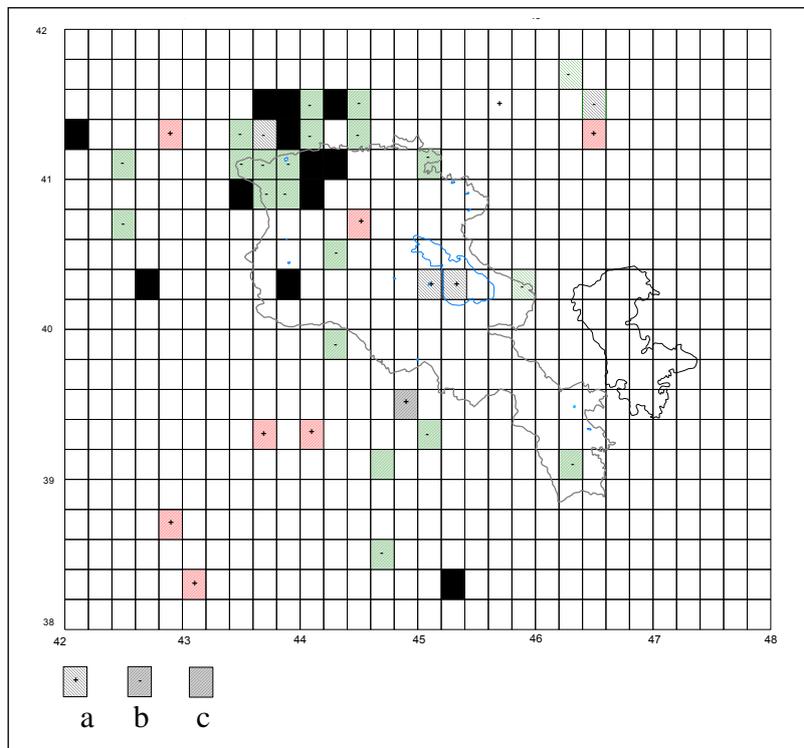
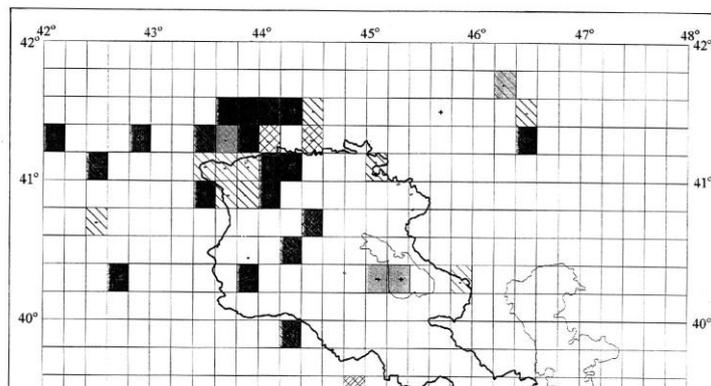


Рис. 7.

Значение ма Богдановка, которая составляет 0.7. Поло Авторы весь



.2,  $c \leq 0.3$ ,

итак-Дзорашен-Бавра- ильного толчка здесь итак. млении статьи.

Л и т е р а т у р а

1. **Lee W.H.K. and Lark J.C. 1975.** HYPO-71 (Revised) A computer program for determining hypocenter magnitude and first motion patting of local earthquakes. U.S. Geological Survey OPEN-FILE Report 75-311, June.
2. **Левницкая А.Я., Лебедева Т.М. 1953.** Годографы сейсмических волн на Кавказе // Квартальный сейсмологический бюллетень. Тбилиси: Мецниереба. Т.2. №1/4. С. 51-60.
3. **Цхакая А.Д. 1957.** Сейсмичность Джавахетского нагорья и прилегающих районов // Тр. Ин-та геофизики АН СССР. Т.16. С. 177-219.
4. **Кондорская Н.В., Саакян А.А. 1984.** Кинематические особенности Р-волн для землетрясений Армянского нагорья // Физика Земли. №8. С. 67-71.
5. **Раутиан Т.Г. 1964.** Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. М.: Наука. С. 88-93. (Тр. ИФЗ АН СССР; №32(199)).
6. **Соловьева О.Н., Агаларова Э.Б., Алимamedова В.П., Гасанов А.Г., Геодакян Э.Г., Гюль Э.К., Дарахвелидзе Л.К., Петросян М.Д., Фабрициус З.Э., Хромецкая Е.А. 1983.** Калибровочные функции для определения магнитуды кавказских землетрясений по короткопериодной волне Р на малых эпицентральных расстояниях // Интерпретация сейсмических наблюдений (результаты исследований по международным геофизическим проектам). М.: Изд-во МГК АН СССР. С. 65-72.
7. **Арефьев С., Татевосян Р., Гедакян Э. и др. 1990.** Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г. // Источники и воздействия разрушительных сейсмических колебаний. М.: Наука. С. 4-29. (Вопр. инж. сейсмологии; Вып. 31).
8. **Раутиан Т.Г. 1960.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. М.: Изд-во ИФЗ АН СССР. С. 75-114. (Тр. ИФЗ АН СССР; №9(176)).
9. **Шебалин Н.В. 1977.** Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый Каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. С. 20-31.
10. **Цхакая А.Д., Джибладзе Э.А., Папалашвили В.Г., Султанова З.З., Лебедева Т.М., Табуцадзе Ц.А., Дарахвелидзе Л.К., Кахиани Л.А., Лабадзе Л.В., Алимamedова В.П. 1973.** Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1969 году. М.: Наука. С. 19-28.
11. **Саргсян Г.В., Аракелян А.Р. 2000.** Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 14-17.
12. **Кондорская Н.В., Вандышева Н.В., Захарова А.И., Саргсян Г.В., Чепкунас Л.С. 1991.** Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г. Инструментальные данные // Землетрясения в СССР в 1988 году. М.: Наука. С. 60-73.
13. **Геодакян Э.Г., Голинский Г.Л., Папалашвили В.Г., Хромецкая Е.А., Шебалин Н.В. 1991.** Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г. Карты изосейст // Землетрясения в СССР в 1988 году. М.: Наука. С. 74-86.
14. **Саргсян Г.В. 1999.** Развитие сейсмического процесса в районе Спитакского землетрясения // Вестник строителей Армении. Особый выпуск. №4. С. 24-27.
15. **Саргсян Г.В. и др. 1999.** О сейсмичности семибалльной изосейстовой зоны Спитакского землетрясения за последнее десятилетие // Вестник строителей Армении. Особый выпуск. №4. С. 27-32.
16. **Sargsyan H.V., Avetisyan A.M. 1993.** Dimentions of heath of the Spitak earthquake by spatialtime distribution of its aftershocks // International Conference on Continantal collission zone Earthquakes and earthquake hazard reduction. Yerevan. Armenia. October 1-6. P. 11.
17. **Sargsyan H.V. 1993.** Seismicity activation of the Caucasus after the Spitak earthquake // International Conference on Continantal collission zone Earthquakes and earthquake hazard reduction. Yerevan. Armenia. October 1-6. P. 17.
18. **Саргсян Г.В. (отв. сост.), Арутюнян М.П., Хачатрян С.А., Хачатрян К.К., Товмасян А.К.** Армения. См. раздел III (Каталоги землетрясений) в наст. сб.
19. **Саргсян Г.В. 1999.** Сейсмичность территории Армянского нагорья // Вестник МАНЭБ. №5(17). С. 10-12.
20. **Cargsyan H.V. 1999.** Statistical evaluation of the parameter of repetition of the earthquakes of the territory of Armenia and adjacent regions in space and time // Proceedings of the third International Conference on Seismology and Earthquake Engineering. SEE-3. May. 17-19. Teheran. I.R. Iran. V.I. P. 263-268.
21. **Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В. (отв. сост.). 1977.** Сейсмологические данные по регионам: Пб. Кавказ // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времён до 1975 г.). М.: Наука. С. 69-170.
22. **Славина Л.Б. 1976.** Методика и результаты изучения  $\Delta(v_p/v_s)$  в фокальной зоне Камчатки // Исследования по физике землетрясений. М.: Наука. С. 217-236.
23. **Саргсян Г.В. 2000.** Оценка эффективности параметра  $\Delta(v_p/v_s)$  для выявления напряженно-деформированного состояния земной коры Армянского нагорья. Ежегодный отчет НССЗ при РА. Фонды НССЗ. 50 с.