

АРМЕНИЯ

Г.В. Саргсян, К.А. Мхитарян, Л.В. Мазманян, Л.С. Саргсян

Агентство Национальной службы сейсмической защиты
Республики Армения, г. Ереван, heghinesar@mail.ru

Для сейсмической службы Республики Армения 2001 год очень знаменательный: исполнилось 70 лет со дня основания первой в Армении сейсмической станции «Ереван», а также 55 лет – станции «Ленинакан» (Гюмри) и 50 лет – «Степанаван» и «Горис». Эти станции всегда работали на высшем уровне и сейчас его поддерживают, хотя и есть большие трудности из-за недостатков технического обеспечения.

Положительным моментом явилось введение в строй действующих еще одной телеметрической сети на юге республики, состоящей из четырех станций (табл. 1), начавших регистрацию землетрясений 31 марта 2001 г.

Таблица 1. Сейсмические станции локальной телеметрической сети на юге Армении в 2001 г.

№	Станция		Дата открытия	Координаты		h_y , м	Компонента
	Название	Код		φ° , N	λ° , E		
На юге Армении							
1	Хотанан	XTN	31.03.2001	39.27	46.37	1160	N, E, Z
2	Егвард	EGV	31.03.2001	39.22	46.55	1136	N, E, Z
3	Мегри	MGR	31.03.2001	38.90	46.23	620	N, E, Z
4	Каджаран	KDR	31.03.2001	39.15	46.15	2086	N, E, Z

Таким образом, ранее существовавшая в Армении система из четырех локальных телеметрических сетей (табл. 2, [1–6]) в 2001 г. дополнена еще пятой.

Таблица 2. Сейсмические станции четырех локальных телеметрических сетей Армении в 2001 г.

№	Станция		Дата открытия	Координаты		h_y , м	Компонента
	Название	Код		φ° , N	λ° , E		
Вокруг г. Еревана							
1	Аруч	ARU	15.07.1993	40.28	44.08	1200	N, E, Z
2	Паракар	PAА	15.07.1993	40.16	44.42	850	N, E, Z
3	Капутан	КАР	15.07.1993	40.32	44.70	1700	N, E, Z
4	Гарни	GRN	15.07.1993	40.15	44.74	1560	N, E, Z
5	Бужакан	BUZ	15.07.1993	40.46	44.52	1940	N, E, Z
6	Давидашен	DWS	15.07.1993	40.22	44.41	1172	N, E, Z
7	Амберт	AMB	15.07.1993	40.39	44.26	2200	N, E, Z
8	Двин	DVN	15.07.1993	40.06	44.56	870	N, E, Z
Вокруг г. Гюмри							
9	Гюмри	GYM	01.01.1995	40.77	43.87	1560	N, E, Z
10	Нор Артик	NAR	01.01.1995	40.47	43.70	1550	N, E, Z
11	Чахмах	TCH	01.01.1995	40.90	43.67	1860	N, E, Z
12	Арич	HAR	01.01.1995	40.60	44.00	1980	N, E, Z
13	Цохамарг	TSO	01.01.1995	40.95	43.87	1970	N, E, Z
14	Камо	KAM	01.01.1995	40.82	43.95	1230	N, E, Z
15	Хнаберд	HNA	01.01.1995	40.62	44.17	1250	N, E, Z
16	Лернакерт	LER	01.01.1995	40.57	43.95	1990	N, E, Z

№	Станция		Дата открытия	Координаты		h_y , м	Компонента
	Название	Код		φ° , N	λ° , E		
Вокруг АЭС							
17	АЭС	NPP	01.02.1995	40.17	44.14	945	N, E, Z
18	Вананд	VNN	01.02.1995	40.09	43.82	1020	N, E, Z
19	Варданашен	VRN	01.02.1995	40.04	44.19	841	N, E, Z
20	Геташен	CTN	01.02.1995	40.08	43.94	885	N, E, Z
В эпицентральной зоне Спитакского землетрясения 07.12.1988 г.							
21	Степанаван	STE	10.01.1997	41.00	44.37	1400	N, E, Z
22	Спитак	SPT	10.01.1997	40.83	44.26	1590	N, E, Z
23	Чкаловка	CKL	10.01.1997	40.73	44.69	1410	N, E, Z
24	Лермонтово	LMT	10.01.1997	40.76	44.64	1810	N, E, Z

Сеть аналоговых станций в 2001 г., по сравнению с таковой в 2000 г. [1], несколько изменилась: их число сократилось до восьми (приостановлена работа сейсмической станции «Иджеван»). К сожалению, как и в 2000 г., на пяти станциях («Гюмри», «Степанаван», «Каджаран», «Бавра», «Арабат») из-за отсутствия фотобумаги записывалась лишь одна компонента (табл. 3). Кроме того, на станции «Горис» были сняты каналы СК-КПЧ и С-5-С.

Таблица 3. Аналоговые сейсмические станции Армении (в хронологии их открытия), работавшие в 2001 г., и их параметры

№	Станция			Год открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ° , N	λ° , E	h_y , м	Тип прибора	Компонента	V_{max} /чувствит-ть	ΔT_{max} , с
		межд.	рег.								
1	Ереван	ERE	ERE	1931	40.17	44.47	998	СКМ-3	N, E, Z	5200	0.20–1.5
2	Гюмри (Ленинакан)	LEN		1946	40.78	43.80	1570	СКД	E	1000	0.20–20
3	Степанаван	STE	STE	1951	41.00	44.37	1390	СКМ-3	E	20870	0.20–1.2
4	Горис	GRS	GRS	1951	39.50	46.33	1399	СХ ССР3-М	N, E, Z N, E, Z	10000 0.002 c ²	0.25–0.6 0.09
5	Варденис	VAD	VAD	1968	40.22	45.70	1930	СКМ-3	N, E, Z	5000	0.20–1.5
6	Каджаран	KDR	KDR	1973	39.15	46.10	2155	СКМ-3	Z	10380	0.20–1.5
7	Бавра	BAW	BAW	1977	41.12	45.80	2160	СКМ-3	E	10400	0.20–1.5
8	Арабат	ARR	ARR	1982	39.82	44.75	819	ВЭГИК	Z	2040	0.18–1.2

Перечисленные выше телеметрические и аналоговые станции обеспечили представительную регистрацию землетрясений с $K_{3min} \geq 8.5$ на всей территории Армении и в сопредельных районах (рис. 1). Значения K_{min} рассчитаны минимум по трем станциям. На юге республики уровень энергии представительных землетрясений снизился до $K_{3min} = 7.0$, что связано, безусловно, с открытием новой телеметрической сети (табл. 1). В то же время из-за отсутствия данных сейсмической станции «Иджеван» уровень энергии представительных землетрясений на северо-востоке республики повысился до $K_{3min} = 7.5$. Поэтому в 2001 г. регистрируемый в прошлые годы слабый сейсмический фон в районе Ноемберянского землетрясения 18.07.1997 г. (41.17°N, 45.00°E) [7] почти отсутствует. На карте рис. 1 отмечены также станции и центры обработки сейсмической информации, оперативно передающие данные из наблюдательных пунктов.

Методы определения основных параметров землетрясений [8–12] не изменились. Использовались данные региональной и телеметрической сетей Армении, а для более сильных землетрясений – данные Геофизической службы РАН и региональной сети Грузии. Локация землетрясений проводилась как машинным способом (по программе НУРО-71 для ближней зоны), так и ручным (методом засечек и изохрон). Из-за значительного уменьшения взаимобмена сейсмической информацией с соседними странами число неклассных и необрабатываемых землетрясений в приграничных районах резко увеличилось.

Общее число зарегистрированных землетрясений в пределах координат 38–43°N, 41–49°E превысило 700, однако локализовать удалось лишь половину из них (оригинал каталога земле-

трясений Армении за 2001 г. [13] содержит 351 землетрясение, распределение которых по месяцам изображено на рис. 2. Самое слабое из них имеет $K_p=4.0$ и зарегистрировано 6 сентября в 15^h09^m на Джавахетском нагорье, самое сильное с $K_p=13.0$ (рис. 3) локализовано в Турции. Глубина очагов землетрясений представлена на рис. 4.

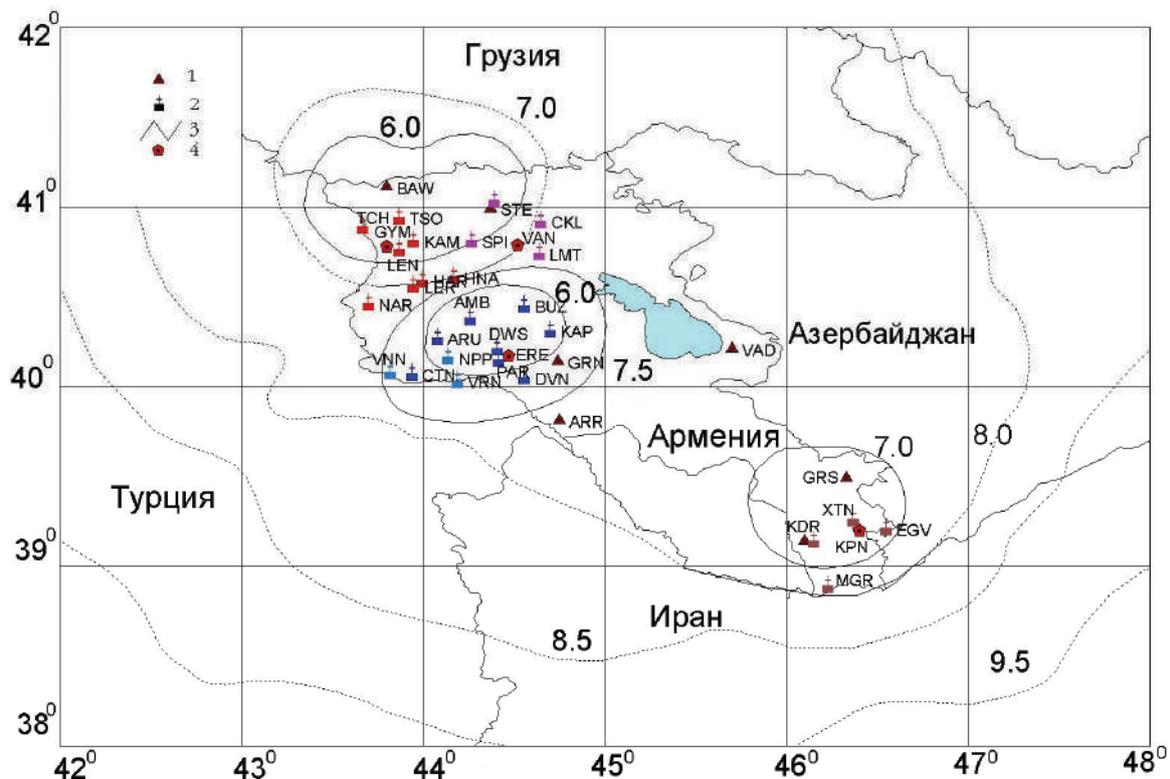


Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений K_{min} на территории Армении за 2001 г.

1, 2 – аналоговая и телеметрическая станция соответственно; 3 – изолиния K_{min} ; 4 – центр сбора и обработки данных наблюдений.

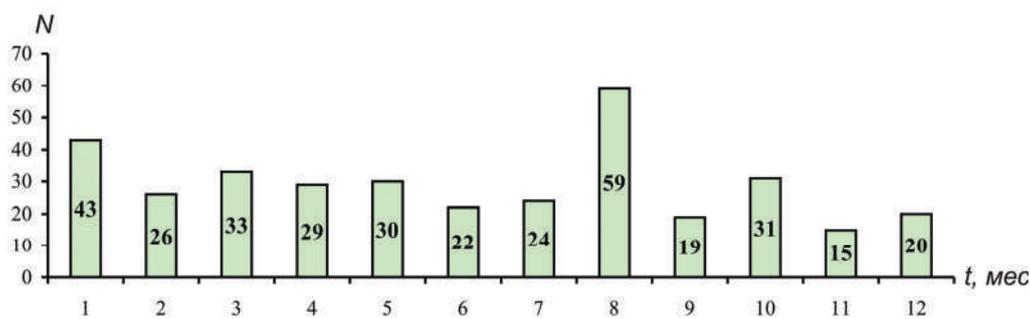


Рис. 2. Месячные числа землетрясений Армении за 2001 г. по [13]

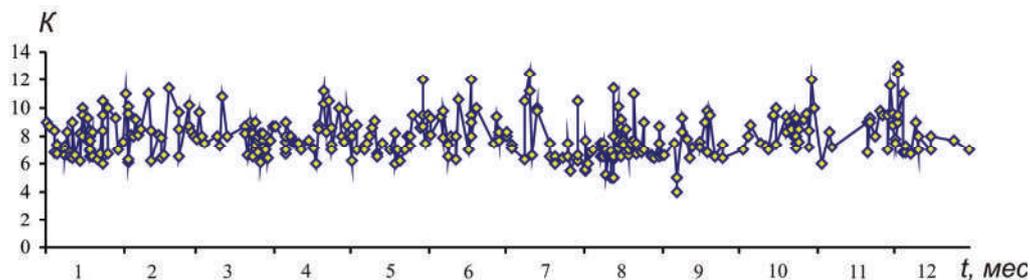


Рис. 3. Распределение землетрясений Армении по K_p за 2001 г. по [13]

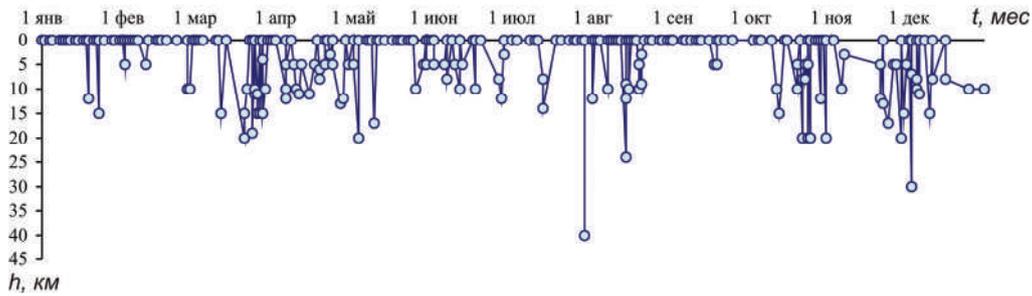


Рис. 4. Распределение землетрясений Армении по глубинам за 2001 г. по [13]

В представленный для публикации в настоящем сборнике на CD каталог землетрясений Армении за 2001 г. [14] не включены 14 землетрясений, локализованные на территории Грузии и Азербайджана далее 30 км от границ Армении (*ред.*). Распределение оставшихся 337 землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная энергия приведены в табл. 4.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений разных классов K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE на территории Армении и прилегающих к ней районов в 2001 г.

Год	K_p									N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{12}$, Дж
	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
2001	10	49	107	77	57	20	10	6	1	337	17.267

Число землетрясений в 2001 г. и высвобожденная суммарная сейсмическая энергия (табл. 4) сравнимы с таковыми в 2000 г. [1] (354 и $15.62 \cdot 10^{12}$ Дж соответственно). Карта эпицентров всех землетрясений изображена на рис. 5.

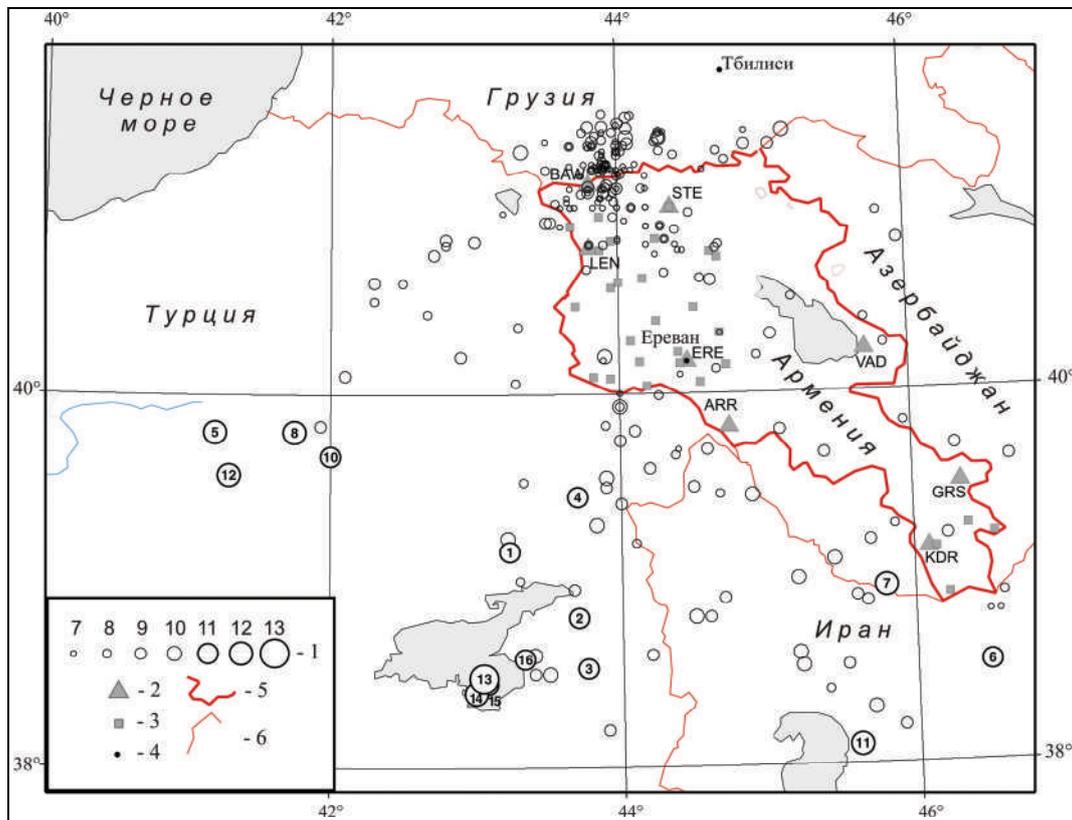


Рис. 5. Карта эпицентров всех землетрясений Армении за 2001 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2, 3 – сейсмическая станция аналоговая и телеметрическая соответственно; 4 – населенный пункт; 5, 6 – государственная граница Армении и других стран соответственно. Номера землетрясений соответствуют таковым в графе 1 каталога [14].

В 2001 г. сейсмический фон по всей территории находился в пределах нормы, кроме северо-восточной части республики. Повышенным уровнем сейсмичности характеризуется территория Турции. Наблюдается цепочка землетрясений северо-восточного простирания (рис. 5) от верховьев рек Аракс и Карс к очаговой зоне Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. [15]. Начало цепочки в Центральной Турции сформировано четырьмя событиями с $K_p \geq 11$, зарегистрированными 29 мая в 13^h14^m с $K_p=12.0$, 10 июля в 11^h42^m с $K_p=12.5$, 20 августа в 18^h50^m с $K_p=11.0$ и 29 ноября в 19^h36^m с $K_p=11.6$.

Для землетрясения 29 мая в сейсмологическом центре ZUR получен механизм очага [16] по методу тензора момента (табл. 5).

Таблица 5. Параметры механизма очага землетрясения 29 мая в 13^h14^m с $K_p=12.0$

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
ZUR	29.05	13 14 29	21	4.9	9	245	80	29	6	154	19	88	10	289	80	178
ZUR	20.08	18 50 40	12	4.7	13	239	66	118	20	333	107	85	204	15	66	355

Согласно этому решению, землетрясение возникло под действием близких по величине растягивающих и сжимающих напряжений, ориентированных на юго-запад и на юго-восток соответственно. Обе нодальные плоскости имеют крутое падение, простирание плоскости NP1 – северо-восточное, простирание NP2 – северо-западное (рис. 6). Тип движения по обеим плоскостям – сдвиг, левосторонний – по NP1 с присутствием вертикальной компоненты, правосторонний сдвиг – по NP2. Это же агентство дает механизм очага для землетрясения 20 августа с $K_p=11.0$. Движение в очаге этого землетрясения того же типа – сдвиг. Отличие от предыдущего только в том, что левосторонний сдвиг – по плоскости NP2, а по NP1 – правосторонний. Обе нодальные плоскости залегают круто, простирание NP1 в направлении северо-запад–юго-восток, простирание NP2 – северо-восток–юго-запад (рис. 6).

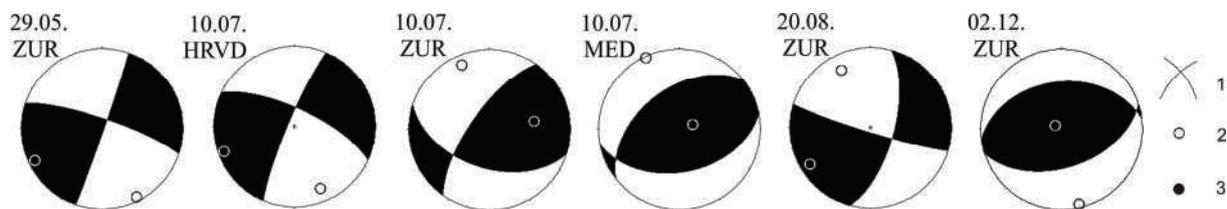


Рис. 6. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений, локализованных сетью Армении на территории Турции в 2001 г., в проекции нижней полусферы

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.

В Турции активна также область юго-восточной части оз. Ван (рис. 5), где 2 декабря в 04^h11^m произошло самое сильное в 2001 г. землетрясение с $K_p=13.0$ на глубине 30 км и сопровождалось в тот же день в 17^h05^m сильным ($K_p=12.5$) афтершоком [14]. Для этого землетрясения имеется решение механизма очага [16].

Таблица 6. Параметры механизма очага землетрясения 2 декабря в 04^h11^m с $K_p=13.0$

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
ZUR	02.12	04 11 48	18	4.8	83	302	5	76	5	167	72	50	83	262	40	98

Согласно этому решению, движение в очаге произошло под действием напряжений сжатия, ориентированных близмеридионально. Тип движения в очаге – взброс. Обе нодальные плоскости имеют крутое залегание и близширотное простирание (рис. 6).

В этой же зоне локализовано 10 июля землетрясение с $K_p=11.2$, которое можно считать предваряющим событием. Механизм его очага получен в трех центрах: в ZUR и MED по методу тензора момента, в HRVD – по методу тензора момента центроида [16].

Таблица 7. Параметры механизма очага землетрясения 10 июля в 21^h42^m с $K_p=11.2$

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
HRVD	10.07	21 42 10.6	29	5.4	8	250	71	3	18	157	295	72	187	202	83	342
ZUR	10.07	21 42 08	24	5.2	43	80	44	234	13	337	215	71	43	108	50	155
MED	10.07	21 42 04.8	21	5.7	76	73	14	245	2	335	79	45	110	232	49	71

Полученные решения различаются (рис. 6). По методу ТМ отмечается один тип движения в очаге – взброс с компонентами сдвига под действием преобладающих напряжений сжатия. Нодальные плоскости имеют достаточно крутое падение, их простирание – северо-восточное и северо-западное. Тип движения в случае ТМС – сдвиг, левосторонний – по NP2 и правосторонний – по NP1. Нодальные плоскости залегают круто, их простирание – северо-восточное и северо-западное.

Традиционно сейсмически активны Джавахетское нагорье и очаговая зона Спитакского землетрясения. Здесь, прежде всего, отметим два ощутимых в Армении землетрясения, локализованных на приграничной территории Грузии. Одно из них зарегистрировано 6 июня в 18^h54^m с $K_p=9.8$ и проявилось с интенсивностью 3–4 балла в Бавре (30 км), Ахалкалаки (45 км), 3 балла – в Цохамарге (40 км), Степанаване (50 км). Его эпицентр расположен в очаговой области Дманийского землетрясения 15.08.1978 г. с $K_p=12$ [17]. Второе – произошло 13 июля в 18^h31^m с $K_p=10.0$ и вызвало колебания с интенсивностью 3–4 балла в Степанаване (45 км).

В заключение рассмотрим более детально землетрясения, произошедшие непосредственно на территории Армении, общее число которых 129 в диапазоне $K_p=4-10$ [14]. Их распределение по энергетическим классам дано в табл. 8 и на графике повторяемости (рис. 7), из которого следует, что в регистрации землетрясений с $K_p=7$ есть пропуски. Его линейную часть можно провести лишь по $K_p=8-9$ с углом наклона $\gamma = -0.535$.

Таблица 8. Распределение числа землетрясений разных классов, локализованных в 2001 г. непосредственно в пределах государственной границы Республики Армения

K_p	4	5	6	7	8	9	10	N_{Σ}
$N(K)$	1	9	25	55	27	10	2	129

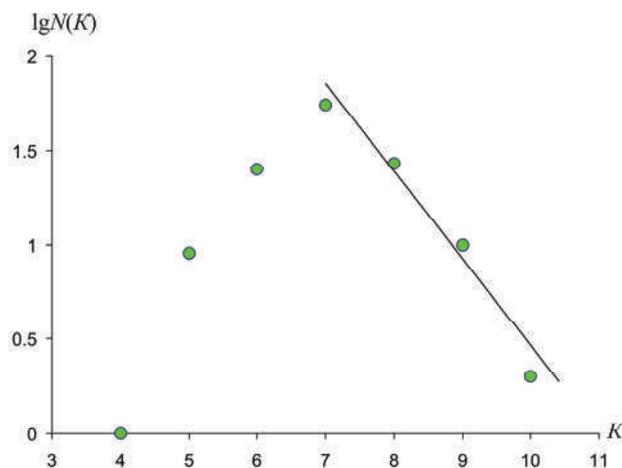


Рис. 7. График повторяемости землетрясений непосредственно в пределах государственной границы Республики Армения за 2001 г.

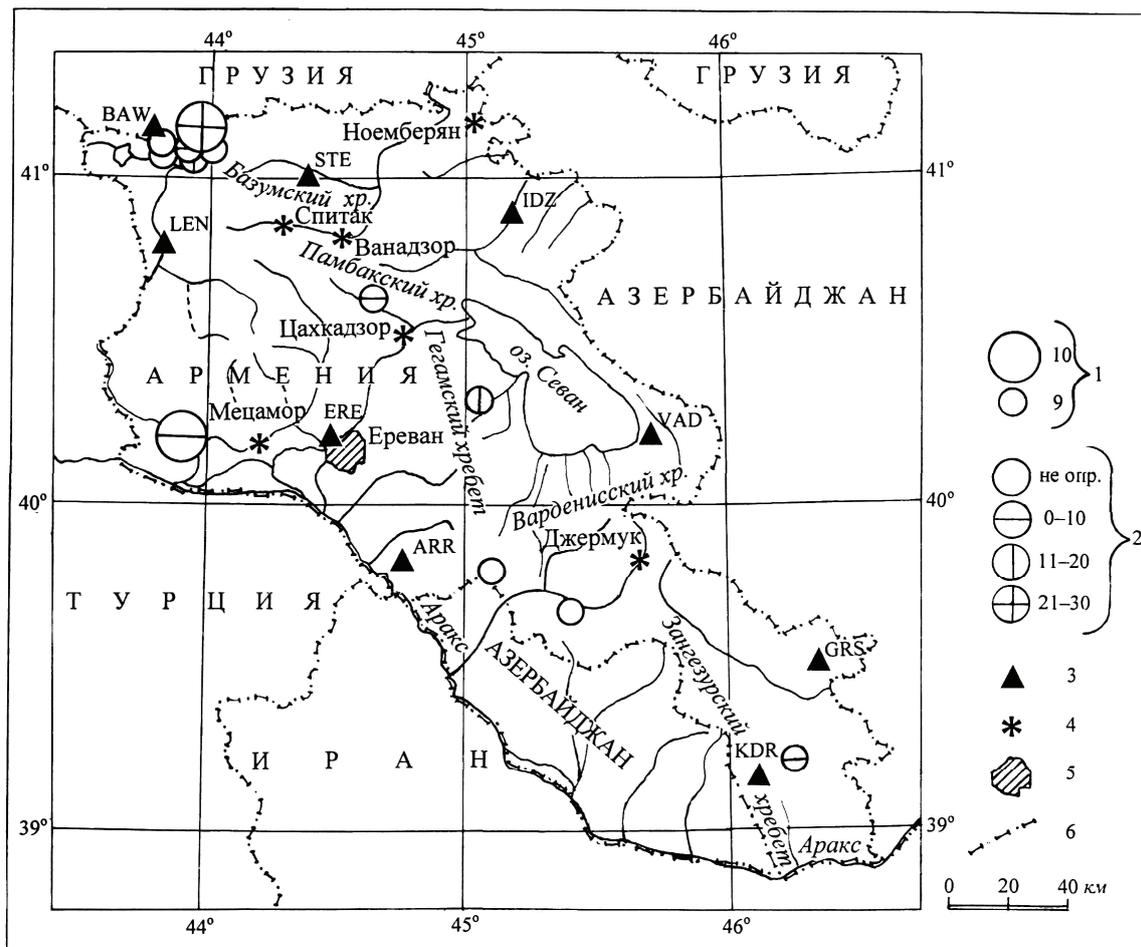


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$ на территории Армении в 2001 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4, 5 – населенный пункт и г. Ереван соответственно; 6 – государственная граница.

Максимальными в табл. 8 являются два толчка с $K_p \div 10$ (рис. 8). Первое из них зарегистрировано 29 апреля в 16^h35^m с $K_p=9.8$ на западе Армении вблизи г. Мецамор и явилось единственным, сведений о его ошутимости нет. Второе – 14 августа в 16^h30^m с $K_p=10.1$ на севере с эпицентром в 15 км от с. Бавра [14], где вызвало сотрясения с $I=4$ балла. Здесь же видны эпицентры землетрясений с $K_p \div 9$, произошедшие ранее (31 марта в 04^h03^m с $K_p=8.7$, 23 апреля в 08^h38^m с $K_p=8.6$) и позже (30 августа в 10^h20^m с $K_p=8.7$ и 21 ноября два толчка, в 10^h05^m и 17^h30^m с $K_p=9.3$ и 9.0 соответственно) [14]. Еще пять землетрясений 9-го класса локализованы примерно по осевой линии территории республики, составившие, тем не менее, две расходящиеся цепочки землетрясений. Первая по времени реализовалась в юго-восточном направлении, от станции «Арагат» (23 января в 09^h30^m с $K_p=9.5$) к северным отрогам Зангезурского хребта (28 января в 08^h00^m с $K_p=9.3$) и завершилась в его середине событием 26 февраля в 17^h45^m с $K_p=8.7$. Вторая ветвь проявилась в северо-западном направлении, от Гегамского хребта (20 марта в 19^h57^m с $K_p=8.7$) к Памбакскому (25 мая в 12^h50^m с $K_p=9.5$).

Л и т е р а т у р а

1. Саргсян Г.В., Мхитарян К.А. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 70–75.
2. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р., Аракелян А.Р. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 24–29.

3. Аракелян А.Р., Саргсян Г.В., Маргарян С.С., Гаспарян В.Р., Асатрян Л.С. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ГС РАН, 2002. – С. 28–31.
4. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 47–51.
5. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р., Мкртчян А.Т. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. – С. 51–55.
6. Саргсян Г.В., Мкртчян А.Т., Мхитарян К.А. Армения // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 65–73.
7. Саргсян Г.В., Гаспарян В.Р. Ноемберянское землетрясение 18 июля 1997 года с $K_p=11.6$, $I_0=7.5$ (Армения) // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 233–235.
8. Lee W.H.K., Lahr J.C. HYPO-71 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion patting of local earthquakes // USGS Survey open-file report. – 1975, June. – P. 75–311.
9. Левицкая А.Я., Лебедева Т.М. Годографы сейсмических волн на Кавказе // Квартальный сейсмологический бюллетень. – Тбилиси: Мецниереба, 1953. – 2. – № 1/4. – С. 51–60.
10. Шебалин Н.В. Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый Каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 20–31.
11. Раугиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР, № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
12. Соловьёва О.Н., Агаларова Э.Б., Алимамедова В.П., Гасанов А.Г., Геодакян Э.Г., Гюль Э.К., Дарахвелидзе Л.К., Петросян М.Д., Фабрициус З.Э., Хромецкая Е.А. Калибровочные функции для определения магнитуды кавказских землетрясений по короткопериодной волне P на малых эпицентральных расстояниях // Интерпретация сейсмических наблюдений. – М.: МГК АН СССР, 1983. – С. 65–72.
13. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Паносян Э.А., Мазманян Л.В., Мхитарян К.А., Саргсян Л.С. Каталог (оригинал) землетрясений Армении за 2001 г. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 10.05.2006. – 7 с.
14. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Паносян Э.А., Мазманян Л.В., Мхитарян К.А., Саргсян Л.С. Армения. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
15. Геодакян Э.Г., Голинский Г.Л., Папалашвили В.Г., Хромецкая Е.А., Шебалин Н.В. Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г., карты изосейст // Землетрясения в СССР в 1988 году. – М.: Наука, 1991. – С. 74–86.
16. Чепкунас Л.С. (сост.). Армения. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
17. Папалашвили В.Г., Баграмян А.Х., Гоцадзе О.Д. Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1978 г. – М.: Наука, 1982. – С. 11–19.