

## АРМЕНИЯ

Г.В. Саргсян, К.А. Мхитарян, Л.С. Саргсян, Г.Р. Абгарян

Агентство Национальной службы сейсмической защиты  
Республики Армения, г. Ереван, [heghinesar@mail.ru](mailto:heghinesar@mail.ru)

В 2004 г. сеть сейсмологических наблюдений на территории Республики Армения, по сравнению с таковой в [1, 2], не изменилась и состояла из 8 аналоговых и 28 телеметрических станций. Положение станций и обеспечиваемая ими энергетическая представительность землетрясений показаны на рис. 1.

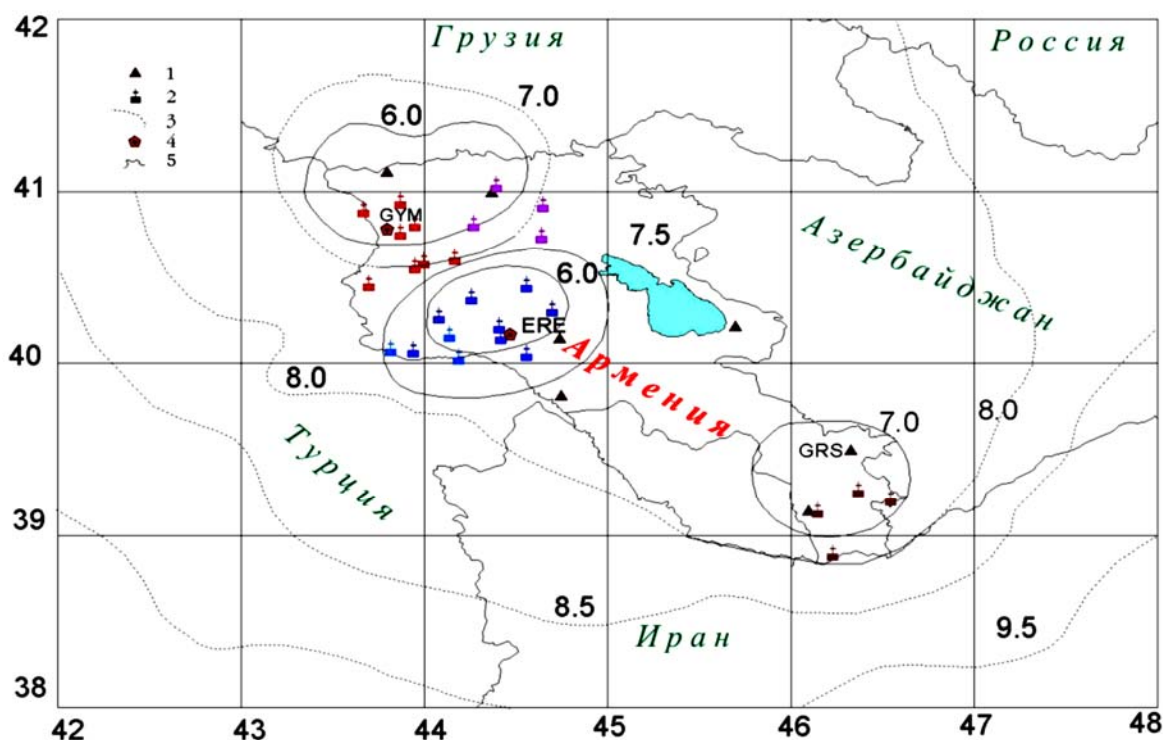


Рис. 1. Схема региональных и телеметрических станций по [1] и для этой сети изолинии  $K_{\min}$  на территории Армении и соседних государств в 2004 г.

1, 2 – региональная и телеметрическая сейсмическая станция соответственно; 3 – изолиния  $K_{\min}$ ; 4 – центр сбора и обработки данных; 5 – государственная граница.

Как видно из рис. 1, уровень представительной регистрации землетрясений, рассчитанный минимум по трем станциям, для всей территории Армении соответствует  $K_{3\min}=8$ . На карте отмечены два центра обработки сейсмологической информации в гг. Ереване и Гюмри, оперативно собирающие данные из наблюдательных пунктов.

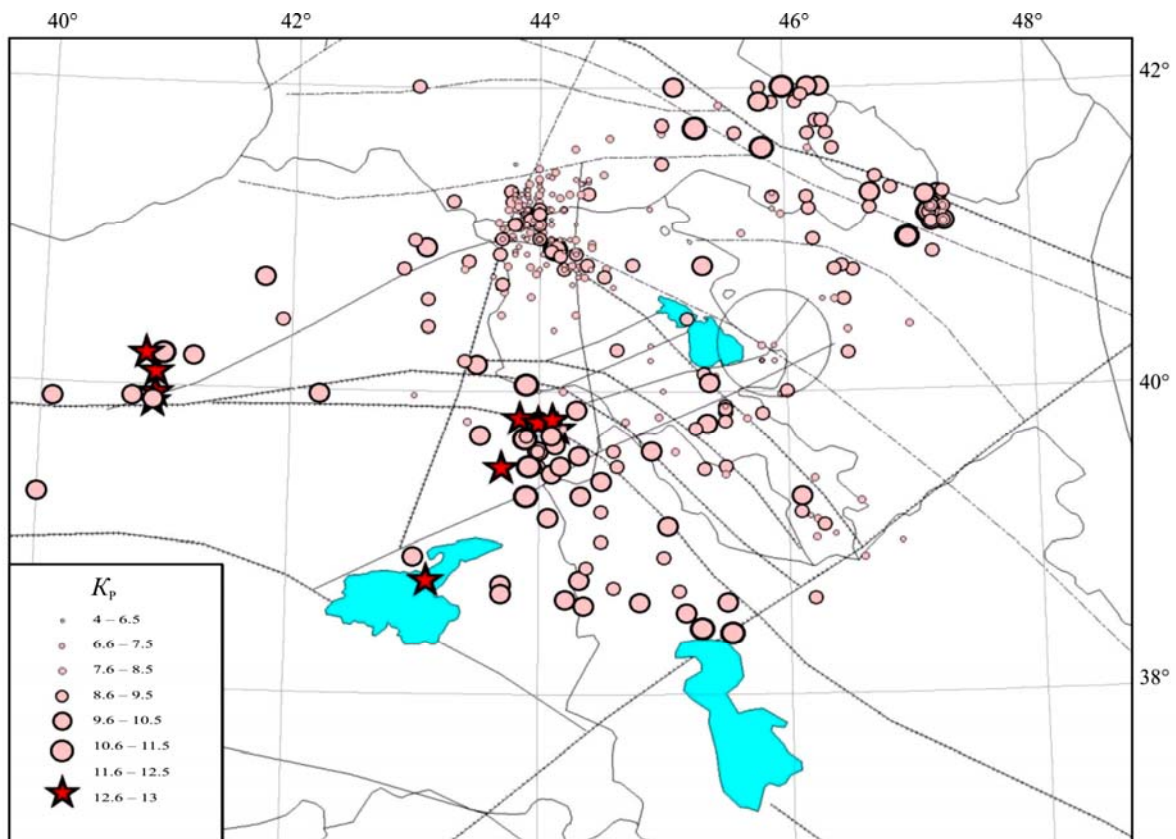
Методы определения основных параметров землетрясений [3–6] не изменились. Использовались данные региональной и телеметрической сетей НССЗ РА, а для более сильных землетрясений – сведения Геофизической службы РАН, региональной сети Грузии, Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США (NEIC), Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра (CSEM).

В Тбилиси 11–16 декабря 2005 г. состоялся международный семинар «ГИС картография в интеграции исследований сейсмической опасности в регионе Южного Кавказа», главная задача которого состояла в уточнении каталога землетрясений Кавказа с  $K_p \geq 9.0$  за 2004 г. при помощи

стыковки сейсмологического материала Азербайджана, Армении, Грузии, Северного Кавказа и Турции. На нем была реализована сверка данных каталогов для получения единого каталога сильных землетрясений Кавказского региона за 2004 г. В результате удалось восстановить и повысить точность значений основных параметров землетрясений в приграничных районах.

Но, к сожалению, в самой Армении имеется большое число землетрясений с  $K_p < 7.8$ , зарегистрированных на сейсмических станциях «Варденис» и «Степанаван» в радиусе до 200 км, которые не локализованы из-за отсутствия данных с востока и северо-востока. Поэтому при изучении сейсмического режима для Кавказа в целом необходимо учитывать подобные детали, которые иногда принимаются за сейсмические затишья.

Обработка сейсмологического материала проводилась машинным способом по программе НУРО-71 [6] для ближней зоны и ручным – методом засечек и изохор. Общее число зарегистрированных землетрясений сетью сейсмических наблюдений НССЗ РА в 2004 г. в пределах координат  $\varphi=38-43^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=40-49^\circ\text{E}$  превысило  $N_\Sigma=900$ , из которых локализованы 566 [7]. Карта их эпицентров изображена на рис. 2.



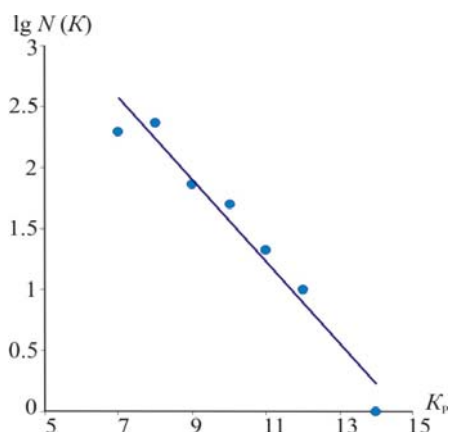
**Рис. 2.** Карта эпицентров землетрясений для территории Республики Армения и прилегающих государств за 2004 г. по данным каталога [7]

Разломы даны по тектонической карте А.А. Габриеляна [8]; на карте кругом отмечена область слабых землетрясений вокруг сейсмической станции «Варденис», которые не вошли в каталог [7].

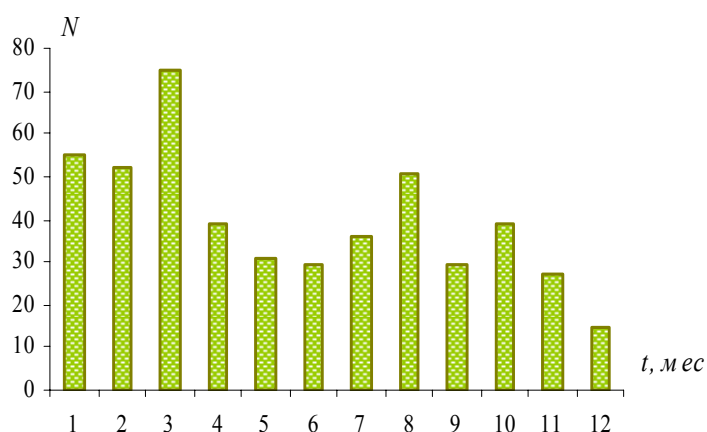
Угловым коэффициентом наклона графика повторяемости  $\gamma = -0.46$  (рис. 3) соответствует нормальному значению ( $\gamma=0.5$ ) для территории Армении и сопредельных государств при предельной регистрации землетрясений  $K_{\min}=8.0$ :

$$\lg N = -4.9 + 0.456 K_p.$$

Дальнейший анализ годовой сейсмичности проведен на основе каталога [9], помещенного в наст. сб. Он содержит 478 землетрясений с эпицентрами непосредственно на территории Армении и вблизи ее границ в пределах стран СНГ в полосе шириной 30 км, а также все землетрясения, локализованные НССЗ РА на территории Турции и Ирана. Гистограмма их распределения по месяцам дана на рис. 4.



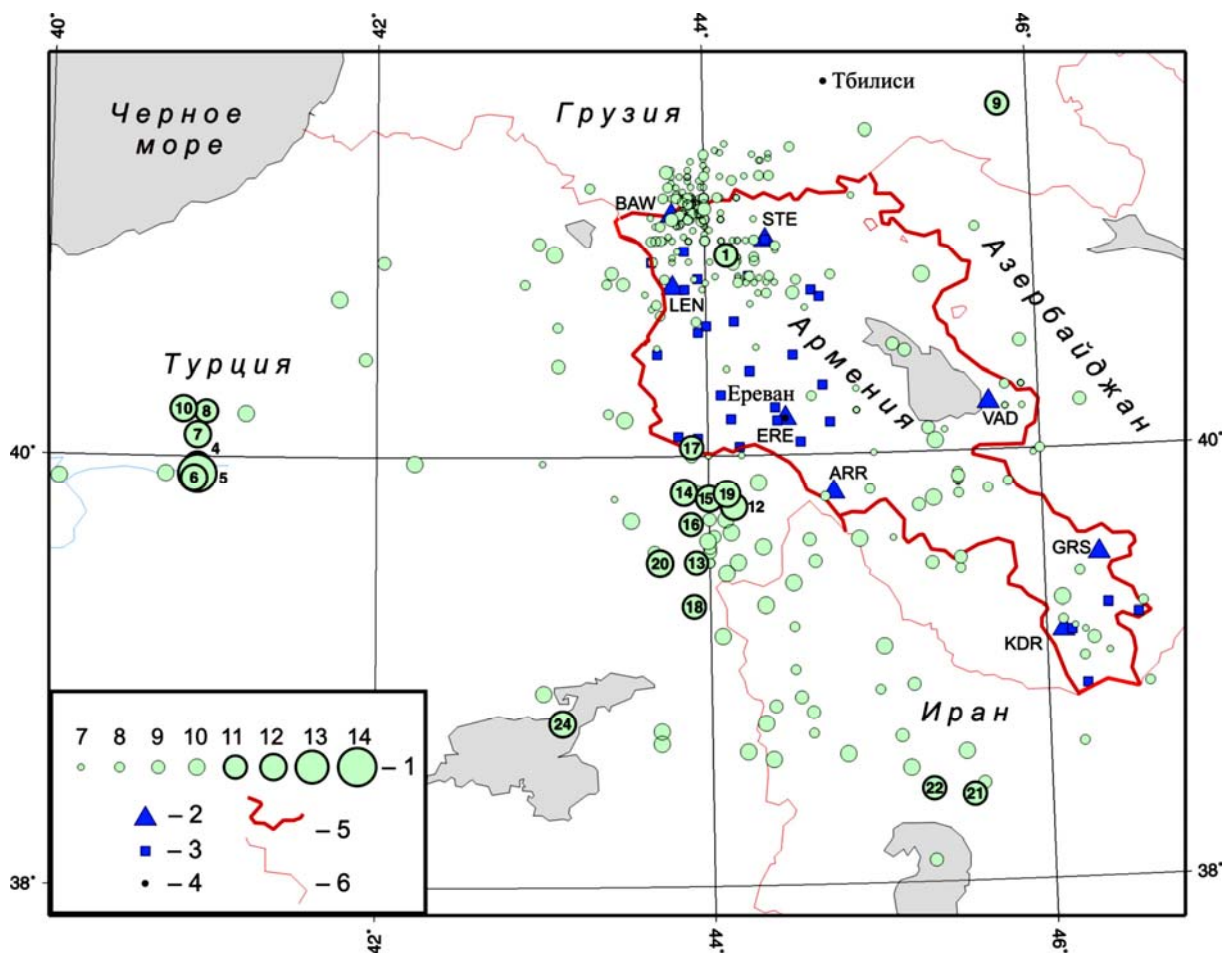
**Рис. 3.** График повторяемости землетрясений для территории Республики Армения и прилегающих государств за 2004 г.



**Рис. 4.** Ежемесячные числа землетрясений за 2004 г.

Как видим, наибольшее число ( $N=75$ ) землетрясений отмечено в марте, наименьшее ( $N=15$ ) – в декабре.

Карта эпицентров землетрясений Республики Армения и прилегающих территорий сопредельных государств, построенная на основе каталога [9], показана на рис. 5.



**Рис. 5.** Карта эпицентров землетрясений Армении за 2004 г. по данным каталога [9]

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 [9].

Распределение землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  приведено в табл. 1.

**Таблица 1.** Распределение землетрясений Армении и соседних государств по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия в 2004 г.

Год	$K_p$									$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^{12} \text{ Дж}$	
	4–6	7	8	9	10	11	12	13	14			
2004	104	182	88	42	38	13	10			1	478	111.17

Величина суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$ , выделившаяся в очагах землетрясений исследуемой территории в 2004 г., составила  $\Sigma E=111.17 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ , что почти в 1.5 раза больше таковой ( $\Sigma E=77.93 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ ) в 2003 г. (табл. 2). Сравнение со средними показателями за 1996–2003 гг. (табл. 2) свидетельствует о некотором превышении числа землетрясений с  $K_p=6, 7$  и 12 относительно средних показателей за восемь лет (1996–2003 гг.). Это вызвало превышение в целом суммарного числа землетрясений.

**Таблица 2.** Числа землетрясений разных классов и суммарная сейсмическая энергия на территории Армении и прилегающих к ней районов за 1993–2004 гг.

Годы	$K_p$										$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^{12} \text{ Дж}$
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1993*					69	16	7	5			97	5.929
1994*					78	31	6	4			119	4.638
1995*		60	110	83	70	29	14	2			368	3.776
1996	3	70	215	142	71	40	11	4	1		558	7.736
1997	2	112	242	122	76	34	15	9			612	11.499
1998	4	65	135	88	79	32	23	6			431	18.287
1999	16	148	225	178	105	35	6	5	2		720	26.073
2000	7	77	106	66	50	32	8	4	1		354	15.618
2001	10	49	107	77	57	20	10	6	1		337	17.267
2002		36	96	69	46	31	11	2			291	2.57
2003	4	42	105	80	63	22	16	2	4	1	339	77.93
Сумма	46	599	1231	822	547	246	100	38	9	1	3642	176.98
Среднее	5.75	74.87	153.87	102.75	68.37	30.75	12.5	4.75	1.12	0.12	455.25	22.122
2004	4	100	182	88	42	38	13	10		1	478	111.17

Примечание. Таблица за 1993–2003 гг. взята из [2]; знаком \* отмечены годы, данные которых не использованы в оценке средних из-за отсутствия (1992–1993 гг.) или неполноты (1995 г.) сведений о слабых ( $K_p \leq 9$ ) землетрясениях.

Еще заметнее (в пять раз) увеличение суммарной энергии в 2004 г. относительно среднего ее значения ( $\Sigma E_{\text{ср}}=22.12 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ ). Такое превышение в суммарной сейсмической энергии связано с землетрясением 14-го класса на территории Турции (рис. 2, 4), произошедшим 28 марта в 03<sup>h</sup>51<sup>m</sup> [9] с  $M_s=5.3$ ,  $M_w=5.6$  [10]. Это землетрясение явилось максимальным за год, а минимальное землетрясение с  $K_p=4.0$ , включенное в каталог [9], зарегистрировано 7 марта в 16<sup>h</sup>34<sup>m</sup> на территории Армении.

Согласно макросейсмическим данным NEIC [10], при землетрясении 28 марта были ранены 12 человек, разрушено более 50 зданий и погибло много рогатого скота. Землетрясение предварялось форшоками и имело афтершоки (табл. 3).

Имеются решения механизма очага для главного толчка, форшока 25 марта и афтершока 1 апреля [11], приведенные в табл. 4.

Решения механизмов очагов, представленные на рис. 6 по данным трех агентств (HRVD, NEIC, ZUR), свидетельствуют о значительной однородности системы напряжений в очаговой зоне. Все они возникли при близких значениях напряжений сжатия и растяжения. В результате подвижки во всех случаях типа сдвиг, с компонентами сброса в решении NEIC для главного толчка, в решениях NEIC и ZUR – для форшока и в решении ZUR – для афтершока. Все плос-

кости – крутые ( $DP=72-88^\circ$ ). Плоскость  $NP1$  в очаге главного толчка меридиональна, плоскость  $NP2$  – близширотна. Для форшока нодальные плоскости как бы поменялись местами. Механизм очага афтершока, по данным агентства ZUR, характеризуется параметрами, очень близкими к таковым для форшока (табл. 4).

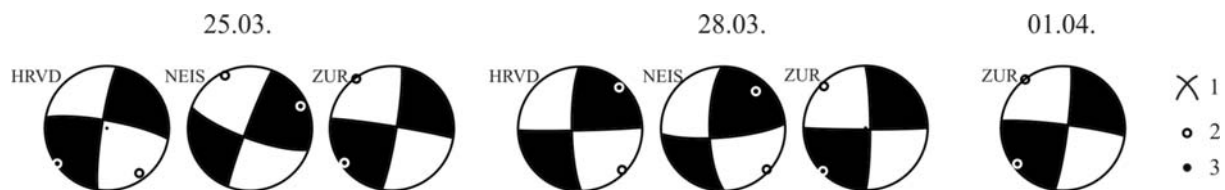


Рис. 6. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 25 марта в 19<sup>h</sup>30<sup>m</sup>, 28 марта в 03<sup>h</sup>51<sup>m</sup> и 1 апреля в 08<sup>h</sup>35<sup>m</sup> по данным HRVD, NEIC и ZUR

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

Таблица 3. Основные параметры форшоков и афтершоков землетрясения 28 марта 2004 г. с  $K_p=14.0$ ,  $M_s=5.3$ ,  $M_w=5.6$

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	Магнитуда				$K_p$
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		$MLH$	$MPVA$	$Md$	$M_s$ [10]	
Форшоки										
1	23.03	10 10 04.0	39.90	40.90						9.8
2	25.03	19 30 51.8	39.96	40.92	30	5.4	4.9	5.2	5.4	12.5
Основной толчок										
	<b>28.03</b>	<b>03 51 09.2</b>	<b>39.92</b>	<b>40.92</b>	<b>10</b>		<b>5.2</b>	<b>5.2</b>	<b>5.3</b>	<b>14.0</b>
Афтершоки										
	28.03	03 53 19.0	39.90	40.90			4.0			11.7
	30.03	04 42 23.0	39.90	40.90			3.5		3.7	12.0
	01.04	08 35 22.7	40.10	40.92	10		4.2		4.2	12.0
	01.04	17 31 58.6	39.92	40.73	10			3.7		9.8

Таблица 4. Параметры механизма очагов землетрясений в марте-апреле 2004 г.

Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды		$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
			$M_w$	$M_s$		T		N		P		NP1			NP2			
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
25.03	19 30 51.8	16	5.6	5.4	12.5	2	234	77	335	12	144	280	80	-173	188	83	-10	HRVD
		10	5.6			11	66	77	217	6	335	110	77	176	201	86	13	NEIC
		18	5.7			6	234	84	72	2	324	279	87	174	9	84	3	ZUR
28.03	03 51 09.2	19	5.6	5.3	14.0	9	43	78	259	7	134	179	79	2	89	88	169	HRVD
		5	5.5			21	41	68	235	5	133	179	72	12	85	79	161	NEIC
		21	5.4			3	225	83	108	6	315	90	88	-174	360	84	-2	ZUR
01.04	08 35 22.7	15	4.9		12.0	8	232	82	59	1	322	277	85	174	8	84	5	ZUR

После разрушительного Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. [5] наблюдалось увеличение суммарной сейсмической энергии по всему Кавказу, но в 2000–2002 гг. произошел ее спад. С 2003 г. вновь наблюдается повышение уровня суммарной сейсмической энергии, которое связано с сейсмической активизацией Анатолийского разлома на территории Турции [1]. Глубины залегания очагов землетрясений находятся в пределах  $h=3-30$  км при  $\delta h=\pm 5$  км [3, 4]. После Спитакского землетрясения наблюдается также заглубление очагов землетрясений до 30 км на северо-западе Республики Армения близ с. Бавра у Арпаличского водохранилища.

Сейсмический фон по всей территории находился в пределах нормы, кроме северо-восточной части Республики Армения. Наиболее сейсмически активна область Арпаличского водохранилища на северо-западе Республики Армения (рис. 2), приграничная с Джавахетским

нагорьем. На территории Республики Армения в 2004 г. ощутимыми были землетрясения, произошедшие в июле на территории Турции, сопредельной с Арменией в области г. Игдыр [9]. Самое сильное из них описано в отдельной статье [12] наст. сб.

В Спитакской очаговой зоне 16 января в 11<sup>h</sup>21<sup>m</sup> произошло землетрясение с  $K_p=10.9$ ,  $M_d=3.6$  на глубине  $h=10$  км. Интенсивность в эпицентре составила 5 баллов. С такой же интенсивностью оно ощущалось в г. Спитак (10 км). На расстоянии 25 км, в Степанаване и Гюмри, оно вызвало колебания с  $I=4-5$  баллов [9].

Другое ощутимое землетрясение произошло у подножья горы Арагац 17 января в 21<sup>h</sup>09<sup>m</sup> на глубине  $h=10$  км. Несмотря на малую энергию ( $E=10^8$  Дж) и интенсивность сотрясений ( $I=3$  балла), это землетрясение вызвало большую панику среди населения г. Артик, расположенного на расстоянии  $\Delta=10$  км. Землетрясение сопровождалось гулом, и, т.к. оно произошло ночью, большинство людей города проснулись и переночевали в эту зимнюю пору на улицах.

Наиболее активна в 2004 г. зона Северо-Анатолийского разлома, где скрещиваются несколько разломов. Эта зона относится к Эрзиджан-Бингельскому району, который известен разрушительными землетрясениями в прошлом и в настоящем. Землетрясения 25 марта в 19<sup>h</sup>30<sup>m</sup> с  $M_s=5.4$ , 28 марта в 03<sup>h</sup>51<sup>m</sup> с  $M_s=5.3$  [9] на территории Турции вызвали разрушения в районе Эрзика, имеются жертвы [10]. Сейсмически активна зона, протягивающаяся от оз. Ван к оз. Урмия.

Территория Республики Армения оконтурена сильными землетрясениями с севера (землетрясениями Кавказского хребта и Джавахетского нагорья), с востока – Шемахинской очаговой зоной, с запада и с юга – турецко-иранскими землетрясениями. На территории республики сейсмически активна область в районе сейсмической станции «Варденис» с радиусом 40 км, расположенной в приграничной зоне с Республикой Азербайджан. Высокий сейсмический фон связан, по-видимому, с разработкой месторождения Зод.

#### Л и т е р а т у р а

1. Саргсян Г.В., Мхитарян К.А., Саргсян Л.С. Армения // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН. 2008. – С. 87–93.
2. Саргсян Г.В., Саргсян Л.С., Абгарян Г.Р., Мхитарян К.А. Армения // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 67–72.
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. Папалашвили В.Г. (по региону), Агаларова Э.Б. (АзССР), Кахиани Л.А. (ГССР), Саргсян Г.В. (АрмССР), Габсатарова И.П. (ОМЭ ИФЗ АН СССР), Мусалаева З.А. (ОМП ГИ Дагфил. АН СССР). Кавказ // Землетрясения в СССР в 1988 году. – М.: Наука, 1991. – С. 236–247.
5. Гедакян 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.
6. 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.
7. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Саргсян Л.С., Абгарян Г.Р. Каталог (оригинал) землетрясений Армении за 2004 г. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 12.09.2008. – 14 с.
8. Габриелян А.А., Саргсян О.А., Симонян Г.П. Сейсмоструктура Армянской ССР (с приложениями: Сейсмоструктурная карта Кавказа. Составитель: Габриелян А.А.). – Ереван: Ереванский гос. университет, 1981. – 283 с.
9. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Саргсян Л.С., Абгарян Г.Р. Каталог землетрясений Армении за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. Bulletin of the International Seismological Centre for 2004. – Berkshire: ISC, 2006–2007.
11. Чепкунас Л.С., Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Армении за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С., Мазманян Л.В. Игдыр-Догубаязитское землетрясение 1 июля 2004 г. с  $M_s=4.8$ ,  $I_0=6-7$  (Турция–Армения). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).