

АРМЕНИЯ

Г.В. Саргсян, Г.Р. Абгарян, Э.А. Мугнецян, А.А. Геворгян

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

Аннотация. Проведен анализ землетрясений территории Армении и сопредельных районов. В пределах республики наибольший уровень сейсмической активности зафиксирован на севере, в очаговой зоне Спитакского землетрясения 1988 г., и продолжается в сторону оз. Севан. Описаны ощутимые землетрясения на территории Армении. Наблюдается заметное повышение плотности эпицентров вблизи Еревана и на северо-западном побережье оз. Севан. Активны очаги турецких землетрясений, весь кавказский хребет и слабые землетрясения в центральной части республики Армения. Продолжаются афтершоки Ванского разрушительного землетрясения 2011 г. В пределах каталога Армении рассчитаны механизмы очагов 13 землетрясений. Из полученных фокальных механизмов наблюдаются следующие типы движений: сброс, взброс, взбросо-сдвиг, сбросо-сдвиг.

Abstract. The analysis of earthquakes of the territory of Armenia and its areas is carried out. The highest level of seismic activity within the republic was recorded in the north, in the focal zone of the Spitak earthquake in 1988 and continues towards the lake Sevan. Significant earthquakes in Armenia are described. There is a noticeable increase in the density of epicenters near Yerevan and on the northwestern coast of the lake Sevan. The centers of the Turkish earthquakes, the whole Caucasian range are active and there are weak earthquakes in the central part of the Republic of Armenia. The aftershocks of the Van destructive earthquake in 2011 are continuing. The mechanisms of foci of 13 earthquakes within the catalog of Armenia are calculated. From the obtained focal mechanisms, the following types of motions are observed: normal fault, reverse fault, oblique-slip fault, reverse oblique-slip fault.

В 2012 г. сеть сейсмологических наблюдений на территории Республики Армения, по сравнению с таковой в 2011 г. [1], несколько изменилась. Со стороны французских коллег в «Степанаване», на севере республики, и в «Капане» – на юге установили велосиграфы с одной составляющей. После обмена информацией в двух центрах – «Ереван» и «Гюмри» – составляются сводные сейсмологические бюллетени, а затем каталог землетрясений Кавказа. Отметим, что в 2012 г. сеть сейсмологических наблюдений работала с перебоями, особенно на юге республики и в Нагорном Карабахе. Положение всех станций и обеспечиваемая ими энергетическая представительность K_{\min} землетрясений прежняя. Уровень представительной регистрации землетрясений в 2012 г. равен для всей территории Армении и за ее пределами $K_{3\min}=8.0$.

Методы определения основных параметров землетрясений те же, что и в [1]. Для всех землетрясений использовались данные аналоговой и телеметрической сетей НССЗ РА. Для более сильных событий привлекались сведения Геофизической службы РАН (MOS), региональной сети Грузии (TIF), Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США (NEIC), Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра (CSEM), национальной сети Университета Тегерана (PEES, Иран) и Кандилийской обсерватории научно-исследовательского института по изучению землетрясений (KOERI) в Турции. При локации землетрясений юга республики Армения совместно с данными армянской сети использовались данные национальной сети Ирана. Обработка землетрясений в основном проводилась машинным способом по программе НУРО-71 [2] для ближней зоны и применяя метод засечек и изохор по технологии GIS.

Общее число зарегистрированных землетрясений сетью сейсмологических наблюдений НССЗ РА в 2012 г. около $N_{\Sigma}=2171$, из них 20% – неклассные землетрясения, а в пределах координат $\varphi=38.00-41.58^{\circ}\text{N}$, $\lambda=43.00-47.50^{\circ}\text{E}$ – $N_{\Sigma}=2164$ [3]. Как и ранее [1], в *ред.* в каталог добавлены несколько граф с разными магнитудами: (M_S (MOS), M_{PSP} (MOS) из [4], M_s (ISC), m_b (ISC), M_d (DDA) – из [5]) и графа источников других решений параметров конкретного землетрясения как в международных сводках [4, 5], так и в каталогах соседних государств СНГ [6, 7]. Распределение землетрясений по классам дано в табл. 1 в сопоставлении с аналогичными данными за весь период выпуска ежегодников «Землетрясения Северной Евразии». Таблица 1 была составлена из аналогичной таблицы за 2010 г. в [1] с добавлением нижней строки с данными за 2012 г. из [3].

Таблица 1. Распределение числа землетрясений Армении и сопредельных государств по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE за 1993–2012 гг.

Год	K_p																	N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{12} Дж$
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
1993					8	61	16	7	5								97	4.218	
1994					13	65	31	6	4								119	4.482	
1995			1	108	78	65	20	11	2								285	2.750	
1996	1	3	70	215	142	71	40	11	5	1							559	9.719	
1997		2	112	242	122	76	34	15	10								613	12.500	
1998		4	65	125	88	84	33	25	6								430	8.632	
1999	2	13	149	225	178	104	35	6	5	2							719	13.870	
2000		7	77	108	66	49	33	8	4	1							353	8.250	
2001	1	9	49	105	77	55	21	9	6	1							333	20.231	
2002			38	94	69	46	31	11									289	2.576	
2003	1	3	42	106	80	63	22	16	2	3	1						339	70.018	
2004	1	3	100	182	87	42	38	13	10		1						477	111.177	
2005		2	53	133	91	60	38	29	7	6							419	96.237	
2006		4	91	317	190	199	158	17	2	1							979	10.933	
2007		7	123	467	341	482	140	36	13	4	0						1613	39.764	
2008				1274	208	119	52	6	2	1							1662	12.37	
2009			15	47	123	138	50	14	7								394	9.0	
2010			61	79	171	133	43	10									497	1.55	
2011	6	10	73	115	213	220	92	32	54	10	4				1		829	20077.6	
Сумма	12	67	1119	3942	2345	2132	927	282	144	30	6	0	0	1			11006	20515.877	
Среднее	0.63	3.53	58.89	207.47	123.42	112.21	48.79	14.84	7.58	1.58	0.31			0.05			579.26	1079.78	
2012	12	17	75	137	582	979	242	90	28	9	1	2					2171	5050	

Каталог включает землетрясения с эпицентрами непосредственно в Армении и на сопредельных территориях с Азербайджаном, Грузией, а также землетрясения в Турции и Иране. На рис. 1 представлена карта эпицентров землетрясений на территории Армении и сопредельных государств за 2012 г. Количество слабых событий на юге республики мало из-за неклассных землетрясений.

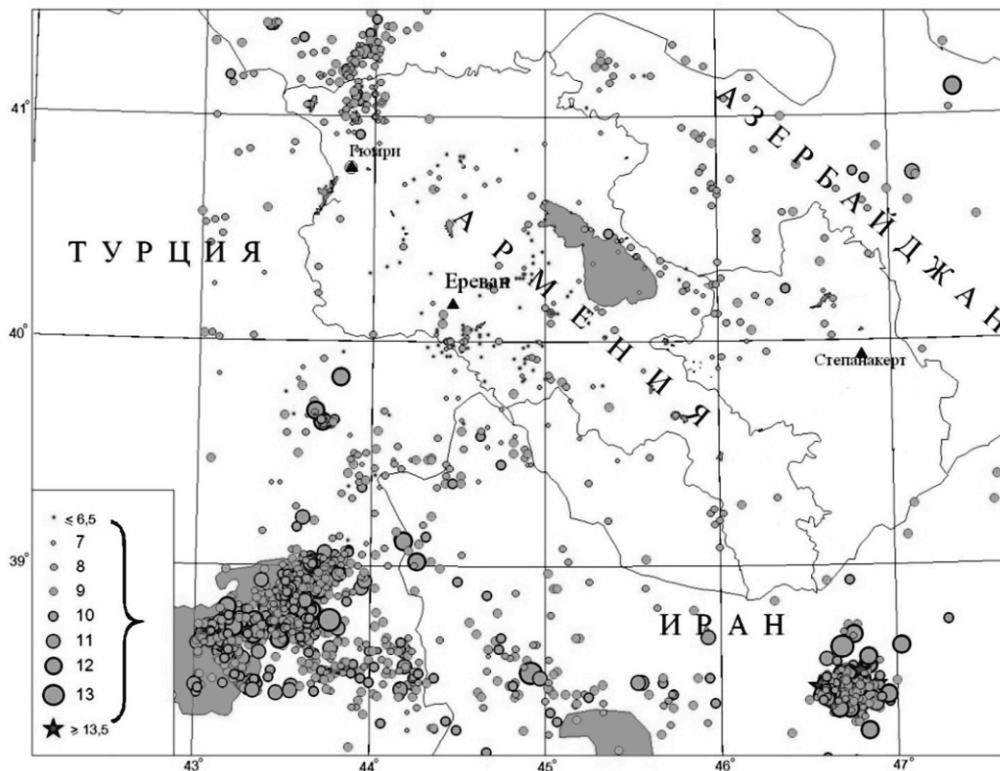


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений территории Армении и сопредельных государств за 2012 г.

Как видно из карты эпицентров, территория Армении окружена высокосейсмичными зонами Турции на западе, Ирана – на юге, Джавахетии Грузии – на севере. Как и по данным результатов наблюдений предыдущих лет, сейсмически активна северо-западная часть очаговой зоны Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. с $M=6.8$ [8, 9].

Из ежемесячного распределения землетрясений за 2012 г. на рис. 2 следует, что в августе наблюдается завышение количества землетрясений из-за многочисленных афтершоков дуплета Ахаринских землетрясений 11 августа в 12^{h23m} и в 12^{h34m} с $M_{WGCMТ}=6.2$ и $M_{WGCMТ}=6.0$, соответственно, в Северо-Западном Иране, описанных в отдельной статье [10] настоящего ежегодника.

В основном глубины очагов землетрясений колеблются от 5 до 30 км (рис. 3).

В основном глубины очагов землетрясений колеблются от 5 до 30 км (рис. 3).

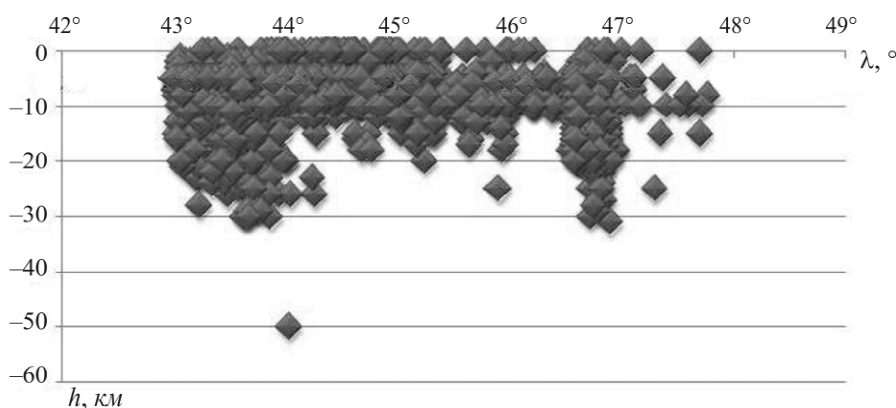


Рис. 3. Проекция глубины очагов землетрясений h на восточную долготу λ°

На рис. 4 представлен график повторяемости землетрясений территории Армении и сопредельных государств за 2012 г. Коэффициент наклона графика повторяемости равен $\gamma=-0.41$, что незначительно ниже нормального значения для территории Армении и сопредельных государств.

$$\lg N = 6.52 - 0.41 K_p$$

На основе данных табл. 1 за долгосрочный период времени коэффициент графика повторяемости по всему Кавказу за 1993–2012 гг. равен 0.40.

Как видим, в основном скопление эпицентров землетрясений наблюдается в очаговой зоне Спитакского землетрясения 08.12.1988 г. и продолжается в сторону оз. Севан. Заметно повышение плотности эпицентров вблизи Еревана и на северо-западном побережье оз. Севан (рис. 1). Активны очаги турецких землетрясений, весь кавказский хребет и слабые землетрясения в центральной части Республики Армения.

Продолжаются афтершоки Ванского разрушительного землетрясения 23.10.2011 г. с $M=7.3$ [11]. Сильные Ахаринские землетрясения в Иране 11 августа 2012 г. в 12^{h23m} и в 12^{h34m} с большой серией афтершоков привели к повышению сейсмического фона в Турецко-Иранской зоне [10].

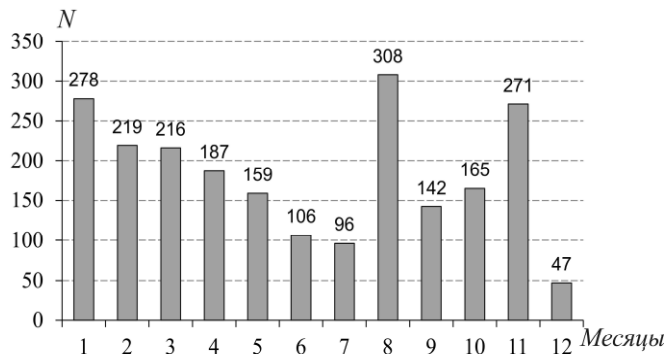


Рис. 2. Ежемесячное распределение числа землетрясений за 2012 г.

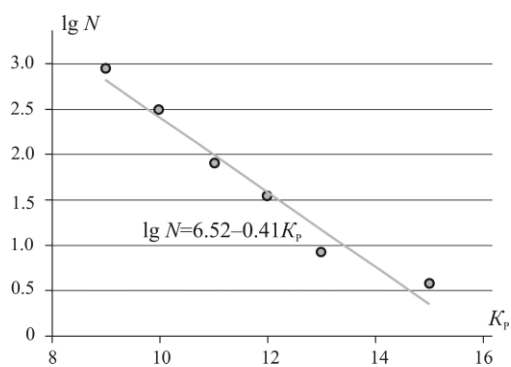


Рис. 4. График повторяемости землетрясений территории Армении и сопредельных государств за 2012 г.

В первом квартале имеются ощутимые землетрясения на севере республики со слабыми воздействиями. Наиболее сильное землетрясение, вызвавшее панику среди населения, произошло 5 марта в 11^h12^m в районе села Бавра. В эпицентре землетрясение ощущалось с интенсивностью $I_0=5$ баллов; в Бавре (3 км) – 4–5 баллов; в Ашоцке (5 км), Степанаване (45 км) – 4 балла; в Гюмри (35 км) – до 3-х баллов. Интенсивность сотрясений ощутимых землетрясений на территории Армении и сопредельных государств оценивалась по шкале MSK-64 [12].

В пределах исследуемой территории А.А. Геворгян рассчитаны механизмы очагов 13 землетрясений [13], приведенных в табл. 2.

Таблица 2. Параметры механизмов очагов 13 землетрясений во внешних относительно Армении зонах из [13]

№	Дата, д м г	t_0 , ч мин с	K_p расч.	M_l	Координаты очага			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
					φ°, N	λ°, E	h , км	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
1	22.01	11 25 22.1	11.0	3.9	38.62	44.20	7	1	133	21	43	69	225	24	49	-118	243	48	-61	NSSP
2	08.02	12 28 55.8	11.0	3.9	38.55	44.20	5	70	273	22	80	5	170	62	53	66	279	44	118	-"-
3	11.03	16 36 10.8	10.5	3.6	38.47	44.25	5	0	47	15	316	75	136	302	47	-111	152	47	-69	-"-
4	11.03	18 28 17.1	11.4	4.1	38.45	44.18	6	11	233	51	336	37	135	281	56	-159	179	72	-36	-"-
5	31.03	10 38 15.3	11.2	4.0	38.90	43.95	7	7	16	78	256	10	107	242	87	-168	151	78	-3	-"-
6	13.04	00 04 47.9	11.7	4.3	39.02	44.27	10	6	150	3	60	83	306	58	51	-94	244	39	-85	-"-
7	28.07	11 51 53.5	10.5	3.6	39.58	44.63	10	7	260	4	350	82	112	345	38	-97	174	52	-85	-"-
8	11.08	12 23 14.0	15.5	6.4	38.42	46.88	10	48	134	39	340	13	239	290	47	30	178	68	132	-"-
9	11.08	12 34 34.9	15.2	6.2	38.47	46.88	10	68	194	21	351	8	83	336	56	65	195	41	122	-"-
10	19.08	19 27 23.2	11.4	4.1	39.69	43.68	5	4	122	14	31	76	227	19	50	-108	226	4	-70	-"-
11	19.08	23 08 23.4	11.7	4.3	39.69	43.68	5	7	122	16	30	73	235	18	54	-110	230	41	-65	-"-
12	30.09	05 14 53.0	10.3	3.5	40.23	46.40	10	69	1	12	238	17	144	64	63	103	216	30	65	-"-
13	07.11	06 26 33.4	14.1	5.6	38.53	46.79	10	71	129	17	334	7	242	313	40	63	167	55	111	-"-

Решения механизмов очагов землетрясений получены на основе знаков первых вступлений P -волн на станциях НССЗ РА и соседних государств. Расчеты проведены по программе FM (focal mechanism). Соответствующие диаграммы изображены на рис. 5.

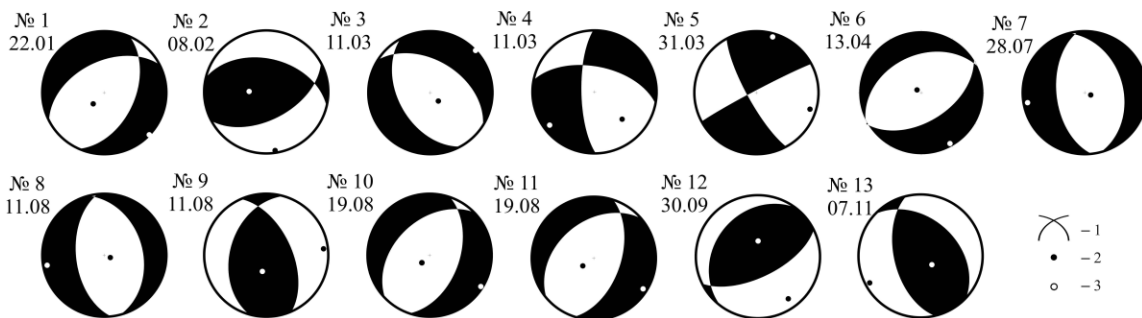


Рис. 5. Диаграммы механизмов очагов 13 землетрясений в проекции нижней полусферы

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

Как видим, почти половина (№№ 1–5) очагов являются афтершоками Ванского землетрясения 23.10.2011 г. с $M=7.3$ [11] на территории Турции, одно (№ 6) локализовано в приграничье с Ираном. В очагах пяти афтершоков (№ 1, № 3–6) произошло движение типа сброс и только в очаге № 2 – взброс (рис. 1, табл. 2). Два события (№№ 8, 9) являются Ахаринским дуплетом главных толчков в Северо-Западном Иране [14] и № 13 – их афтершок. В очагах главных Ахаринских толчков и афтершока реализовались подвижки типа взброс с заметными компонентами сдвига. Самостоятельными событиями, для которых определены механизмы очагов, являются землетрясения № 7 на севере Ирана у границ Нахичеванской автономной области со сбросовой

подвижкой и № 11, № 12 – на востоке Турции, в очагах которых возникли одинаковые сбросовые движения. Одно решение механизма характеризует очаг № 12 в Нагорном Карабахе со взбросом по крутой плоскости и надвигом – по пологой (рис. 1, табл. 2).

Л и т е р а т у р а

1. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мугнецян Э.А., Геворгян А.А. Армения // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 63–69.
2. 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.
3. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Айдосян Г.Г., Гонян А.А., Мугнецян Э.А. (сост.). Каталог землетрясений Армении за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
4. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2012 год [Электронный ресурс] / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2012–2013. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2012
5. International Seismological Centre, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
6. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С. (отв. сост.), Казымова С.Э., Расулова З.М., Керимова Р.Д., Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Е., Исламова Ш.К. (сост.). Каталог землетрясений Азербайджана с $K_r \geq 9.0$ в государственных границах +30 км за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
7. Габсатарова И.П., Амиров С.Р., Девяткина Л.В., Цирихова Г.В. (отв. сост.), Александрова Л.И., Артёмова Е.В., Багаева С.С., Гамидова А.М., Гричуха К.В., Головкова Л.В., Иванова Л.Е., Калугина И.Ю., Королецки Л.Н., Косая В.В., Лещук Н.М., Мусалаева З.А., Перевозникова Я.Н., Петросян Э.Н., Сагателова Е.Ю., Селиванова Е.А. (сост.). Каталог землетрясений и взрывов Северного Кавказа за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
8. Кондорская Н.В., Вандышева Н.В., Захарова А.И., Саргсян Г.В., Чепкунас Л.С. Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 г. Инструментальные данные // Землетрясения в СССР в 1988 году. М.: Наука, 1991. – С. 60–73.
9. 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.
10. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Мхитарян К.А. Проявления на территории Армении Ахарских землетрясений 11 августа 2012 г. в 12^h23^m с $M_{WGCMT}=6.5$ и в 12^h34^m с $M_{WGCMT}=6.3$, $I_0=8$ (Северо-Запад Ирана) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 370–376.
11. ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» [Сайт]. – Информационное сообщение о разрушительном землетрясении в Турции, 23 октября 2011 года. – URL: http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/info_quake.pl
12. MSK-64-Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с
13. Геворгян А.А. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Армении за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
14. ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» [Сайт]. – Информационное сообщение о сильных землетрясениях в Северо-Западном Иране 11 августа 2012 года. – URL: http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/info_quake.pl