

**ГАРНИЙСКОЕ-II ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 18 июня 2009 г.**

**с  $K_p^P=10.8$ ,  $M_d=3.6$ ,  $I_0=5-6$  (Армения)**

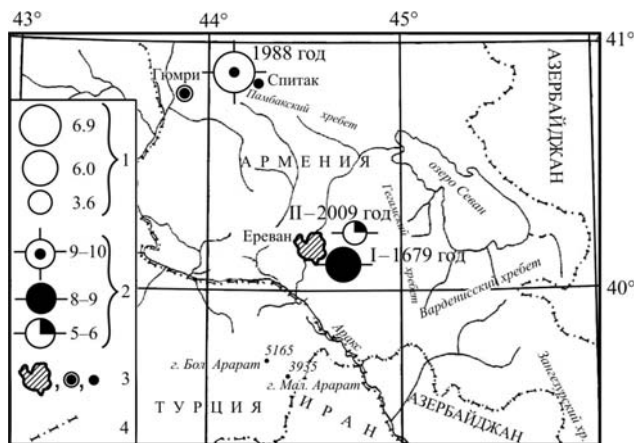
**Г.В. Саргсян, К.А. Мхитарян, Э.А. Мугнецян, Г.Р. Абгарян, Л.С. Саргсян**

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

18 июня 2009 г. произошло землетрясение с  $I_0=5-6$  баллов в центральной части Республики Армения. Оно реализовалось днем в 12<sup>h</sup>34<sup>m</sup> по местному времени, или в 07<sup>h</sup>34<sup>m</sup> по Гринвичу (табл. 1), и названо по имени села Гарни: очаг ( $\varphi=40.23^\circ N$ ,  $\lambda=44.75^\circ E$  [1]) находился в 20 км к северо-востоку от него.

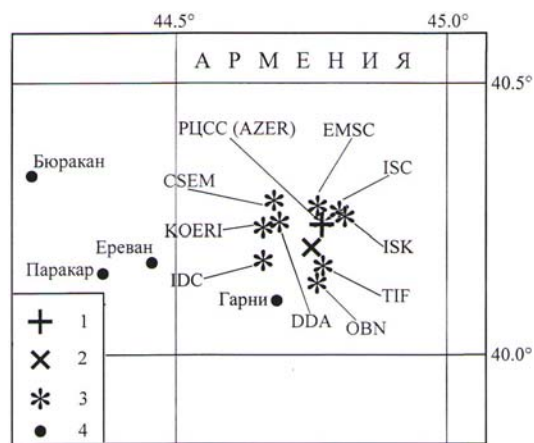
Однако это уже второе землетрясение, а Гарнийское-I с  $I_0=8-9$  баллов произошло тоже в июне, но давно  $\rightarrow$  04.06.1679 г. с  $\varphi=40.1^\circ N$ ,  $\lambda=44.7^\circ E$ . Оно имело большую магнитуду ( $M=5.9$ ) и сопровождалось жертвами, большими разрушениями, усиленными большим числом афтершоков [2].

Очаг современного землетрясения находился на западном склоне Гегамского хребта, в 23 км восточнее столицы – Ереван (рис. 1 а). Землетрясение приурочено к Севан-Арагатскому глубинному разлому [3, 4]. Землетрясение сопровождалось афтершоками [5]. После землетрясения в городах, особенно в столице, возникла большая паника среди населения. В городе много аварийных домов. Прервалась работа во многих учреждениях. Всплыла память катастрофы 1988 г. после Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. с  $MLV=6.9$ ,  $I_0=9-10$  [6, 7].



**Рис. 1 а.** Два землетрясения: Гарнийское-I 04.06.1979 г. с  $MLH=5.9$  и Гарнийское-II 18.06.2009 г. с  $M_d=3.6$

1 – магнитуда; 2 – интенсивность сотрясений; 3 – Ереван, Гюмри, Спитак соответственно; 4 – государственная граница.



**Рис. 1 б.** Инструментальный эпицентр Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. по данным нескольких агентств

1, 2 – инструментальный и макросейсмический эпицентры соответственно; 3 – эпицентры других агентств; 4 – населенный пункт.

В системе Национальной службы сейсмической защиты Республики Армения (НССЗ РА) была объявлена чрезвычайная ситуация: созданная экспедиция выехала в очаговую зону для макросейсмического обследования последствий землетрясения и изучения афтершокового процесса. Институт геофизики и инженерной сейсмологии Национальной академии наук Республики Армения (ИГИС НАН РА) также направил экспедицию непосредственно под руководством директора, член-корр. НАН РА С.М. Оганесяна. Результаты всех работ содержатся в основном в [8, 9].

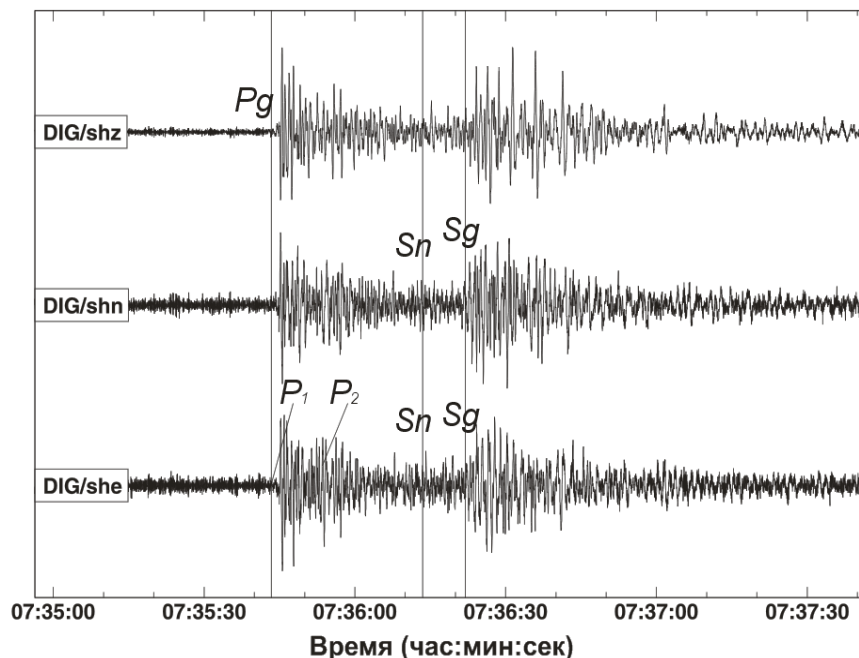
**Инструментальные данные** Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. определены в нескольких агентствах (табл. 1). Окончательный региональный вариант основных параметров Гарнийского-II землетрясения определен после составления сводного сейсмологического бюллетеня по данным разных агентств.

**Таблица 1.** Основные параметры Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. по данным Армении (НССЗ РА) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
НССЗ РА= NSSP	07 34 51.7	0.5	40.23 <sub>и</sub> 40.20 <sub>м</sub>	0.05	44.75 <sub>и</sub> 44.75 <sub>м</sub>	0.05	7		$K_p^p=10.8, Md=3.6$	[1]
РЦСС=AZER	07 34 52.8		40.24		44.77		1			[10]
MOS	07 34 53.7	1.48	40.128	0.06	44.759	0.06	11		$MPSP=4.2/8$	[11]
ISC	07 34 54.7	0.8	40.26	0.02	44.80	0.01	7	6	$Ms=3.3/6, m_b=4.1/15$	[12]
TIF	07 34 51.6		40.16		44.77		13	2		[12]
ISK	07 34 54.2		40.25		44.81		8		$Md=4.0$	[12]
DDA	07 34 54.8		40.24		44.69		6		$Md=3.6$	[12]
IDC	07 34 54.1	1.1	40.17		44.66		0		$m_b=3.8/7, Ms=3.4/11, ML=3.7/3$	[12]
EMSC	07 34 53		40.27		44.76		2		$ML=4.1$	[13]
CSEM	07 34 55.9	0.2	40.28		44.68		2		$m_b=4.1/9$	[12]
KOERI	07 34 51.4		40.23		44.66				$ML=4.3$	[14]

Примечание. Расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к наст. сб.; нижними индексами «и», «м» отмечены инструментальный и макросейсмический эпицентры соответственно.

По просьбе заведующего лабораторией отдела сейсмологии ИГИС НАН РА Э.Г. Геодакяна к директору Геофизической службы РАН член-корр. РАН А.А. Маловичко в Гюмри были присланы И.П. Габсатаровой записи цифровых станций «Дигорское ущелье» и «Кисловодск» типа SDAS и IRIS соответственно. Одна из них представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Запись Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. на сейсмической станции «Дигорское ущелье»-(DIG), предоставленная И.П. Габсатаровой

После анализа записи сейсмической станции «Дигорское ущелье» на рис. 2 выявлены фазы  $P_1$ ,  $P_2$  и, значит, наличие субочага через 15<sup>с</sup> после основного толчка.

На сейсмической станции, расположенной в здании НАН РА, получена цифровая акселерограмма этого землетрясения, слабое затухание коды привело к  $M=4$ . Некоторые специалисты считают их проявление аппаратными искажениями, не учитывая сведений об субочаге землетрясения.

**Спектральные характеристики** очага найдены по амплитудному спектру Фурье для  $P$ -волн (рис. 3), зарегистрированных на сейсмической станции «Дигорское ущелье». Спектр уверенно аппроксимируется круговой дислокационной моделью Брюна [15] с квадратичным законом спада спектральной плотности в высоко-частотной области.

В табл. 2 приведены спектральные характеристики землетрясения на основе данных сейсмической станции «Дигорское ущелье».

Гарнийское-II землетрясение ощущалось двумя сильными толчками и сопровождалось гулом. Во всех названных населенных пунктах наблюдалось передвижение предметов, прервалась телефонная связь. Наблюдались камнепады с поднятием пыли.

**Таблица 2.** Спектральные и динамические параметры Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. по данным сейсмической станции «Дигорское ущелье» (DIG)

Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Стан- ция	$M_S$	$\Delta^\circ$	$\Omega_0$ , $10^{-6}$ м·с	$f_0$ , Гц	$M_0$ , $10^{15}$ Н·м	$M_w$	$r_0$ , $10^3$ м	$\Delta\sigma$ , $10^5$ Н/м <sup>2</sup>	$\bar{\eta}\sigma$ , $10^5$ Н/м <sup>2</sup>	$\bar{u}$ , $10^{-2}$ м
03.01	19 43 52.5	DIG	7.3	57.50	0.56	1.25	3.162	4.3	0.98	3.406	2.27	0.8

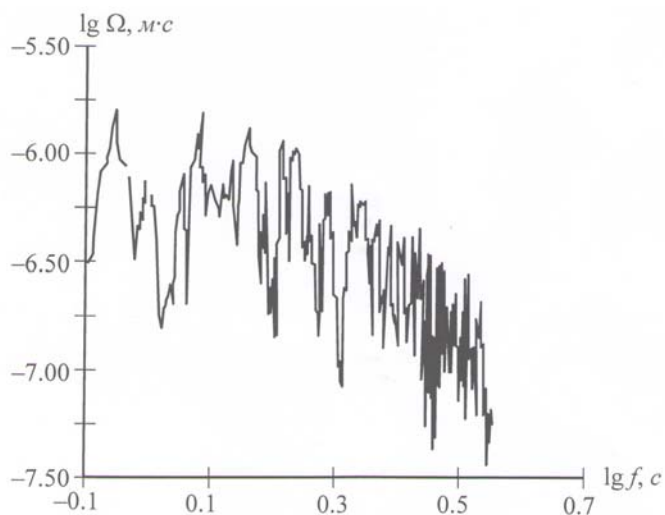
На основе значения сейсмического момента Гарнийского-II землетрясения, равного  $M_0=3.162 \cdot 10^{15}$  Н·м, (табл. 2), вычислена моментная магнитуда  $M_w$ . Расчет  $M_w$  выполнен по формуле Х. Канамори [16]:

$$M_w = \frac{2}{3}(\lg M_0 + 7) - 10.7,$$

в которой  $M_0$  имеет размерность [Н·м] в системе СИ (табл. 2). В результате получено значение моментной магнитуды  $M_w=4.3$ .

**Макросейсмические данные** приведены по результатам обследования Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г., которое было проведено сотрудниками НССЗ РА. Интенсивность землетрясения в эпицентре оценена равной  $I_0=5-6$  баллов по шкале MSK-64 [17]. Ниже приведено очень краткое описание макросейсмических эффектов землетрясения в разных населенных пунктах.

Интенсивность сотрясений  **$I=5$  баллов** наблюдалась в селах Севаберд, Гегашен, Зар, Гарни, Гохт, Гехерт, Зовка, Вохчаберд, Ацаван: образовались малые трещинки, расширились старые трещины (примеры представлены на рис. 4–6).



**Рис. 3.** Амплитудный спектр Фурье в единицах  $\lg \Omega$  (ом·с) Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г.



**Рис. 4.** Пример разваленной штукатурки на внешней стене здания в пос. Гарни ( $\Delta=9$  км) из [9]



Рис. 5. Пример трещин, образовавшихся в с. Зовк ( $\Delta=5$  км) [9]



Рис. 6. Пример трещин, образовавшихся в с. Вохчаберд ( $\Delta=9$  км) [9]

**$I=4$  балла.** Отмечено раскачивание висячих предметов, дребезжание посуды, окон и стекол в пунктах Гехадир, Дзорахпюр, Ереван (район Давидашен), Камарис, Катнахпюр, район Нор-Норка, Академия, Джрвеж Акунк, Атис, Зовашен, что соответствует указанной интенсивности сотрясений  $I=4$  балла.

В г. Ереван есть районы, где землетрясение ощущалось с интенсивностью  $I=2-4$  балла, а есть районы, в которых его вообще не ощущали.

Ниже приведены данные результатов проведенных обследований.

Таблица 3. Макросейсмические данные о Гарнийском-II землетрясении 18 июня 2009 г. в  $07^h34^m$  с  $K_p^p=10.8$ ,  $M_d=3.6$

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
	<u>5 баллов</u>				13	Катнахпюр	9	40.26	44.68
1	Гегашен	4	40.23	44.73	14	Акунк	10	40.27	44.68
2	Зовк	5	40.20	44.69	15	Зовашен	13	40.31	44.75
3	Гехарт	6	40.15	44.79	16	Атис	15	40.33	44.73
4	Гохт	7	40.14	44.78	17	Ереван	20	40.18	44.52
5	Зар	7	40.26	44.74		<u>3 балла</u>			
6	Вохчаберд	9	40.17	44.65	18	Кучак	47	40.52	44.39
7	Гарни	9	40.12	44.73	19	Абовян	13	40.27	44.63
8	Севаберд	9	40.27	44.80	20	Ланджазат	21	40.06	44.58
9	Ацаван	10	40.14	44.65	21	Двин	24	40.02	44.59
	<u>4 балла</u>				22	Ланджахпюр	35	40.27	45.14
10	Камарис	7	40.24	44.69	23	Гавар	37	40.36	45.13
11	Гехадир	9	40.16	44.65	24	Дзорагюх	39	40.17	45.20
12	Дзорахпюр	9	40.20	44.64	25	Личк	41	40.16	45.22
					26	Маргуни	48	40.14	45.31

Примечание. Эпицентральные расстояния ( $\Delta$ , км) посчитаны от макросейсмического эпицентра.



На основе представленной информации по 26 населенным пунктам построена карта изосейст Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. (рис. 7).

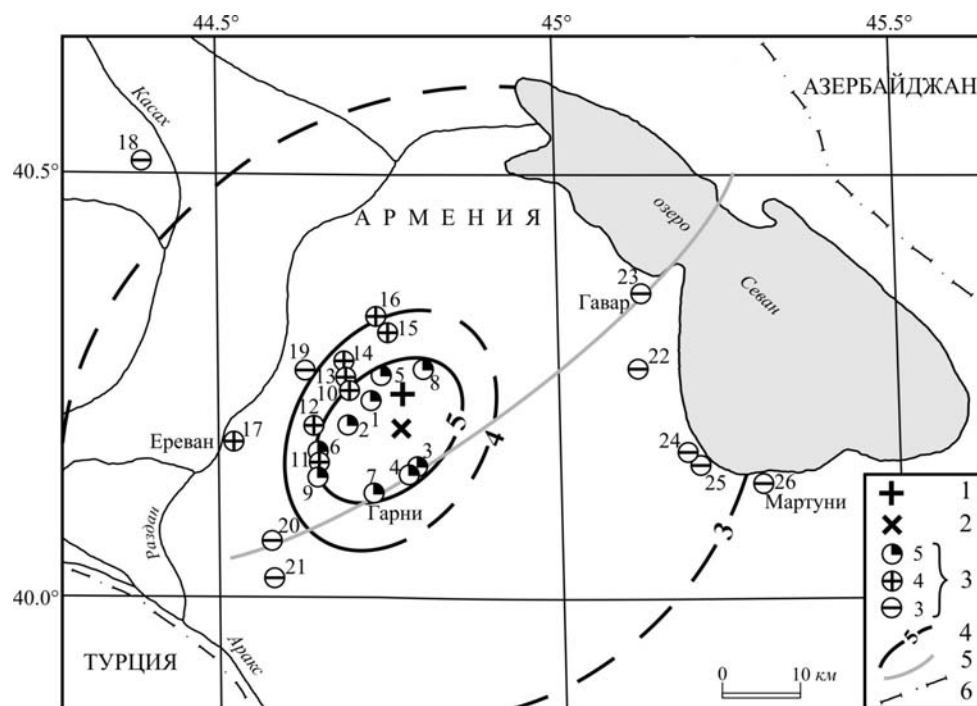


Рис. 7. Карта изосейст Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. в  $07^h34^m$  с  $K_p^p=10.8$ ,  $M_d=3.6$

1, 2 – инструментальный и макросейсмический эпицентры соответственно; 3 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64 [17]; 4 – изосейста; 5 – Севан-Аракатский разлом [3]; 6 – государственная граница.

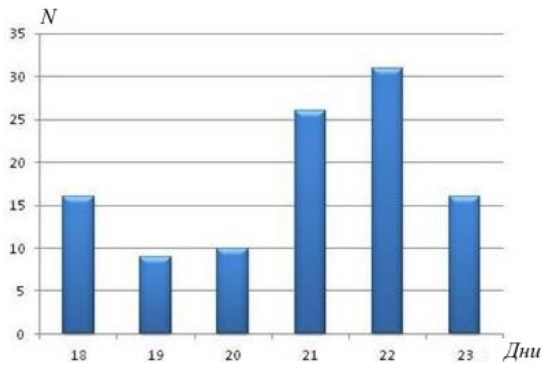
Как видно из рис. 7, землетрясение приурочено к Севан-Аракатскому разлому [3]. Большая ось поля изосейст направлена по разлому в сторону г. Гавар. Макросейсмический эпицентр имеет следующие географические координаты:  $\varphi_m=40.20^\circ N$ ,  $\lambda_m=44.75^\circ E$ , что очень хорошо сочетается с инструментальным эпицентром NSSP  $\varphi_n=40.23^\circ N$ ,  $\lambda_n=44.75^\circ E$ . Геометрические параметры макросейсмического поля землетрясения приведены в табл. 4.

Таблица 4. Параметры макросейсмического поля Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. с  $K_p^p=10.8$ ,  $M_d=3.6$

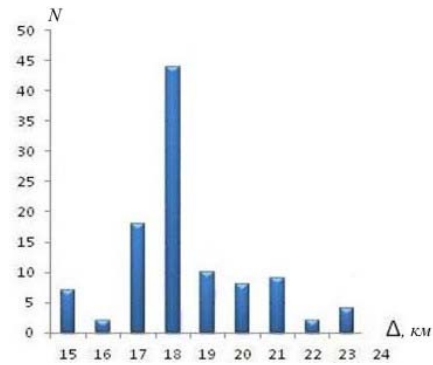
$I$ , баллы	$l_a$ , км	$l_b$ , км	$l_a/l_b$	$\bar{l}$ , км	$S_2$ , км <sup>2</sup>
5	24	14	1.7	18	264
4	36	25	1.44	30	706
3	93	75	1.24	84	5475

**Афтершоки.** Основной толчок Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. сопровождался многочисленными афтершоками. Благодаря высокочувствительной сейсмической станции «Гарни» удалось зарегистрировать свыше 100 афтершоков за период наблюдений с 18 по 23 июня. Почти все они имеют только времена  $t_s-t_p$  на станции «Гарни» и приведены на отдельном листе Приложения к наст. сб. [5]. Эпицентральное расстояние афтершоков колеблется от 15 до 23 км [5]. На рис. 8 а, б приведено распределение начальных (за 6 суток) афтершоков по времени и по эпицентральным расстояниям. К сожалению, наблюдения афтершоков прерваны 23 июня, до завершения серии, как это видно из первого фрагмента.

В то же время можно констатировать, что Гарнийское-II землетрясение с  $M_d=3.6$  по наличию шлейфа афтершоков подобно Гарнийскому-I землетрясению с  $M=5.9$ , для которого в [2], в Примечаниях, отмечено «большое число афтершоков», в том числе ощутимые толчки 12.06.1679 г. с  $M\sim 3.0$ ,  $I_0=6$  баллов и 08.09.1679 г. с  $M\sim 3.7$ ,  $I_0=7$  баллов.



**Рис. 8 а.** Распределение афтершоков Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. во времени



**Рис. 8 б.** Распределение афтершоков Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. по эпицентральному расстоянию

**История сейсмичности.** Район центральной части Республики Армения, Араратская долина и примыкающая к ней горное обрамление, расположенные в северо-восточной части Армянского вулканического нагорья, является наиболее сейсмоактивной областью территории Армении. Это обусловлено молодым возрастом складчатости и наличием системы глубинных разломов близширотного и поперечного направлений [4].

Первые сведения о землетрясениях древней Армении относятся к 139 г. [18] (табл. 5), когда произошло землетрясение на северо-восточном склоне горы Большой Арарат с интенсивностью  $I_0=8$  баллов. Позже, в 1319 г., в районе горы Арарат также произошло землетрясение, при котором было уничтожено ряд селений.

Весной 851 г. в районе г. Двин (прежней столицы Армении того времени) ночью произошло Двинское-I землетрясение с интенсивностью  $I_0=8$  баллов, погибло 12000 человек. В 858 г. произошло Двинское-II землетрясение примерно с  $I_0=7$  баллов; в 863 г. – Двинское-III землетрясение с такой же интенсивностью  $I_0=7$  баллов; в 869 г. – Двинское-IV землетрясение с  $I_0=7-8$  баллов. Афтершоки данного землетрясения ощущались в течение года. Но самое сильное ( $I_0=8-9$  баллов) Двинское-V землетрясение произошло в 893 г. Оно было ночью, чем и объясняется большое число человеческих жертв. Город был основательно разрушен. Число погибших составляло 70 000 человек [2].

**Таблица 5.** Основные данные о сильных и разрушительных землетрясениях Араратской долины за 139–2009 гг.

Дата, год	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h$	$M$	$I_0$ , балл	Название землетрясения
139	39.7	44.3	15	5.5	8	Гора Арарат
851	40.03	44.67	10	5.7	8	Двинское-I
858	40.03	44.67	10	4.7	7	Двинское-II
863	40.00	44.67	10	4.7	7	Двинское-III
869	40.00	44.67	10	5	7–8	Двинское-IV
893	40.00	44.67	5	5.5	8–9	Двинское-V
1319	(39.5 44.0)	25	6.2	8		Арарат
1679	40.12	44.75	15	6.0	8–9	Гарнийское-I
1679	40.12	44.75	16	4.5	7	афтершок
1910	40.17	44.52	10	4.5	6–7	Ереванское-I
1937	40.13	44.43	10	4.7	7	Ереванское-II
1973	40.25	44.52	10	4.0	5–6	Ереванское-III
1984	40.17	44.35	10	3.7	6	Ереванское-IV
1997	40.17	44.5	15	3.8	6	Ереванское-V
2009	40.23	44.75	7	3.6	5–6	Гарнийское-II

4 июня 1679 г. произошло 8–9-балльное Гарнийское-I землетрясение, которое вызвало разрушения ряда городов и сел. Землетрясение началось и сопровождалось ужасающим грохотом, поднялся очень сильный ветер с пылью, от чего стемнело в воздухе на большом расстоянии от пос. Гарни до горы Арагац. Образовались протяженные разрывы, разрушились горные склоны. Исчезло ряд ручьев. Землетрясением был разрушен собор Трдаташен. Погибло 7600 человек, однако Гарнийская крепость, простоявшая до этого землетрясения много веков, осталась невредимой. Уже в XIX веке в данном регионе были ощутимые землетрясения, интенсивность сотрясений от которых доходила до 7 баллов. Карта эпицентров землетрясений из табл. 5 дана на рис. 9.

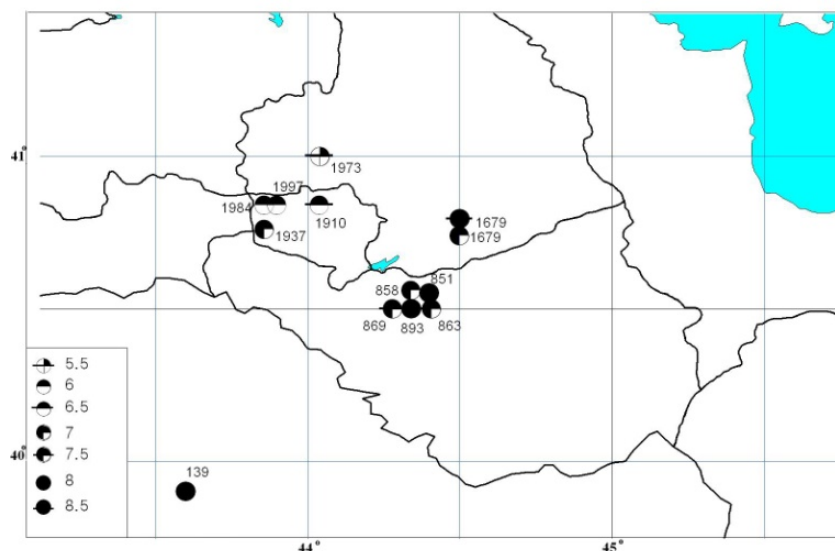


Рис. 9. Карта эпицентров сильных и разрушительных землетрясений с  $I_0$  от 5–6 до 8–9 баллов на территории Арагатской долины

Как видим, Гарнийское-II землетрясение подтвердило высокую сейсмическую активность Арагатской долины.

#### Л и т е р а т у р а

1. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С., Гонян А.А., Демирчян О.М. Геворгян А.А., Мхитарян М.Г. (сост.). Каталог сейсмических событий Армении в государственных границах +30 км за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В. (отв. сост.). П б. Кавказ [50–1974 гг.,  $M \geq 4.0$ ,  $I_0 \geq 5$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 69–170.
3. Пирузян С.А. Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. – Ереван: Айастан, 1969 г. – 92 с.
4. Габриелян А.А., Саргсян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника Армянской ССР (с приложением: Сейсмотектоническая карта Кавказа. Составитель: А.А. Габриелян). – Ереван: Ереванский госуниверситет, 1981. – 283 с.
5. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Саргсян Л.С., Гонян А.А., Демирчян О.М. Геворгян А.А., Мхитарян М.Г. (сост.). Афтершоки Гарнийского-II землетрясения 18 июня 2009 г. по записям высокочувствительной цифровой сейсмической станции НССЗ РА «Гарни». (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. 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.
7. 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.
8. Оганесян С.М., Геодакян Э.Г., Карапетян Дж.К. и др. Анализ макросейсмических и инструментальных данных землетрясения 18 июня 2009 года в центральной части территории Армения // Известия НАН РА. Науки о Земле. – 2009. – № 3. – С. 15–22.
9. Хлхатян З. и др. Годовой отчет за 2009 год. – Ереван: Фонды НССЗ, 2009.
10. Етирмишли Г.Д, Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С. (отв. сост.), Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Е., Расулова З.М., Исламова Ш.К., Казымова С.Э., Ахмедли А.Т., Ширинова З.Г. (сост.). Каталог землетрясений Азербайджана в государственных границах +30 км за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

11. **Болдырева Н.В.** (отв. сост.), **Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Малянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И.** (сост.). Каталог землетрясений Земли за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. **International Seismological Centre. On-Line Bulletin** // International Seismological Centre [сайт]. [2012]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
13. **EMSC**, Earthquake information Euro-Med seismicity, Real Time Seismicity. – URL: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>.
14. **KOERI**, Kandilli observatory and Earthquake Research Institute of Bogazici University. Istanbul, Turkey. – URL: <http://www.koeri.boun.edu.tr>.
15. **Brune I.N.** Tectonic stress and the spectrum of seismic shear waves from earthquake // J. Geophys. Res. – 1970. – **75**. – N 26. – P. 4997–5009.
16. **Hanks T.C., Kanamori H.** A Moment Magnitude Scale // J. Geophys. Res. – 1979. – **84**. – N 135. – P. 2348–2350.
17. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
18. **Карпетян Н.К.** Механизм возникновения землетрясения Армянского нагорья // Ереван: АН Арм. ССР, 1986. – С. 21–70.