

**ОЩУТИМОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 4 июля 2017 г. с $ML=3.7$, $I_0=5-6$ баллов
на СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ОЧАГОВОЙ ЗОНЫ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1988 г.**

Г.Р. Абгарян¹, Г.В. Саргсян¹, Н.В. Петрова²

¹Региональная служба сейсмической защиты МЧС Республики Армения,
г. Гюмри, Армения, ovash@yandex.ru

²ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, npetrova@gsras.ru

Аннотация. В работе приводятся инструментальные данные и результаты макросейсмического обследования землетрясения 4 июля 2017 г. с $ML=3.7$, $I_0=5-6$ в очаговой зоне разрушительного Спитакского землетрясения 1988 г. с $I_0=10$ баллов. Землетрясение сопровождалось звуком наподобие взрыва. Согласно региональному определению механизма очага, в нем реализовался взброс северного крыла разрыва по крутой плоскости $NP1$ северо-западного простирания, или пологий надвиг по плоскости $NP2$ близмеридионального простирания. Миграция афтершоков на север и восток в октябре-декабре 2017 г. свидетельствует в пользу выбора нодальной плоскости $NP1$ в качестве основной. Построена карта изосейст, согласно которой изосейсты ориентированы на северо-восток. Несовпадение их ориентации с простиранием нодальных плоскостей объясняется преобладающим влиянием на макросейсмическое поле Ахурянского разлома северо-восточной ориентации, в зоне которого расположено большинство обследованных населенных пунктов.

Ключевые слова: сейсмограмма, механизм очага, афтершок, макросейсмика, карта изосейст.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.33 **EDN:** MQTRVZ

Для цитирования: Абгарян Г.Р., Саргсян Г.В., Петрова Н.В. Ощутимое землетрясение 4 июля 2017 г. с $ML=3.7$, $I_0=5-6$ баллов на северо-западе очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 354–360. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.33. EDN: MQTRVZ

Введение. 4 июля в 06^h21^m в очаговой зоне разрушительного Спитакского землетрясения 07.12.1988 г. с $MLH=6.9$ [1] на глубине 10 км произошло землетрясение с магнитудой $ML=3.7$ [2, 3], ощущавшееся в 33 населенных пунктах Армении. В статье приведены инструментальные и макросейсмические данные об этом землетрясении.

Инструментальные данные содержат подборку опубликованных решений для гипоцентра и магнитуды землетрясения 4 июля, параметры механизма очага и сведения об афтершоках. В табл. 1 и на рис. 1 представлены решения для параметров гипоцентра и магнитуд землетрясения 4 июля десяти разных агентств. Согласно бюллетеню ISC [4], в котором собраны данные разных сейсмологических центров, суммарное число станций, зарегистрировавших описываемое землетрясение, равно $n=299$.

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 4 июля 2017 г. по данным различных сейсмологических центров

Автор	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Ист.
			φ°, N	$\Delta\varphi, км$	λ°, E	$\Delta\lambda, км$	$h, км$	$\Delta h, км$		
NNSP	06 21 10.51	–	40.90	–	43.90	–	10	–	$ML=3.7$	[1]
MOS	06 21 10.80	0.93	40.918	6.3	43.871	3.9	17	–	$m_b=4.2/5$	[5]
ISC	06 21 10.88	1.00	40.928	1.6	43.906	1.5	5.1	7.7	$m_b=3.9/14$	[4]
AZER	06 21 14.03	0.42	40.921	6.1	44.124	2.5	24.4	4.2	–	[4]
DRS	06 21 12.00	–	40.673	–	43.231	–	26.0	2.9	$K_p=10.1$	[4]
TIF	06 21 11.30	0.31	40.920	–	43.970	–	10.0	1.1	–	[4]
TEH	06 21 13.20	0.43	40.860	4.3	43.811	2.1	9.0 f	–	$ML=3.6$	[4]
ISK	06 21 09.80	0.26	40.931	–	43.924	–	2.3	–	$ML=3.8/12$	[4]
IDC	06 21 10.07	0.67	40.780	16.8	43.798	6.7	0.0 f	–	$M_s=2.8/3, m_b=3.8/11$	[4]
AFAD	06 21 11.39	0.30	40.862	–	43.862	–	24.3	0.9	$M_w=4.0$	[4]

Примечание. NNSP – Национальная служба сейсмической защиты Республики Армения; MOS – ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия, <http://www.gsras.ru>; ISC – International Seismological Center, UK, <https://doi.org/10.31905/D808B830>; AZER – Республиканский сейсмологический центр Национальной академии наук Азербайджана, <http://www.seismology.az/>; DRS – Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН; TIF – Институт наук о Земле Национального центра сейсмического мониторинга, Грузия, <http://ies.iliauni.edu.ge/?lang=en>; TEH – Иранский сейсмологический центр Института геофизики Тегеранского университета, Иран, <http://irsc.ut.ac.ir/bulletin.php>; ISK – Обсерватория Кандилли и научно-исследовательский институт университета Богазичи, Турция, <http://www.koeri.boun.edu.tr/>; IDC – International Data Centre, Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBTO), Austria, <https://www.ctbto.org>; AFAD – Управление по стихийным бедствиям и чрезвычайным ситуациям, Анкара, Турция.

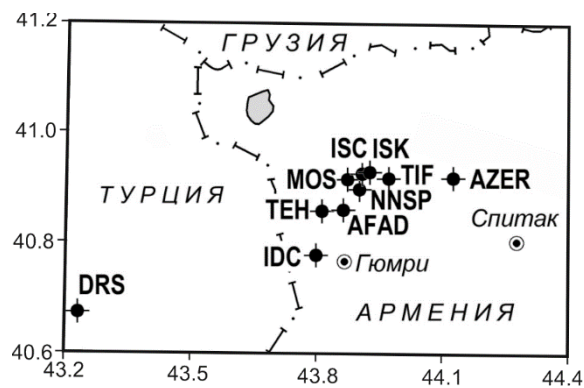


Рис. 1. Координаты эпицентра землетрясения 4 июля 2017 г., $ML=3.7$, по данным сейсмологических центров, приведенным в табл. 1

Согласно табл. 1, в большинстве сейсмологических центров отклонение δt_0 времени в очаге относительно регионального $t_0=06^h21^m10.51^s$ не превышает по модулю 1^s , и только в трех агентствах оно выше: 1.49^s в DRS, 2.69^s – в ТЕН и 3.52^s – в соседнем AZER. Разница $\Delta\varphi$ в координатах эпицентров по широте в восьми агентствах небольшая – $\Delta\varphi=0.02-0.04^\circ$ – и чуть больше в двух оставшихся агентствах: $\Delta\varphi=0.12^\circ$ в IDC и $\Delta\varphi=0.22^\circ$ в DRS. По долготе наилучшее согласие получено с решением ISC ($\Delta\lambda\sim 0.01^\circ E$), хуже – с AZER ($\sim 0.22^\circ$) и наихудшее – с DRS ($\sim 0.67^\circ$); в остальных случаях $\Delta\lambda=0.03-0.10^\circ N$.

Механизм очага землетрясения 4 июля 2017 г. определен по республиканским данным

[6]. Его параметры приведены в табл. 2, а диаграмма – на рис. 2.

Таблица 2. Параметры механизма очага землетрясения 4 июля 2017 г.

Автор	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		NP1			NP2			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
NNSP	60	215	8	319	29	53	317	74	82	164	18	116	[6]

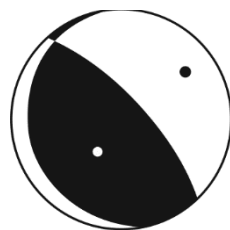


Рис. 2. Диаграмма механизма очага в проекции на нижнюю полусферу землетрясения 4 июля 2017 г., определенного по знакам первых вступлений P -волн
 1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

Землетрясение реализовалось в условиях превалирования напряжений сжатия северо-восточной ($AZM=53^\circ$) ориентации. Нодальная плоскость $NP1$ – крутая ($DP=74^\circ$) и простирается с юго-востока на северо-запад ($STK=317^\circ$). Подвижка по ней – взброс. Вторая плоскость $NP2$ – близмеридиональная ($STK=164^\circ$) и пологая ($DP=18^\circ$). Подвижка – надвиг.

Форшоки и афтершоки, сопровождавшие главный толчок, представлены в табл. 3. Выборка из каталога [1] производилась в радиусе 18 км от главного толчка с июня по декабрь 2017 года. Указанный в табл. 3 расчетный энергетический класс получен из магнитуд ML по формуле Т.Г. Раутиан [7]:

$$K=1.8M+4.$$

Таблица 3. Основные параметры главного толчка 4 июля 2017 г. в 06^h21^m , его форшоков и афтершоков

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	φ° , N	λ° , E	h , км	ML	$K_{расч}$
Форшоки							
1	01.06	19 41 53.0	40.98	43.90	10	1.1	6.0
2	11.06	21 45 15.6	40.88	43.95	10	1.9	7.4
Главный толчок							
	04.07	06 21 10.5	40.90	43.90	10	3.7	10.7
Афтершоки							
1	04.07	07 07 48.3	40.93	43.94	3	1.5	6.7
2	04.07	07 35 23.3	40.93	43.94	3	0.5	4.9
3	04.07	07 46 16.4	40.93	43.94	3	0.4	4.7
4	04.07	09 11 09.1	40.93	43.94	3	1.0	5.8
5	04.07	09 11 37.1	40.93	43.94	3	1.0	5.8
6	04.07	09 56 27.9	40.93	43.94	3	1.0	5.8
7	04.07	10 09 03.0	40.93	43.94	3	3.1	9.6
8	06.07	20 08 38.5	40.93	43.93	5	1.6	6.9

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	φ° , N	λ° , E	h , км	ML	$K_{расч}$
9	12.07	10 20 54.9	40.92	44.08	16	2.0	7.6
10	12.07	10 49 10.3	40.95	44.07	12	2.0	7.6
11	13.07	04 36 04.3	40.93	44.05	9	1.2	6.2
12	08.08	04 00 24.7	40.92	43.94	3	1.5	6.7
13	15.08	03 51 20.0	40.91	43.84	5	3.2	9.8
14	15.08	05 12 02.9	40.92	43.88	10	3.3	9.9
15	29.08	23 41 33.5	40.90	43.93	10	2.5	8.5
16	27.09	23 14 07.5	40.92	43.95	3	1.6	6.9
17	13.10	22 12 54.0	40.99	43.93	10	1.4	6.5
18	01.11	17 45 55.6	41.03	43.92	13	1.1	6.0
19	04.11	22 43 39.1	41.01	43.89	2	2.1	7.8
20	10.11	04 03 12.3	41.02	43.97	10	1.8	7.2
21	18.11	04 06 06.1	41.05	43.83	10	1.6	6.9
22	19.11	04 01 43.9	40.99	44.00	7	2.3	8.1
23	13.12	13 41 43.7	40.93	44.04	10	2.4	8.3

Форшоков было лишь два (рис. 3), 1 и 11 июня, они слабые ($ML=1.1$ и 1.9) и, в связи с месячной разницей во времени с главным толчком, достаточно условно отнесены к форшокам.

Афтершоков до конца года зарегистрировано свыше 20, семь из них реализовались в первые четыре часа после главного толчка, с завершающим эту группу в 10^h09^m событием с $K_{расч}=9.6$. Еще два крупных афтершока с близкими классами $K_{расч}=9.8$ и 9.9 произошли 15 августа в 03^h51^m и в 05^h12^m в районе г. Гюмри. Первый толчок ощущался в г. Гюмри с интенсивностью до 3 баллов, а второй, сопровождаемый гулом, ощущали все жители Гюмри и с. Ширакамут с интенсивностью 4 балла; в селах Дзорашене и Кети – 3 балла.

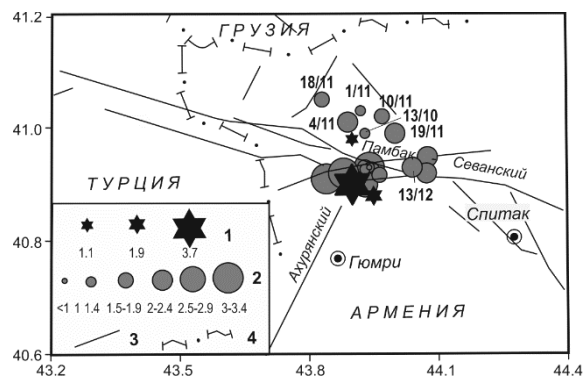


Рис. 3. Главный толчок 4 июля 2017 г., его форшоки

1 – магнитуда ML форшоков и главного толчка; 2 – магнитуда афтершоков, рядом указана дата событий за октябрь-декабрь; 3 – разломы по [8, 9]; 4 – государственная граница.

идентификации афтершоков разработанных разными авторами методов и алгоритмов не представляется возможным. Выводы можно сделать лишь на качественном уровне.

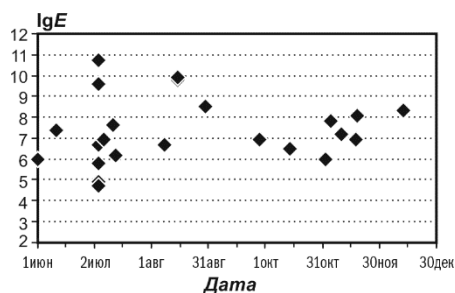


Рис. 4. Распределение во времени расчетных энергетических классов форшоков, главного толчка 4 июля 2017 г. и его афтершоков

На рис. 3 представлено пространственное расположение событий фор- и афтершоковой серии из табл. 3 на фоне карты разломов [8, 9]. Из рисунка видно, что главный толчок и большинство ранних афтершоков приурочены к узлу пересечения разломов запад-северо-западного простирания с Ахурянским разломом юго-западной ориентации, тогда как все события, произошедшие в октябре, ноябре и декабре 2017 г., приурочены к северному крылу Памбак-Севанского разлома. Можно ли считать эти события афтершоками главного толчка?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим временное распределение энергии и количества землетрясений из табл. 3. К сожалению, из-за небольшой энергии главного толчка и, соответственно, малого количества зарегистрированных сопровождающих событий, применение для

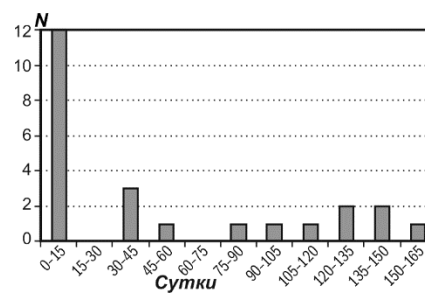


Рис. 5. Распределение количества землетрясений в окрестностях землетрясения 4 июля 2017 г. по 15-дневным интервалам с 4 июля до конца года

На рис. 4 и 5 показано распределение во времени расчетных энергетических классов $K_{расч}$ и количества толчков, сопровождавших землетрясение 4 июля 2017 года. Можно отметить группирование событий в июне (форшоки), первой половине июля (главный толчок и афтершоки) и в августе. Энергетическая ступень ΔK_a с главным толчком в ближайшей по времени группе афтершоков (июль) весьма невелика и составляет всего $\Delta K_a=10.7-9.6=1.1$, что не характерно для «обычных» серий афтершоков. Более того, в последующей группе афтершоков в августе эта разница еще меньше – 0.8, что позволяет отнести события этой группы к роевому типу. К концу сентября афтершоковый процесс непосредственно в очаге главного толчка, по-видимому, закончился, и его дальнейшее развитие связано с релаксацией напряжений в окружающей среде. Это подтверждается стабилизацией темпов выделения сейсмической энергии в октябре-декабре (рис. 4, 5) и миграцией афтершоков этого периода на север и восток (рис. 3).

Макросейсмические данные. Для обследования последствий землетрясения группа сотрудников Северной службы выехала в эпицентральной зоне. Зафиксировано, что землетрясение сопровождалось громом наподобие взрыва. Несмотря на малую интенсивность, люди были очень напуганы, как бы заново пережили страшную катастрофу 1988 г., что связано, по-видимому, с отмеченным ранее, при макросейсмическом обследовании Спитакского землетрясения 1988 г., усилением макросейсмического эффекта в Ленинакане (Гюмри) [10].

За прошедшие годы город Гюмри заново отстроили, в том числе почти все школы строились заново, так что город уже не считается зоной риска. Землетрясение 2017 г. ощущалось в 33 населенных пунктах, представленных в табл. 4.

Таблица 4. Макросейсмические сведения о землетрясении 4 июля 2017 г. с $ML=3.7$, $I_0=5-6$ баллов

№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E
5 баллов					17	Хнкоян	13	40.83	44.02
1	Арпени	1	40.9	43.91	18	Красар	14	41.01	43.82
2	Покрашен	2	40.89	43.88	19	Гюмри	14	40.78	43.84
3	Мец Сариар	3	40.88	43.92	20	Мармрашен	13	40.83	43.77
4	Кармракар	5	40.86	43.88	3 балла				
5	Кеты (Кети)	5	40.87	43.85	21	Ваграмаберд	14	40.86	43.76
4 балла					22	Капс	13	40.87	43.75
6	Джаджураван	5	40.87	43.95	23	Ахурян	14	40.77	43.90
7	Крашен	6	40.87	43.96	24	Ашоцк	15	41.03	43.86
8	Гоговит	6	40.92	43.83	25	Арапи	16	40.78	43.80
9	Ацик	7	40.84	43.87	26	Овит	17	40.76	43.99
10	Ширак	8	40.83	43.91	27	Воскеаск	19	40.76	43.77
11	Маисян	8	40.84	43.84	28	Меграшат	19	40.85	43.69
12	Джаджур	9	40.85	43.99	29	Аревик	18	40.74	43.90
13	Овуни	9	40.87	43.80	30	Ахурик	20	40.74	43.78
14	Камо	10	40.82	43.95	31	Азатан	22	40.71	43.83
15	Джрадзор	11	40.91	43.77	32	Тавшут	22	41.08	43.80
16	Мусаелян	11	40.99	43.94	33	Байандур	26	40.69	43.77

Примечание. Балльность дана по шкале MSK-64 [11].

На основе макросейсмических данных изучено поле ощутимости и построена карта изосейст землетрясения 4 июля 2017 г., приведенная на рис. 6. Как видим, изосейсты вытянуты в северо-восточном направлении, не согласуясь с простираемением нодальных плоскостей (рис. 3), что связано, по-видимому, с преобладающим влиянием на макросейсмическое поле Ахурянского разлома [8, 9] (АКН на рис. 6). Макросейсмический эпицентр, положение которого определяется как центр первых изосейст, практически совпадает с инструментальным.

Из карты изосейст получены геометрические параметры макросейсмического поля землетрясения 4 июля 2017 г., собранные в табл. 5.

Таблица 5. Основные параметры макросейсмического поля землетрясения 4 июля 2017 г в 06^h21^m с $ML=3.7$, $K_{расч}=10.7$

I_i , баллы	Геометрические параметры поля изосейст, км				Площадь изосейст S_i , км ²
	l_a	l_b	\bar{l}	l_a/l_b	
5	6.5	4.8	5.6	1.35	98

I_i , баллы	Геометрические параметры поля изосейст, км				Площадь изосейст S_i , $км^2$
	l_a	l_b	\bar{l}	l_a/l_b	
4	15	13.5	14.2	1.11	634
3	28	25	26.5	1.12	2198

Примечание. l_a, l_b – продольная и поперечная полуоси; $\bar{l} = \sqrt{l_a \cdot l_b}$ – их среднее геометрическое.

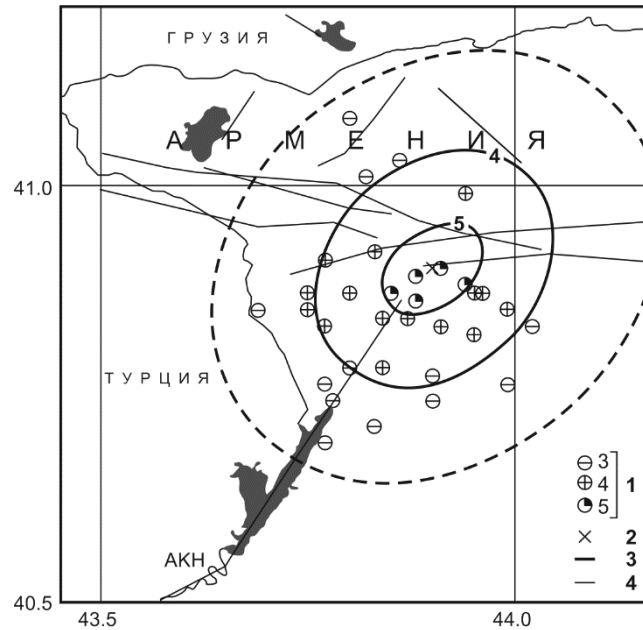


Рис. 6. Карта изосейст землетрясения 4 июля 2017 г.

1 – интенсивность сотрясений в баллах; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – изосейста, пунктиром показана предполагаемая 3-балльная изосейста; 4 – разломы (АКН – Ахурянский).

Обсуждение и заключение. Описанное землетрясение подтверждает продолжающуюся сейсмическую активность очаговой зоны 10-балльного Спитакского землетрясения спустя свыше 30 лет после него. Несмотря на его небольшую энергию ($ML=3.7$, $K_{расч}=10.7$), оно ощущалось на площади свыше 2 тыс. $км^2$.

Согласно региональному определению механизма очага, при землетрясении произошел взброс по плоскости северо-западного простирания, падающей на северо-восток, или надвиг по пологой близмеридиональной плоскости, падающей на запад. Очаг приурочен к участку пересечения Памбак-Севанской системы разломов запад–северо-западного простирания с продолжением ориентированного в северо-восточном направлении Ахурянского разлома. Миграция афтершоков на север и восток от эпицентра главного толчка свидетельствует в пользу взброса северного крыла разлома северо-западного простирания Памбак-Севанской системы.

Удалось построить карту изосейст с $I_i=5, 4$ и 3 балла и определить геометрические параметры макросейсмического поля. Простирание нодальных плоскостей разрыва в очаге землетрясения не согласуется направлением вытянутости системы изосейст, которая, в свою очередь, совпадает с простиранием Ахурянского разлома. По-видимому, влияние на затухание интенсивности сотрясений этого разлома и других тектонических структур северо-восточной ориентации является определяющим.

Л и т е р а т у р а

1. 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.
2. Саргсян Г.В. (отв. сост.); Абгарян Г.Р., Хачкалян К.Л., Мхитарян М.Г. Каталог землетрясений Армении и сопредельных территорий за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>

3. Саргсян Г.В., Абгарян Г.Р., Геворгян А.А., Хачкалян К.Л. Сейсмичность Армении и прилегающих территорий в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 66–73. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.05. EDN: PRTXLW
4. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
5. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2016–2017. (2022) // ФИЦ ЕГС РАН [Сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2016/
6. Геворгян А.А. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Армении за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
7. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
8. Габриелян А.А., Саргсян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника Армянской ССР (с приложениями: Сейсмотектоническая карта Кавказа. Составитель: Габриелян А.А.). – Ереван: Ереванский государственный университет, 1981. – 283 с.
9. Ismail-Zadeh A. et al. Geodynamics, seismicity, and seismic hazards of the Caucasus // Earth-Science Reviews. – 2020. – V. 207. – С. 103222.
10. Халтурин И.И., Шомахмадов А.М., Гедакян Э.Г., Саргсян Н.М., Мхитарян Л.А., Штейнберг В.В. Усиление интенсивности колебаний в Ленинакане // Вопросы инженерной сейсмологии. – 1991. – Вып. 32. – С. 5–14.
11. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.

**FELT EARTHQUAKE of JULY 4, 2017 with $ML=3.7$, $I_0=5-6$
to NORTHWEST of the 1988 SPITAK EARTHQUAKE SOURCE ZONE**

G.R. Abgaryan¹, H.V. Sargsyan¹, N.V. Petrova²

¹Regional Seismic Protection Service of the Ministry of Emergency Situations,
Gyumri, Armenia, ovash@yandex.ru

²Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, npetrova@gsras.ru

Abstract. The instrumental data and results of macroseismic survey of the July 4, 2017 earthquake with $ML=3.7$, $I_0=5-6$, occurred in the source zone of the devastating Spitak earthquake of 1988 with $I_0=10$, are given. The earthquake was accompanied by a sound like an explosion. According to the focal mechanism parameters, a reverse faulting occurred along the *NP1* plane of northwest strike and northeast dipping, or a thrust along the near-meridional *NP2* plane dipping west. The migration of aftershocks to the north and east in October-December 2017 testifies in favor of choosing the *NP1* nodal plane as the main one. An isoseismal map of the earthquake is constructed, according to which the isoseists are oriented to the northeast. The discrepancy between their orientation and the strike of the nodal planes is explained by the predominant influence on the macroseismic field of northeast oriented Akhourian fault, in the zone of which most of the surveyed settlements are located.

Key words: seismogram, focal mechanism, aftershock, macroseismic, isoseismal map.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.33 **EDN:** MQTRVZ

For citation: Abgaryan, G.R., Sargsyan, H.V., & Petrova, N.V. (2022). [Felt earthquake of July 4, 2017 with $ML=3.7$, $I_0=5-6$ to Northwest of the 1988 Spitak earthquake source zone] // *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 354–360. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.33. EDN: MQTRVZ

References

1. Kondorskaya, N.V., Wandisheva, N.V., Zakharova, A.I., Sargsyan, H.V., & Chepkunas, L.S. (1991). [Spitak earthquake on December 7, 1988. Instrumental data]. In *Zemletriaseniia v SSSR v 1988 godu* [Earthquakes in the USSR in 1988] (pp. 60–73). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
2. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Khachkalyan, K.L., & Mkhitarjan, M.G. (2022). [Catalog of earthquakes in Armenia and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).

3. Sargsyan, H.V., Abgaryan, G.R., Geworgyan, A.A., & Khachkalyan, K.L. (2022). [Seismicity of Armenia and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 66–73. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.05. EDN: PRTXLW
4. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
5. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations, 2016–2017. (2022). Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2016/
6. Gevorgyan, A.A. (2022). [Catalog of Earthquake Focal Mechanisms in Armenia for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
7. Rautian, T.G. (1960). [Energy of earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti (Trudy IFZ AN SSSR, № 9(176))* [Methods of Detail Study of Seismicity] (pp. 75–114). Moscow, Russia: Inst. Fiz. Zemli Akad. Nauk SSSR Publ. (In Russ.).
8. Gabrielyan, A.A., Sargsyan, O.A., & Simonyan, G.P. (1981). Seismotectonics of the Armenian SSR. Yerevan, Armenia: Yerevan State University Publ., 283 p.
9. Ismail-Zadeh, A., Adamia, S., Chabukiani, A., Chelidze, T., Cloetingh, S., Floyd, M., ... & Soloviev, A. (2020). Geodynamics, seismicity, and seismic hazards of the Caucasus. *Earth-Science Reviews*, 207, 103222 p.
10. Khalturin, I.I., Shomakhmadov, A.M., Gedakyan, E.G., Sargsyan, N.M., Mkhitarian, L.A., & Shteinberg, V.V. (1991). Strengthening the intensity of the oscillations in Leninakan. *Questions of engineering seismology*, 32, 5–14. (In Russ.).
11. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaia shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).