

ПРОЯВЛЕНИЯ на ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ ДВУХ АХАРСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
11 августа 2012 г. в 12^h23^m с $M_{wGCSMT}=6.5$ и в 12^h34^m с $M_{wGCSMT}=6.3$, $I_0=8$ (Северо-Запад Ирана)

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

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

Аннотация. 11 августа 2012 г. в 12^h23^m и в 12^h34^m в Северо-Западном Иране произошли два сильных землетрясения с $M_{L Арм}=6.4$ и $M_{L Арм}=6.2$ соответственно. Эпицентры землетрясений находились к северо-востоку от г. Тебриза, в районе г. Ахар, на глубине $h=10$ км. Интенсивность сотрясений в эпицентральной зоне составила 8 баллов. Землетрясения ощущались на очень большой территории, включая Азербайджан и Армению. В Армении максимальные сотрясения составившие 5–6 баллов отмечены на юге, в г. Мегри. Более слабые сотрясения, до 3 баллов, проявились до крайнего севера республики. Для изучения последствий Ахарских землетрясений была создана совместная группа южной и северной службы МЧС Республики Армения. В результате построена карта изолиний из пяти изосейст. В работе отмечено большое число афтершоков. По разбросу эпицентральных расстояний афтершоков до станции «Степанаван» сделана оценка размера очагов главных толчков около 50 км. Обсуждаются разные решения эпицентров главных толчков и механизмов их очагов по республиканским и международным данным.

Abstract. The two strong earthquakes with $M_{L Арм}=6.4$ and $M_{L Арм}=6.2$ were happened in North-West Iran on August 11, 2012 at 12^h23^m and at 12^h34^m respectively. Epicenters of earthquakes were to the north-east of Tabriz, in the region of Akhar, at a depth of $h=10$ км. The intensity of concussions in the epicentral zone was 8 points. Earthquakes were felt on a very large territory, including Azerbaijan and Armenia. The maximum concussions in Armenia were recorded in the south, in the city of Meghri, and amounted to 5-6 points. Weaker concussions, up to 3 points, showed up to the far north of the Republic. A joint group of the Southern and Northern Service of the Ministry of Emergency Situations of Armenia was established to study the consequences of the Achar earthquakes. A map of isolines of five isoseists is constructed as a result. A large number of aftershocks is noted. The size of the foci of major tremors is estimated at about 50 km were done according to the spread of the epicentral distances of aftershocks to the Stepanavan station. Various solutions of the epicenters of the main shocks and mechanisms of their foci are discussed according to the republican and international data.

Инструментальные данные. 11 августа 2012 г. в 12^h23^m и в 12^h34^m в Северо-Западном Иране произошли два сильных землетрясения с $M_{L Арм}=6.4$ и $M_{L Арм}=6.2$ соответственно. А между сильными землетрясениями, в 12^h30^m, произошло землетрясение с $M_{L Арм}=4.9$ [1]. Эпицентры двух главных толчков находились к северо-востоку от г. Тебриз (рис. 1).

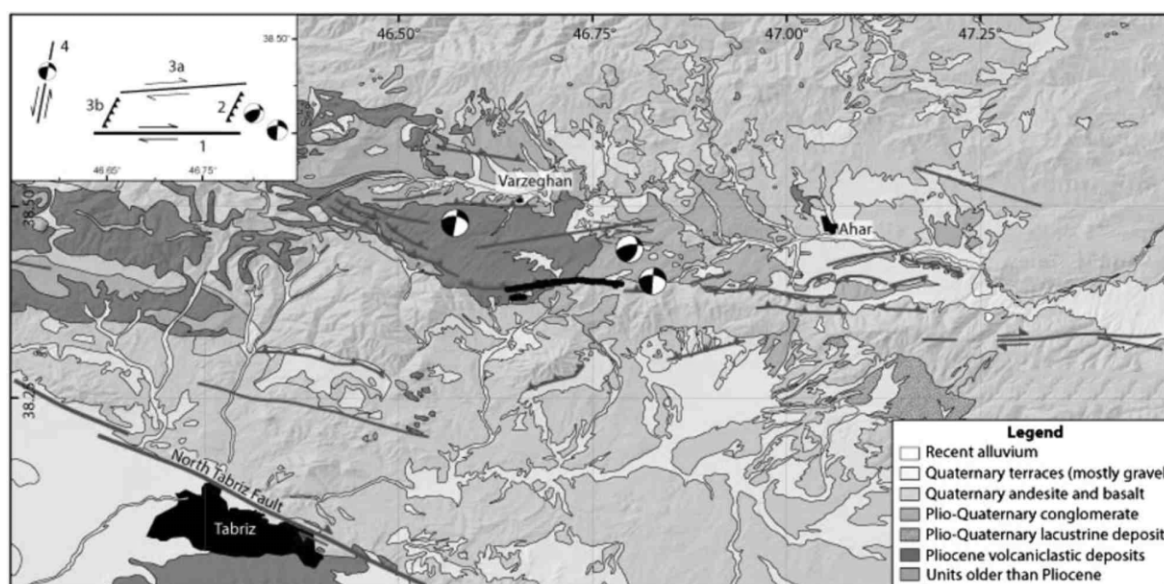


Рис. 1. Сейсмотектоническая позиция Ахарских землетрясений 11 августа 2012 г. в 12^h23^m и в 12^h34^m и механизмы их очагов с максимальным афтершоком из [2]

Ахарские землетрясения обработаны и лоцированы многими международными и региональными агентствами, приведенными в табл. 1.

Таблица 1. Разные решения параметров Ахарских землетрясений 11 августа 2012 г.

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Ис-точ-ник
			φ°, N	$\delta\varphi$, км	λ°, E	$\delta\lambda$, км	h , км	δh , км		
Ахарское-I землетрясение										
HCC3/NSSP	12 23 14.0	0.5	38.42	10	46.88	10	10		$M_{L\text{Арм}}=6.4$	[1]
PICC/AZER	12 23 12.9	1.2	38.31	5.5	46.76	3.4	10	0.4	$M_{L\text{Азр}}=(6.4\pm 0.3)/31$	[3]
TEH	12 23 15.2	0.5	38.39		46.81		9		$ML=6.5$	– " –
THR	12 23 17.3	0.5	38.63	4.6	46.91	2.8	34.1	5.5	$ML=6.0$	– " –
DSN	12 23 18.4	0.45	38.20	9.8	46.97	5.1	9		$M_s=(6.9\pm 0.3)/10$, $m_b=(6.2\pm 0.5)/12$	– " –
OBN (CCД)	12 23 17		38.46		46.91		10		$MS=6.5$, $MPVA=6.1$	[4]
MOS	12 23 16.3	1.27	38.36	3.9	46.81	2.5	11.0		$MS=6.5/89$, $MPSP=6.2/104$	[5]
ISC	12 23 17.7	0.38	38.40	2.7	46.84	2.0	8.7	2.1	$M_s=(6.6\pm 0.1)/535$, $m_b=(6.1\pm 0.2)/521$	[3]
ISCJB	12 23 16.4	0.31	38.30	1.8	46.81	1.1	13.3 14.3*	2.0	$h_{pP}=14.3$	– " –
NEIC	12 23 18.2	0.14	38.33	3.9	46.83	2.4	11		$M_s=6.7/299$, $m_b=6.2/297$, $M_w=6.3$	– " –
GCMТ	12 23 20.2	0.10	38.31		46.80		15.0f		$M_w=6.5/148$	– " –
IDC	12 23 15.8	0.29	38.35	7.4	46.77	6.6	0f		$M_s=6.5/76$, $m_b=5.4/59$	– " –
EMSC	12 23 18.1		38.41		46.81		10f		$M_w=6.4$	– " –
NNC	12 23 17.5	5.5	38.59	52.3	46.88	35.3	0		$K_p=13.9$, $m_b=6.0$, $m_{pV}=6.3$	– " –
Ахарское-II землетрясение										
HCC3/NSSP	12 34 34.9	0.5	38.47	10	46.88	10	10		$M_{L\text{Арм}}=6.2$	[1]
PICC/AZER	12 34 32.4	0.2	38.40	8.6	46.79	1.7	9.9	1.1	$M_{L\text{Азр}}=(6.4\pm 0.4)/30$	[3]
TEH	12 34 33.8	0.8	38.39		46.81		4		$ML=6.3$	– " –
THR	12 34 34.5	0.5	38.56	8.5	46.77	2.6	18	13	$ML=6.0$	– " –
ISN	12 34 30.8	1.3	38.59	48.2	46.75	33.6	0		$ML=6.1$	– " –
DSN	12 34 37.2	0.48	38.20	10.6	46.83	5.7	9.0		$m_b=(6.4\pm 0.5)/12$	– " –
OBN (CCД)	12 34 34.6		38.36		46.84		10		$M_s=6.4/23$, $MPVA=6.2/25$	[4]
MOS	12 34 33.7	1.2	38.34	4.1	46.76	2.5	2.6	10.0	$MS=6.3/26$, $MPSP=6.3/117$	[5]
ISC	12 34 36.6	0.46	38.38	3.0	46.80	2.2	8.7	2.1	$m_b=(6.1\pm 0.2)/405$	[3]
ISCJB	12 34 33.9	0.06	38.35	1.5	46.74	1.5	10.0 15.5*	2.0	$h_{pP}=15.5$	– " –
NEIC	12 34 35.9	0.11	38.39	3.2	46.74	2.1	12f		$m_b=6.3/214$, $M_w=6.2$	– " –
GCMТ	12 34 38.9	0.10	38.35		46.78		19.2	0.4	$M_w=6.3/140$	– " –
PDG	12 34 36.1	0.20	38.48		46.75		10		$m_b=6.2/9$	– " –
NNC	12 34 37.8	5.0	39.05	46.2	46.85	30.7	0		$m_b=6.5$, $m_{pV}=6.3$,	– " –
BJI	12 34 33.3	1.3	38.39		46.77				$M_s=6.5/74$, $m_b=5.9/78$	– " –
IDC	12 34 33.5	0.28	38.40	7.4	46.78	6.4	0f		$M_s=6.3/16$, $m_b=5.7/61$	– " –
EMSC	12 34 36.1		38.48		46.75		10		$M_w=6.3$	– " –

Примечание. Расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к настоящему ежегоднику.

Глубины очагов Ахарских землетрясений варьируют в табл. 1 в пределах $h_1=0-34$ км, $h_2=0-18$ км, но наиболее вероятны глубины, определенные по глубинным фазам обменных pP -волн, равные $h_1^*=14.3$ км, $h_2^*=15.5$ км.

Наглядное изображение разброса разных решений в плане показано на рис. 2.

Как видим, прямые кресты решений Армении (с кодом NSSC в бюллетенях ISC) неплохо согласуются с решениями ближайших соседей – Азербайджана (AZER), Ирана (TEH) и решениями основных агентств: ISC, MOS, IDC, NEIC, GCMТ.

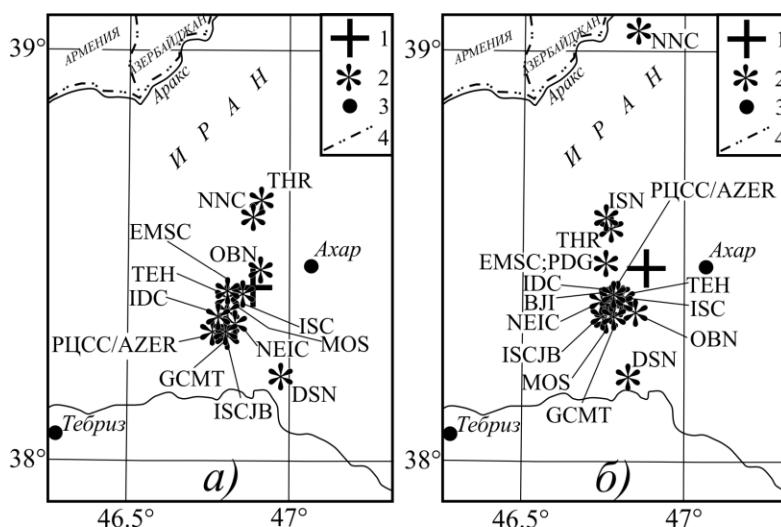


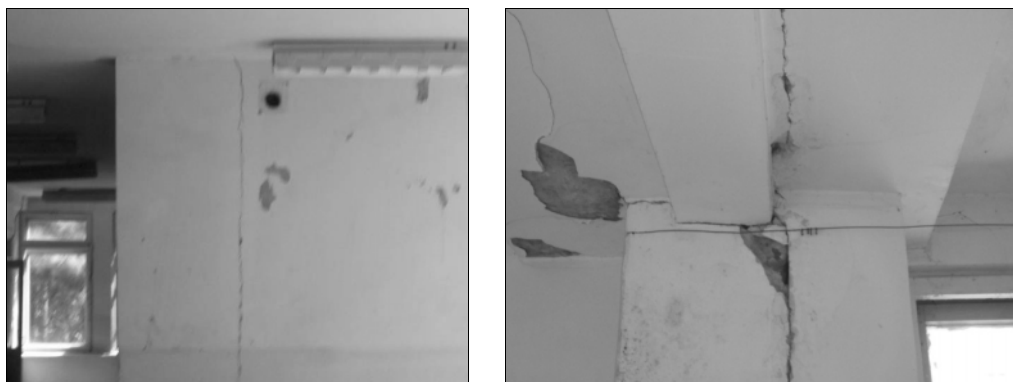
Рис. 2. Сопоставление решений эпицентров Ахарских землетрясений 11 августа 2012 г. в 12^h23^m с $M_{L, Арм}=6.4$ (а) и в 12^h34^m с $M_{L, Арм}=6.2$ (б) по данным станций сети Армении (NSSP) с решениями других агентств

1 – инструментальный эпицентр NSSP; 2 – решения по данным других сейсмологических служб; 3 – населенный пункт; 4 – государственная граница.

Макросейсмические данные. Основной удар стихии в Иране пришелся на города Ахар (рис. 1), Варзаган, Хариз. Согласно NEIC [3], число жертв землетрясений составило 306 человек, ранения получили более 3 000, без крова остались свыше 30 000 человек. Большие потери вследствие основных толчков понесли селения Гурде, Дино и г. Ахар. Люди вышли из домов и ночевали на улицах или на открытых территориях. Землетрясение ощущалось в городах Тебриз, Маранд, Шабастар, Мамадан; на западе – Урмия, Хой, Сальмас, на востоке – Бостанбад, Ардебиле и Мешкиншах; в провинции Гилан – Астара, Рашт, Сомесара. По данным сейсмологов Ирана [6], максимальная интенсивность сотрясений в эпицентре составляла 8 баллов, а ускорение – до 0.50 g.

Данное землетрясение ощущалось на огромной территории, в том числе в приграничных республиках – Армении и Азербайджане. В Республике Азербайджан землетрясение ощущалось с интенсивностью до 4–5 баллов в Ордубаде; в Лерике – 3–4 балла; в Лянкяране, Астаре, Масаллах – 3 балла; в Сальяне, Барде – 2–3 балла; в Мингячевире – 2 балла [7].

Для изучения последствий Ахарских землетрясений на территории Республики Армения была создана группа по изучению макросейсмического эффекта совместно с коллегами южной и северной служб ССЗ МЧС РА. Они изучали последствия Ахарских землетрясений на юге республики. Были составлены анкеты соответствующей формы для сбора сведений об ощущаемости в населенных пунктах. Максимальный эффект 5–6 баллов наблюдался в г. Мегри: люди были в испуге, землетрясение сопровождалось гулом, «визгом», передвигались легкие предметы, сыпалась штукатурка со стен комнат. Ниже приведены фотографии поврежденных домов на юге Республики Армения (рис. 3).



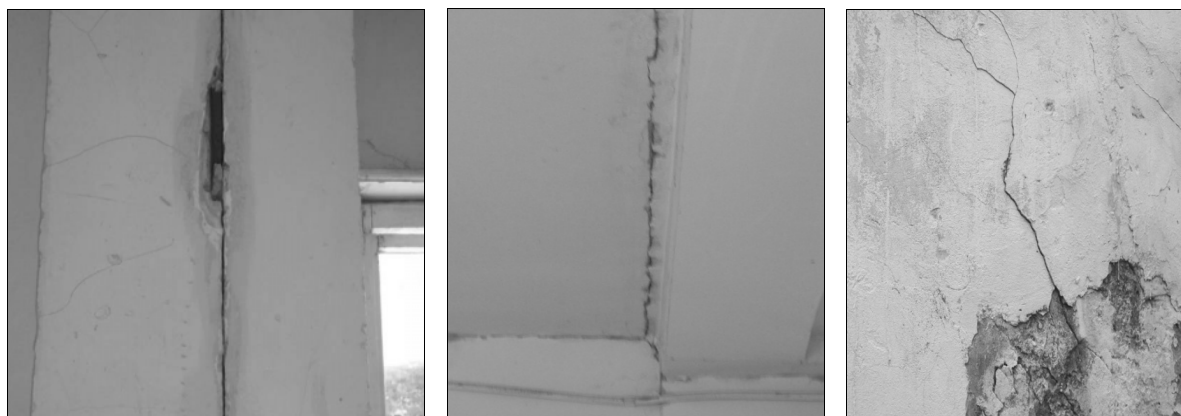


Рис. 3. Повреждения зданий Ахарскими землетрясениями 11.08.2012 г. на юге Республики Армения

Землетрясение охватило большую площадь, ощущалось в Ереване, Гаваре, даже на севере Республики Армения долго качались люстры. Макросейсмические данные о проявлениях Ахарских землетрясений приведены в табл. 2.

Таблица 2. Макросейсмические данные о суммарном эффекте Ахаринских землетрясений по территории Республики Армения

№	Пункт	φ°, N	λ°, E	Δ, км	№	Пункт	φ°, N	λ°, E	Δ, км
	<u>5–6 баллов</u>				11	Воротан	39.49	46.14	130
1	Швадзор	38.93	46.37	66	12	Вахатин	39.50	46.12	132
2	Агарак	38.87	46.19	70	13	Сисиан	39.52	46.03	137
3	Мегри	38.91	46.24	69		<u>4 балла</u>			
4	Гудемнис	38.93	46.17	76	14	Спандарян	39.62	45.90	152
5	Легваз	38.93	46.21	74	15	Степанакерт	39.82	46.78	157
6	Вааравар	38.94	46.17	77	16	Горайк	39.66	45.81	160
7	Капан	39.20	46.40	92		<u>3–4 балла</u>			
	<u>5 баллов</u>				17	Гавар	40.34	45.12	256
8	Курис	39.28	46.11	110	18	Ереван	40.18	44.59	270
9	Шинойр	39.43	46.31	118		<u>3 балла</u>			
10	Горис	39.51	46.34	126	19	Гюмри	40.8	43.84	362

Построенная по этим данным карта изосейст на территории Армении изображена на рис. 4 в двух видах: изолиниями (а) и схематическими площадями (б) с включением и территории Нагорного Карабаха.

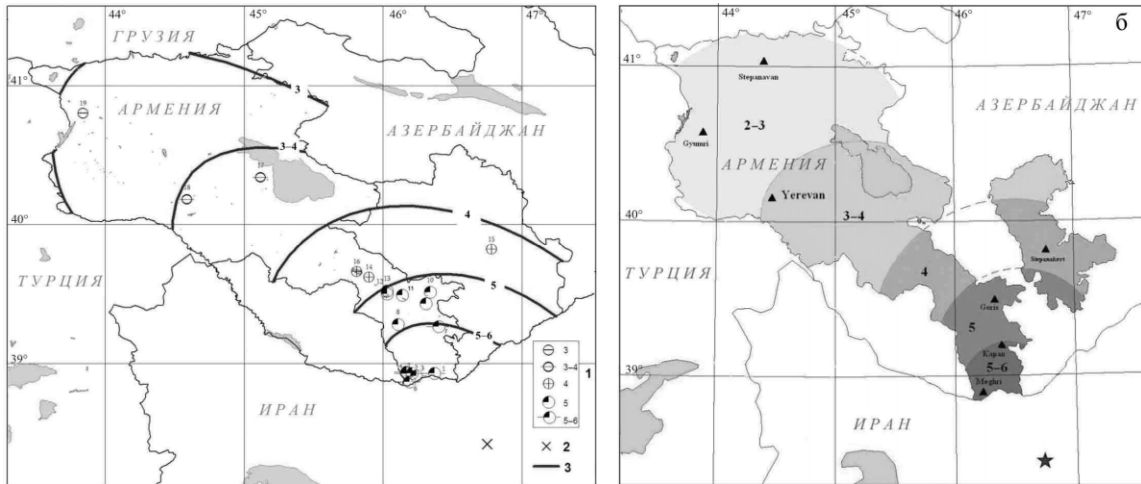


Рис. 4. Карта изосейст Ахарских землетрясений на территории Республики Армения в изолиниях (а) и в площадях (б), включая территорию Нагорного Карабаха

Афтершоки. Землетрясения сопровождались многочисленными афтершоками. На рис. 5 приведены афтершоки Ахарских землетрясений с 11 по 24 августа 2012 г.

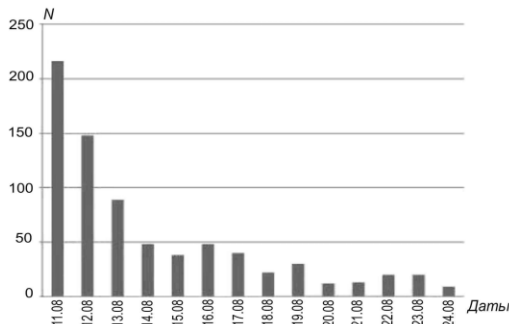


Рис. 5. Распределение афтершоков Ахарских землетрясений за 11–24 августа 2012 г.

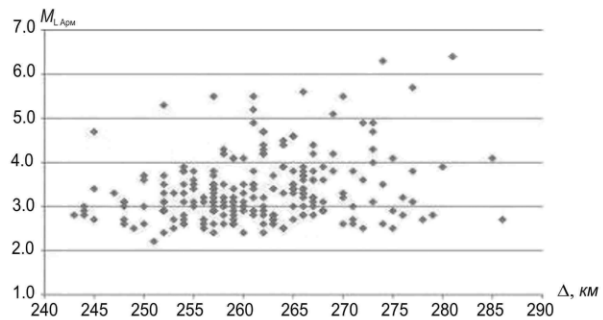


Рис. 6. Распределение афтершоков Ахарских землетрясений по magnitude и эпицентральному расстоянию на станции «Степанаван» за 11–24 августа 2012 г.

Из гистограммы на рис. 5 видно, что высокая частота распределения афтершоков наблюдается 11, 12 и 13 августа 2012 г. Распределение этих же афтершоков по magnitude и эпицентральному расстоянию Δ (км) показано на рис. 6 до конкретной сейсмической станции «Степанаван». Как видим, величина Δ колеблется в интервале 240–290 км. Тогда суммарная длина разрывов в очагах Ахарских землетрясений по этим данным составляет около 50 км.

Механизм очага Ахарских землетрясений 11 августа 2012 г. в 12^h23^m и в 12^h34^m рассчитан по методу момента центра (Centroid Moment Solution) в Национальном центре информации о землетрясениях Геологической службы США, USGS NEIC и по методу тензора момента центра – Quick CMT Catalog, США [5, 8]. Диаграммы механизмов очага в проекции на нижней полусфере показаны на рис. 7. Элементы механизмов представлены в табл. 3 вместе с решениями Армении (NSSP) [9].

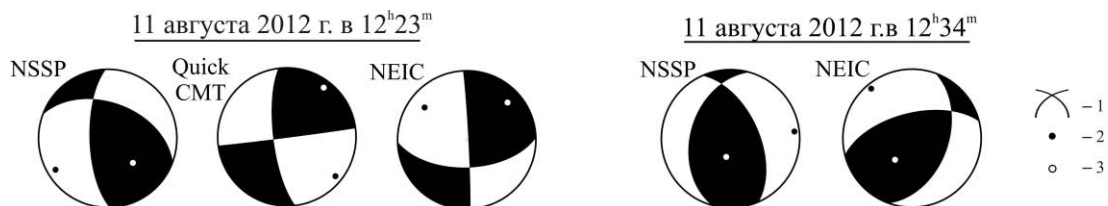


Рис. 7. Диаграммы механизмов очагов Ахарских землетрясений в проекции нижней полусферы

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

Таблица 3. Механизм очага Ахарских землетрясений в 12^h23^m и в 12^h34^m

Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агентство
T		N		P		NP1			NP2			
PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
Ахарское-I землетрясение в 12 ^h 23 ^m												
48	234			13	239	290	47	30	178	68	132	NSSP
21	48	57	175	24	308	357	88	-33	89	57	-178	NEIC
12	36	74	259	11	129	173	74	1	82	89	164	Quick CMT
Ахарское-II землетрясение в 12 ^h 34 ^m												
68	194			8	83	336	56	65	195	41	122	NSSP
58	218	7	320	31	55	256	60	127	19	47	43	NEIC

Решения механизма очага Ахарского-I землетрясения в 12^h23^m по данным USGS NEIC и Quick CMT подобны. Согласно USGS, одна из нодальных плоскостей *NP1* крутопадающая ($DP_1=88^\circ$), ее простирание близмеридиональное ($STK_1=358^\circ$). Другая плоскость – *NP2* залегает более полого ($DP_2=57^\circ$) и имеет близширотное простирание ($STK_2=89^\circ$). Землетрясение возникло под действием близких по величине напряжений сжатия, ориентированных на северо-запад, и напряжений растяжения, ориентированных на северо-восток. Тип движения по *NP1* – левосторонний сдвиг по вертикальной плоскости с небольшой компонентой сброса, по *NP2* – правосторонний сдвиг.

Согласно Quick CMT, обе нодальные плоскости имеют крутое падение. Плоскость *NP1* близмеридионального простирания ($STK_1=173^\circ$) имеет падение $DP_1=74^\circ$, плоскость *NP2* близширотного простирания ($STK_2=83^\circ$) залегает более круто ($DP_2=89^\circ$). Как и в решении NEIC, землетрясение возникло под действием близких по величине напряжений сжатия, ориентированных на северо-восток, и напряжений растяжения, ориентированных на юго-восток. Тип движения по *NP2* – правосторонний сдвиг, по *NP1* – левосторонний сдвиг. Местное решение, NSSP, свидетельствует о превалировании напряжений сжатия, ориентированных на запад-юго-запад, которые по более крутой ($DP_1=68^\circ$) плоскости *NP2* вызвали взброс, осложненный компонентами правостороннего сдвига, а по более наклонной ($DP_2=47^\circ$) плоскости *NP1* запад-северо-западного простирания ($STK_2=290^\circ$) – левосторонний сдвиг с компонентами взброса.

Решения механизма очага Ахарского-II землетрясения в 12^h34^m по данным NEIC и NSSP также приведены на рис. 8/7. В этом случае обе нодальные плоскости в обоих вариантах имеют меньшие углы падения. По решению NEIC, в очаге несколько превалировали напряжения сжатия, ориентированные на восток-северо-восток (55°). В результате по плоскости *NP1* большего наклона (60°) реализовался взброс с компонентами правостороннего сдвига, а по более пологой (47°) плоскости *NP2* – левосторонний сдвиг с элементами надвига. По решению NSSP, преобладание напряжений сжатия было в значительно большей степени, что привело к взбросовым подвижкам по обеим близмеридиональным нодальным плоскостям с небольшими компонентами сдвига, левосторонними по плоскости *NP1* и правосторонними – по *NP2*.

Л и т е р а т у р а

1. 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.
2. Donner S., Ghods A., Krüger F., Rößler D., Landgraf A., Ballato P. The Ahar-Varzeghan Earthquake Doublet (M_w 6.4 and 6.2) of 11 August 2012: Regional Seismic Moment Tensors and a Seismotectonic Interpretation // Bulletin of the Seismological Society of America. – 2015. – **105**. – No. 2A. – P. 791–807. doi: 10.1785/0120140042
3. International Seismological Centre, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
4. ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН» [Сайт]. – Информационные сообщения о землетрясениях. – URL: http://www.ceme.gsr.ru/cgi-bin/info_quake.pl

-
5. **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
 6. **Mousavi M., Zafarani H., Rahpeyma S., Azarbakht A.** Test of Goodness of the NGA Ground-Motion Equations to Predict the Strong Motions of the 2012 Ahar–Varzaghan Dual Earthquakes in Northwestern Iran // *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2014. – **104**. – No. 5. – P. 2512–2528.
 7. **Гаравелиев Э.С. (отв. сост.), Михайлова Р.С., Левина В.И. (сост.)**. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Азербайджана и прилегающих территорий в 2012 г. // *Землетрясения Северной Евразии*. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
 8. **Global Centroid Moment Tensor (CMT) Catalog** [Сайт]. – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>
 9. **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.