

**БАЛАКЕНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 14 октября 2012 г.****с  $M_{L\text{Азр}}=5.6$ ,  $M_w=5.6$ ,  $I_0=7$  (Азербайджан)****Г.Д. Етирмишли, С.С. Исмаилова, Э.С. Гаравелиев, И.Э. Казымов**Республиканский центр сейсмологической службы НАН Азербайджана,  
г. Баку, *science@azeurotel.com*

**Аннотация.** В статье приведены инструментальные и макросейсмические сведения по Балакенскому землетрясению 14 октября 2012 г. с интенсивностью в эпицентре 7 баллов и  $M_{L\text{Азр}}=5.6$ , локализованному в Азербайджанской части Большого Кавказа, в окружении Айричай-Алятского и Вандамского глубинных разломов. Оно предвлялось тремя форшоками. После главного толчка в первый день зарегистрировано 33 афтершока. Их активность проявлялась в течение трех последующих месяцев ( $N_S=69$ ). Все они распределены в интервале глубин от 2 до 25 км. Подвижка в очаге главного толчка типа сброс с элементами сдвига. Макросейсмические данные собраны в 45 населенных пунктах, построена карта изосейств с  $I$  от 7 до 3 баллов. Приведено описание сеймотектонической позиции очага и исторической сейсмичности в очаговой зоне.

**Abstract.** The instrumental and macroseismic data on the Balaken earthquake on October 14, 2012 with intensity at the epicenter  $I_0=7$  and local  $M_{L\text{Азр}}=5.6$ , localized in the Azerbaijan part of the Greater Caucasus, surrounded by the Ayrichay-Alyat and Vandam deep faults, are presented. It was preceded by three foreshocks. The 33 aftershocks after the main shock were recorded on the first day. Their activity was manifested during the next three months ( $N_S=69$ ). All of them are distributed in the depth interval from 2 to 25 km. Slip in the source of the main shock is a normal fault with strike-slip elements. Macroseismic data were collected in 45 settlements and isoseismals map was constructed with  $I$  from VII to III. A description of the seismotectonic position of the source and the historical seismicity in the focal zone is given.

14 октября 2012 г. в 10<sup>h</sup>13<sup>m</sup>, в 28 км к западу от г. Загаталы, в Балакенском районе произошло землетрясение с магнитудой  $M_{L\text{Азр}}=5.6$ . По инструментальным наблюдениям Республиканского Центра сейсмологической службы НАНА (РЦСС) координаты землетрясения равны:  $\varphi=41.66^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=46.27^\circ\text{E}$ , а глубина  $h=8$  км [1].

**Инструментальные данные** были определены и в других информационно-обрабатывающих центрах (табл. 1). Как следует из табл. 1, расхождения в координатах по широте и долготе по разным центрам составляют не более 0.3°.

**Таблица 1.** Разные решения параметров Балакенского землетрясения 14 октября 2012 г.

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ, \text{N}$	$\delta\varphi$ , км	$\lambda^\circ, \text{E}$	$\delta\lambda$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
РЦСС	10 13 36		41.66 41.71 <sub>м</sub>		46.27 46.30 <sub>м</sub>		8		$M_{L\text{Азр}}=5.6$	[1], наст. ст.
TIF	10 13 37.5	0.4	41.66		46.31		14		$ML=5.4$	[2]
DRS	10 13 39.2	0.38	41.77		46.17		16		$K_p=13.4$	[2]
OBN	10 13 37.3		41.76		46.35		4		$K_p=12.9$ , $MPVA=5.6$	[3]
MOS	10 13 37.1	1.4	41.72	3.9	46.39	3.1	10		$MS=5.1/36$ , $MPSP=5.3/75$	[4]
ISC	10 13 41.3	0.38	41.72	1.7	46.31	1.5	17.4 24*	1.8	$M_s=(5.4\pm 0.1)/164$ , $m_b=(5.2\pm 0.2)/289$ , $h_{pP}=24^*$	[2]
NEIC	10 13 38.6	0.12	41.82	3.2	46.40	2.2	10.0f		$M_s=5.4/111$ , $m_b=5.3/173$	[2]
GCMT	10 13 39.6	0.20	41.63	1.1	46.31	1.1	12.0f		$M_w=5.6/94$	[2]
IDC	10 13 35.8	0.31	41.71	6.9	46.35	5.9	0f		$M_s=5.2/22$ , $m_b=4.8/47$	[2]
EMSC	10 13 39		41.88		46.44		10		$M_w=5.4$	[5]
GFZ	10 13 39		41.89		46.58		10		$M_w=5.4$	[6]
ВJI	10 23 36.8	1.0	41.90		46.40		10		$M_s=5.6/70$ , $m_b=5.3/70$	[2]

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

Оценки глубины очага в приведенной таблице для реальных определений (исключая фиксированные значения) варьируют в интервале  $\Delta h=4-17$  км. Минимальное значение глубины  $h_{\min}=4$  км дает OBN, максимальное  $h_{\max}=17.4$  км – ISC. Еще большую глубину дает оценка по обменным волнам ( $h_{pp}=24$  км). Региональное значение  $h_{pCCS}=8$  км соответствует среднему между ними. Разброс в плане разных решений эпицентров из табл. 1 изображен на рис. 1.

Как видим, региональный эпицентр хорошо согласуется с решениями основных международных агентств – ISC, MOS, IDC, GCMT, а также с соседними Грузией (TIF) и Северным Кавказом (OBN). Отскакивают к северу решения двух Европейских центров (EMSC, GFZ) и Китайского (BJI).

Волновые записи Балакенского землетрясения на компоненте ННЗ представлены на рис. 2 для 29 цифровых станций, оснащенных однотипной американской аппаратурой – широкополосными сейсмометрами STS-2 [7].

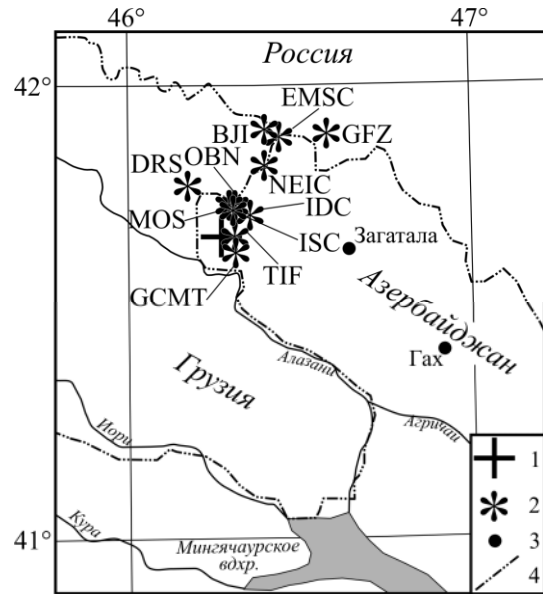


Рис. 1. Положение эпицентра Балакенского землетрясения по данным РЦСС и других агентств

1 – эпицентр РЦСС; 2 – другие решения; 3 – населенный пункт; 4 – государственная граница.

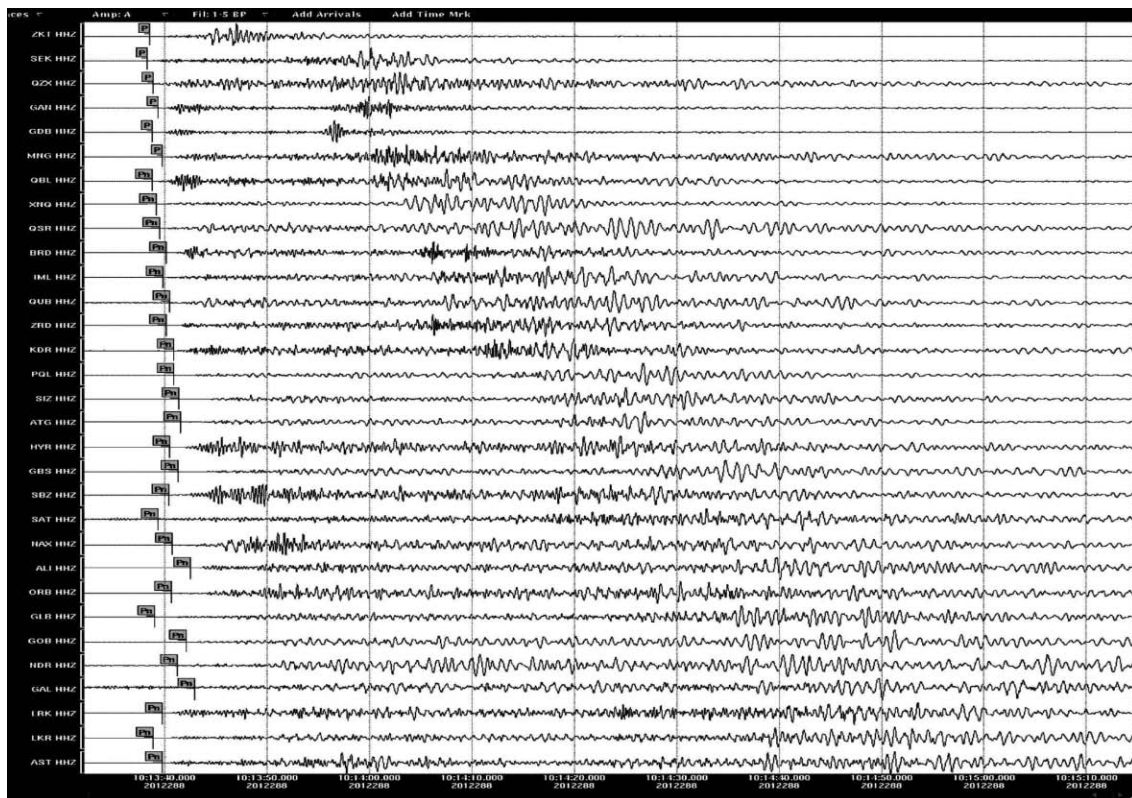


Рис. 2. Волновая картина землетрясения, произошедшего в Балакенской зоне 14 октября 2012 г. с магнитудой  $M_{L \text{ Azr}}=5.6$

Коды и названия станций: «Загатала» (ZKT), «Шеки» (SEK), «Газах» (QZX), «Гянджа» (GAN), «Гадабей» (GDB), «Мингечевир» (MNG), «Габала» (QBL), «Хыналыг» (XNQ), «Гусар» (QSR), «Барда» (BRD), «Исмаиллы» (IML), «Губа» (QUB), «Зардабаг» (ZRD), «Кюрдамир» (KDR), «Пиргулу» (PQL), «Сиязань» (SIZ), «Алтыгач» (ATG), «Гейдарабад» (HUR), «Гобустан» (GBS), «Шахбуз» (SBZ), «Саатлы» (SAT), «Нахчыван» (NAX), «Али (Байрамлы)» (ALI), «Ордубад» (ORB), «Джалилабад» (GLB), «Гобу» (GOB), «Нардаран» (NDR), «Гала» (GAL), «Лерик» (LRK) [7].

**Макросейсмические данные.** С наибольшей интенсивностью землетрясение ощущалось на территории таких селений как Халатала, Мешешамбул, Шариф, Ени Шариф, Сарыбулак, Талалар, Тюлу, Кайса и Казма. Здесь интенсивность землетрясения по шкале MSK-64 [8] была оценена в 7 баллов. В основном поврежденные дома в названных населенных пунктах были построены из кирпича-сырца и местных речных камней. Эти постройки были отмечены как тип «А» по выше отмеченной шкале. Выявлены разрушения части стен и многочисленное разрушение бордюров из речных камней (рис. 3–4). В водном источнике в селении Шамбулбин, который до землетрясения имел слабую струю, после землетрясения дебит повысился, но вода стала мутной.



Рис. 3. Поврежденное здание в селе Сарыбулак



Рис. 4. Поврежденные здания в деревне Кайса и Ени Шарифли Балакенского района

В табл. 2 приводятся сведения об интенсивности сотрясений от Балакенского землетрясения на территории 45 населенных пунктов.

Таблица 2. Макросейсмические сведения о Балакенском землетрясении 14 октября 2012 г. с  $M_{L, \text{Азр}}=5.6$  на территории Балакенского района

№	Пункт	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$\Delta,$ км	№	Пункт	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$\Delta,$ км
	<u>7 баллов</u>								
1	Халатала	41.72	46.26	3.5	14	Коргала	41.61	46.37	13
2	Мешешамбул	41.69	46.26	3.5	15	Ититала	41.58	46.35	15.5
3	Шариф	41.74	46.25	5.0	16	Алибайрамлы	41.52	46.53	28.5
4	Сарыбулак	41.67	46.28	5.0	17	Загатала	41.63	46.64	29.0
5	Шамбулбина	41.71	46.34	5.0		<u>5 баллов</u>			
6	Талалар	41.72	46.36	6.0	18	Базар	41.54	46.67	35.5
7	Ени Шариф	41.74	46.23	6.0	19	Гёзбарах	41.52	46.74	42.0
8	Тюлу	41.74	46.36	6.5	20	Гах	41.41	46.92	61.0
9	Кайса	41.71	46.21	6.7		<u>4 балла</u>			
10	Казма	41.70	46.38	7.0	21	Шеки	41.19	47.17	92
	<u>6 баллов</u>					<u>3 балла</u>			
11	Махамалар	41.75	46.39	8	22	Агстафа	41.12	45.44	95
12	Балакен	41.71	46.40	8.5	23	Товуз	40.99	45.61	97.5
13	Дарвазбина	41.62	46.28	11.5	24	Шамкир	40.83	46.00	100.5
					25	Газак	41.09	45.35	103

№	Пункт	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$\Delta,$ км	№	Пункт	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$\Delta,$ км
26	Гянджа	40.68	46.36	114.5	36	Тергер	40.35	46.92	161.5
27	Огуз	41.07	47.46	119.5	37	Барда	40.39	47.12	164.5
28	Мингячевир	40.77	47.04	122	38	Гейчай	40.66	47.75	168.0
29	Ханлар	40.59	46.31	125	39	Уджар	40.52	47.66	174.5
30	Геранбой	40.61	46.79	129	40	Гусар	41.42	48.42	177.5
31	Гядабей	40.57	45.80	132.5	41	Губа	41.36	48.51	185.5
32	Дашкесан	40.51	46.06	133.5	42	Исмаиллы	40.78	48.16	186
33	Евлах	40.62	47.15	141	43	Агсу	40.58	48.41	216.5
34	Агдаш	40.65	47.48	146.5	44	Кюрдамир	40.37	48.19	217
35	Габала	40.98	47.85	152.5	45	Шамахи	40.63	48.65	230

Примечание. Эпицентральные расстояния рассчитывались от макросейсмического эпицентра  $\varphi_M=41.71^\circ N$ ,  $\lambda_M=46.30^\circ E$ .

На основе собранных фактических материалов была построена карта изосейст (рис. 5).

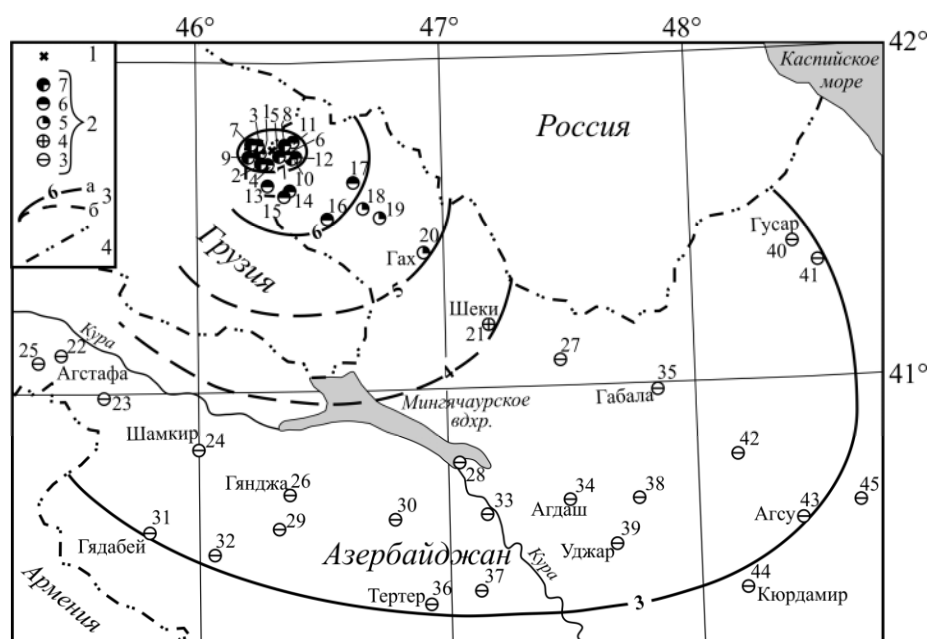


Рис. 5. Карта изосейст Балакенского землетрясения 14.10.2012 г. с  $M_{L_{Azp}}=5.6$  (сост. Э.С. Гаравелиев)

1 – макросейсмический эпицентр; 2 – балльность по шкале MSK-64; 3 – изосейста (а – надежная, б – экстраполированная); 4 – государственная граница.

Координаты макросейсмического эпицентра, определенные в центре 7-балльной изосейсты, равны:  $\varphi_M=41.71^\circ N$ ,  $\lambda_M=46.30^\circ E$ . Расстояние между эпицентрами, определенными по данным макросейсмических исследований и инструментальным данным, приблизительно составляет 6 км.

Для определения глубины очага землетрясения на основе макросейсмических данных была использована формула Ф.Т. Кулиева для горных зон Азербайджана из [9]:

$$I_0=1.5 MLH-3.3 \lg h+2.7, \quad (1)$$

где традиционно стоит магнитуда  $MLH$ , определяемая по полному горизонтальному вектору поверхностных волн. Используя выкладки о переходе от  $MLH$  к локальной магнитуде  $M_{L_{Azp}}$  в статье [10] наст. ежегодника по Загатайским землетрясениям 7 мая 2012 г., получим это уравнение, выраженное через локальную магнитуду  $M_{L_{Azp}}$ :

$$I_0=1.5 M_{L_{Azp}}-3.3 \lg h+2.5. \quad (2)$$

Отсюда при  $I_0=7$  и  $M_{L_{Azp}}=5.6$  получаем  $h_{10M}=15.2$  км, что согласуется с оценками глубины по данным Грузии, Дагестана и ISC в табл. 1, но в два раза больше, чем значения глубины по региональным данным и данным всего Северного Кавказа.

**Форшоки и афтершоки.** Данному землетрясению предшествовало три форшока [11]. Первый произошел 13 октября в 18<sup>h</sup>44<sup>m</sup> с  $M_{L\text{Азр}}=4.5$  и ощущался в Балакене и Загатале с интенсивностью 4 балла, а в Мингячевире, Гяндже и в Шеки – с интенсивностью до 3 баллов. Форшок, который произошел 14 октября в 10<sup>h</sup>08<sup>m</sup> с магнитудой  $M_{L\text{Азр}}=4.0$ , вызвал сотрясения с интенсивностью в эпицентре (в Балакене)  $I_0=4$  балла [12]. Третий форшок, в 10<sup>h</sup>13<sup>m</sup>, – слабый, с магнитудой  $M_{L\text{Азр}}=1.6$ .

Нужно отметить что, после Балакенского землетрясения активизировался процесс афтершоков. После главного толчка в первый день было зарегистрировано 33 афтершока. Всего в течение последующих трех месяцев было зафиксировано 69 афтершоков (рис. 6), а количество выделившейся энергии составило  $\Sigma E_{\text{афт}}=45 \cdot 10^{11}$  Дж.

Изменение во времени активности афтершоков показано на рис. 7.

Анализ афтершоков показал, что начиная с 22 ноября, наблюдается резкое снижение их числа.

**История сейсмичности.** По архивным макросейсмическим данным в этой зоне регистрировались землетрясения, начиная с 1890 г. [13]. На рис. 8 показана карта эпицентров исторических землетрясений, произошедших в районе Балакенской зоны за 1890–2012 гг. Данные землетрясения ощущались с интенсивностью до 7 баллов.

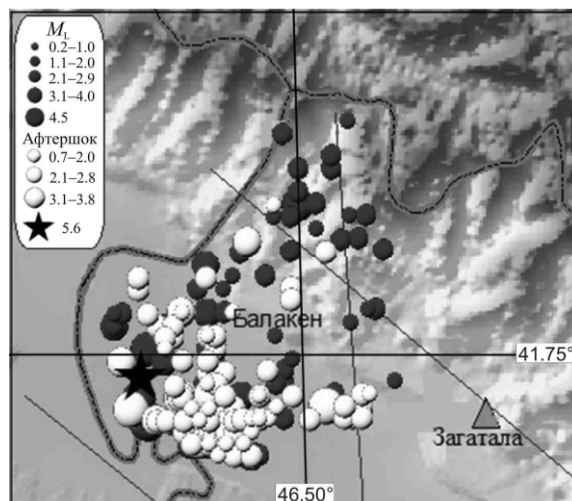


Рис. 6. Карта эпицентров главного толчка (черная звезда), афтершоков (белые шары) и других землетрясений (красные шары), произошедших в Балакенской зоне в 2012 г.

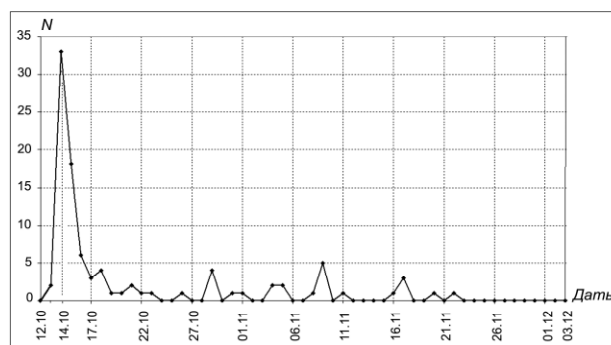


Рис. 7. Распределение афтершоков Балакенского землетрясения 14 октября с  $M_{L\text{Азр}}=5.6$  по дням

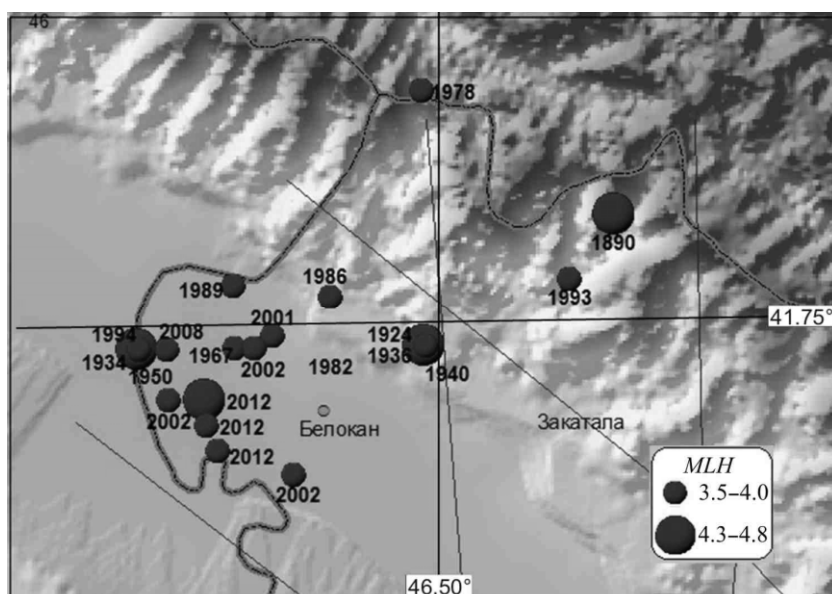
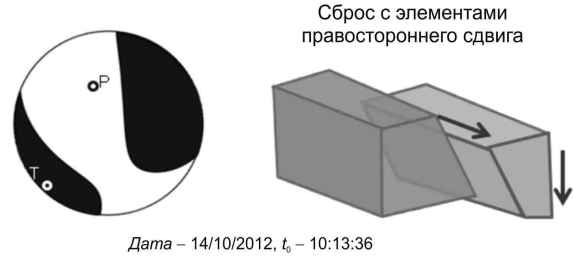


Рис. 8. Карта эпицентров исторических землетрясений за 1890–2012 гг., произошедших в Балакенской сейсмоактивной зоне [1, 13, 14]

**Механизм очага** Балакенское землетрясение 14 октября 2012 г. характеризовалось горизонтальными ( $PL_p=0^\circ$ ) растягивающими юго-западной ориентации ( $AZM=239^\circ$ ) и близвертикальными сжимающими ( $PL_T=48^\circ$ ) северо-западной ориентации ( $AZM=329^\circ$ ) напряжениями (рис. 10, табл. 4). Тип движения по обеим ( $DP=57^\circ$ ) плоскостям – сброс с элементами сдвига. Плоскость  $NP1$  имеет восток–юго-восточное простирание ( $STK_1=115^\circ$ ),  $NP2$  – северное ( $STK_2=2^\circ$ ). Сопоставление простирания нодальных плоскостей с линиями разломов показывает согласие второй нодальной плоскости  $NP2$  с двумя – поперечными Казах-Сигнахским и Шарур-Закатальским разломами [15].



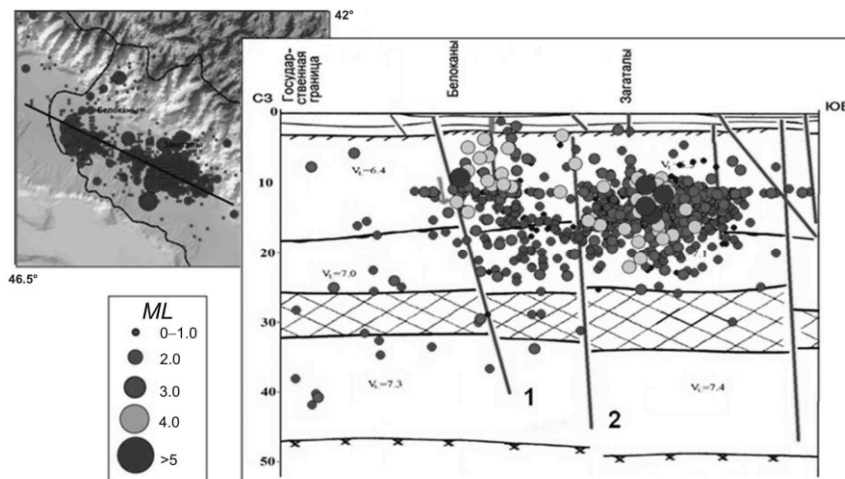
**Рис. 9.** Механизм очага Балакенского землетрясения 2012 г. и блок-схема смещения в очаге

**Таблица 3.** Параметры механизма очага Балакенского землетрясения 14 октября с  $M_{LA3p}=5.6$

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$h$ , км	$M_L$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
							T		N		P		NP1			NP2			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
1	14.10	10 13 36	41.66	46.27	8	5.6	0.0	239	41	149	48	329	116	58	-141	2	58	-39	РЦСС

**С сеймотектонической позиции** землетрясения, которые произошли в Балакене, располагаются на юго-западе Азербайджанской части Большого Кавказа [16] в окружении Айричай-Алятского и Вандамского глубинных разломов. Отметим, что в качестве центрального поднятия мезозойского ядра мегантиклинория Большого Кавказа выделяется Тфанский антиклинорий, в своде которого обнажаются наиболее древние для региона образования аалена и тоара. На южном крыле Тфанского антиклинория выделяется Закатало-Ковдагский синклиниорий, выполненный меловыми образованиями [17].

На рис. 10 представлен сейсмогеологический разрез в направлении с юго-запада на северо-восток вдоль очаговой зоны. Нужно отметить, что землетрясения распределены в основном в интервале глубин от 2 до 25 км, скопления более сильных очагов ( $M_{LA3p}>4.0$ ) расположены на глубине 4–10 км.



**Рис. 10.** Сейсмогеологический разрез Балакено-Закатальской сейсмогенной зоны  
Разломы: 1. Айричай-Алятский; 2. Вандамский (Геологический профиль построен по [14]).

Самым южным структурным элементом мезозойского ядра мегантиклинория Большого Кавказа на территории Азербайджана является Вандамский антиклинорий, сложенный в ядре вулканогенным байосом. На северо-западе, в пределах собственной Закатальской зоны в Балакенском районе, Вандамский антиклинорий представлен северной антиклиналью и смежной с севера синклиной, выполненной валанжином.

## Л и т е р а т у р а

1. 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  $K_p \geq 9.0$  в государственных границах +30 км за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
2. International Seismological Centre, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
3. Габсатарова И.П., Амиров С.Р., Цирихова Г.В. (отв. сост.), Абдуллаева А.Р., Александрова Л.И., Богачёва С.С., Гамидова А.М., Головкова Л.В., Гричуха К.В., Девяткина Л.В., Иванова Л.Е., Кабирова О.Г., Калугина И.Ю., Королецки Л.Н., Косая В.В., Лещук Н.М., Малянова Л.С., Мусалаева З.А., Перевозникова Я.Н., Петросян Э.Н., Селиванова Е.А. (сост.). Северный Кавказ ( $M \geq 2.3$ ) // Землетрясения России в 2012 г. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 112–118.
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](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2012)
5. Bulletin of the European Mediterranean Seismological Centre (EMSC) for 2012 [Сайт]. – URL: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php>
6. Helmholtz Centre Potsdam GFZ, German Research Centre For Geosciences, Potsdam, Germany [Сайт]. – URL: <http://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/form.php>
7. Етирмишли Г.Д., Керимова Р.Д., Тагиров И.М. (сост.). Сейсмические станции, работавшие на территории Азербайджана в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
8. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
9. Кулиев Ф.Т. Уравнение макросейсмического поля для Азербайджана и его геоструктурных областей // Сейсмологический бюллетень Кавказа за 1977 г. – Тбилиси: Мецниереба, 1980 – С. 129–140.
10. Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э., Исмаилова С.С., Гаравелиев Э.С. Загатаьское-III землетрясение 7 мая 2012 г. в  $04^{\text{h}}40^{\text{m}}$  с  $K_p=13.2$ ,  $M_{L_{\text{Азр}}}=5.6$ ,  $M_w=5.6$ ,  $I_0=7$  и Загатаьское-IV в  $14^{\text{h}}15^{\text{m}}$  с  $K_p=13.3$ ,  $M_{L_{\text{Азр}}}=5.7$ ,  $M_w=5.3$ ,  $I_0=7$  (Азербайджан) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 332–344.
11. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С. (отв. сост.), Михайлова Р.С. (сост.). Форшоки и афтершоки Балакенского землетрясения 14 октября 2012 г. с  $K_p=13.0$ ,  $M_{L_{\text{Азр}}}=5.6$ ,  $M_{w_{\text{ГСМТ}}}=5.6$  // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
12. 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.
13. 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.
14. Алиев А., Кенгерли Т., Ахундов А. Доклад о работе по мониторингу и разработке гидрогеологических и других геофизических полей для прогнозирования землетрясений на территории Азербайджанской Республики в 1991–96 гг. // Баку: МТК (Информационно- Архивный фонд), 1997 год.
15. Казымова С.Э. (отв. сост.), Михайлова Р.С., Левина В.И. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Азербайджана за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
16. Кенгерли Т.Н. Особенности геолого-тектонического строения юго-восточного Кавказа и вопросы нефтегазоносности // Научные труды ИНИ ГНКАР. – 2007. – № 9. – С. 3–14.
17. Хаин В.Е., Ализаде А. Геология Азербайджана. – Т. IV. – Тектоника. Баку: Nafta-Press, 2005. – С. 214–234.