

**ЗАГАТАЛЬСКОЕ-III ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 7 мая 2012 г. в 04<sup>h</sup>40<sup>m</sup>****с  $M_{L\text{Азр}}=5.6$ ,  $M_w=5.6$ ,  $I_0=7$  и ЗАГАТАЛЬСКОЕ-IV в 14<sup>h</sup>15<sup>m</sup>****с  $M_{L\text{Азр}}=5.7$ ,  $M_w=5.3$ ,  $I_0=7$  (Азербайджан)****Г.Д. Етирмишли, С.Э. Казымова, С.С. Исмаилова, Э.С. Гаравелиев***Республиканский Центр сейсмологической службы НАН Азербайджана,  
г. Баку sabina.k@mail.ru*

**Аннотация.** В статье приведены инструментальные и макросейсмические сведения по дуплету Загатальских землетрясений 7 мая 2012 г. в 04<sup>h</sup>40<sup>m</sup> и в 14<sup>h</sup>15<sup>m</sup> с интенсивностью в эпицентрах  $I_0=7$  баллов и  $M_{L\text{Азр}}=5.6$  и 5.7, локализованным на крайнем северо-западе Азербайджанской части Большого Кавказа. Данные события сопровождались многочисленными ( $N_{\Sigma}=868$ ) афтершоками, записанными стационарными и четырьмя временными станциями вблизи главных толчков. Область афтершоков имеет форму эллипса с осями 30×25 км, вытянутого в общекавказском направлении. Наибольшие разрушения связаны со строениями из кирпича и местных речных камней. Сведения об осязательности собраны в 54 населенных пунктах и построена карта изосейст от 7 до 3 баллов. Система напряжений и типы движений в их очагах, несмотря на небольшое (8 км) расстояние между ними, разные: сдвиги по обеим крутым нодальным плоскостям в 04<sup>h</sup>40<sup>m</sup> и сбросы со сдвигами по равнонаклонным (48°) плоскостям – в 14<sup>h</sup>15<sup>m</sup>. Можно предположить, что эти землетрясения являются следствием геодинамического режима земной коры Загатальской очаговой зоны, параметры которого обусловлены подвижками земной коры по системе продольных (общекавказского простирания) и поперечных (антикавказского простирания) разломов. Среди последних главная роль принадлежит, по всей вероятности, паре правосторонних сдвигов – Казах-Сигнахскому и Гянджачай-Алазанскому.

**Abstract.** The instrumental and macroseismic information on the doublet of the Zagatala earthquakes on May 7, 2012 at 04<sup>h</sup>40<sup>m</sup> and at 14<sup>h</sup>15<sup>m</sup> with intensity at the epicenters of  $I_0=VII$  and  $M_{L\text{Азр}}=5.6$  и 5.7, localized in the extreme north-west of the Azerbaijan part of the Greater Caucasus, are presented. These events were accompanied by numerous ( $N_{\Sigma}=868$ ) aftershocks recorded by stationary and four time stations near the main jolts. The aftershock area has the shape of an ellipse with axes of 30×25 km stretched in the general Caucasian direction. The greatest destruction is associated with the structures of bricks and local river stones. Data on sensibility are collected in 54 settlements and a map of intensity from VII to III. The system of stresses and types of movements in their outbreaks are different, despite a small (8 km) distance between them: shifts along both steep nodal planes at 04<sup>h</sup>40<sup>m</sup> and faults at equally inclined (48°) planes – at 14<sup>h</sup>15<sup>m</sup>. The fact that these earthquakes are a consequence of the geodynamic regime of the Earth's crust of the Zagatala focal zone, the parameters of which are determined by the movements of the earth's crust along a system of longitudinal (general Caucasian stretch) and transverse (anti-Caucasian) faults is expected. The main role among the latter belongs, probably, to a pair of right-sided shifts – Kazakh-Signak and Ganjachai-Alazani.

7 мая 2012 г. в Загатальском районе с интервалом в ~10 часов ( $t_0=04^h40^m$  и  $t_0=14^h15^m$  GMT) произошли землетрясения с магнитудами  $M_{L\text{Азр}}=5.6$  и 5.7 соответственно, характеризовавшиеся интенсивной афтершоковой деятельностью. Этим землетрясениям по традиции нужно присвоить порядковые номера «III» и «IV», т.к. очень известны Загатальское-I землетрясение 02.09.1936 г. с  $MLH=5.3$ ,  $I_0=6$  баллов и Загатальское-II – 29.06.1948 г. с  $MLH=6.1$ ,  $I_0=7$  баллов [1].

**Инструментальные данные** по новым двум Загатальским землетрясениям зафиксированы многими станциями мировой сети – 2396 и 2205 станций соответственно [2]. Согласно данным инструментальных наблюдений Республиканского Центра сейсмологической службы НАН Азербайджана (РЦСС), координаты землетрясений:  $\varphi_{III}=41.50^\circ N$ ,  $\lambda_{III}=46.58^\circ E$  и  $\varphi_{IV}=41.56^\circ N$ ,  $\lambda_{IV}=46.63^\circ E$ , расстояние между ними  $\Delta=7.9$  км; инструментальные глубины их очагов соответственно равны  $h_{III}=9$  и  $h_{IV}=12$  км [3]. Полученные по ним другие решения приведены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что значения глубин очагов варьируют в диапазоне  $h=0-23$  км; разброс решений эпицентров в плане показан на рис. 1.

В таблице дан также макросейсмический эпицентр как геометрический центр первой изосейсты высшего балла с  $I=7$  (конкретно в точке с координатами  $\varphi_m=41.50^\circ N$  и  $\lambda_m=46.69^\circ E$ ).

Таблица 1. Разные решения параметров Загатальских землетрясений 7 мая 2012 г.

Агент-ство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источ-ник
			$\varphi^\circ$ N	$\delta\varphi$ , км	$\lambda^\circ$ E	$\delta\lambda$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
<b>Загатальское-III землетрясение</b>										
РЦСС/ AZER	04 40 25.42		41.50 41.50 <sub>M</sub>		46.58 46.69 <sub>M</sub>		9 14 <sub>M</sub>		$M_{LAzp}=5.6, K_p=12.6$	[3], наст.ст.
TIF	04 40 26.87	0.4	41.503		46.708		15.4	2.3	$ML=5.7$	[2]
DRS	04 40 28.33	0.38	41.337		46.689		19.5		$K_p=13.7$	[2]
OBN	04 40 26.5		41.48		46.74		10		$K_p=13.0, MPVA=6.0$	[4]
MOS	04 40 25.8	1.4	41.464	3.3	46.849	2.4	10		$MS=5.6/129, MPSP=5.8/124$	[5]
ISC	04 40 28.43	0.32	41.523	1.7	46.765	1.5	17.4 17.0*	1.8	$M_s=(5.7\pm 0.1)/558,$ $m_b=(5.7\pm 0.2)/486, h_p=17.0$	[2]
NEIC	04 40 27.8	0.11	41.549	3.2	46.789	2.1	11.0f		$M_s=5.7/299, m_b=5.7/297, M_w=5.6$	- " -
GCMТ	04 40 27.80	0.10	41.460	1.1	46.680	1.1	15.0f		$M_w=5.6/125$	- " -
GFZ	04 40 28		41.60		46.82		13		$M_w=5.6$	
ATA	04 40 26.8	0.30	41.674	11.0	46.724	5.7	15.0		$M_s=5.3, M_w=6.1, ML=6.4$	- " -
THR	04 40 30.5	0.39	41.177	3.4	46.771	4.5	15.0f		$m_b=5.9$	- " -
IDC	04 40 25.58	0.31	41.511	7.9	46.771	5.9	0f		$M_s=5.4/54, m_b=5.3/46$	- " -
EMSC	04 40 27.90	0.05	41.560	2.1	46.798	1.7	12.0		$M_s=5.7, M_w=5.6, m_b=(5.7\pm 0.3)/99$	- " -
NNC	04 40 24.20	1.9	42.276	30.3	46.275	23.3	0f		$K_p=14.1, m_b=6.0$	- " -
BJI	04 40 26.50	1.0	41.54		46.67		23.0		$M_s=5.9/93, m_b=5.8/124$	- " -
<b>Загатальское-IV землетрясение</b>										
РЦСС	14 15 13.3	1.26	41.56 41.50 <sub>M</sub>		46.63 46.69 <sub>M</sub>		12		$M_{LAzp}=5.7, K_p=12.8$	[3], наст.ст.
TIF	14 15 13.49	0.5	41.682		46.813					[2]
DRS	14 15 11.38	0.32	41.361		46.472		14.5		$K_p=12.7$	[2]
OBN	14 15 13.7		41.55		46.71		10		$K_p=12.8, MPVA=5.3$	[4]
MOS	14 15 12.4	1.4	41.504	3.3	46.754	2.5	8.0		$MS=4.9/79, MPSP=5.7/123$	[5]
ISC	14 15 14.91	0.32	41.548	1.8	46.688	1.6	16.1 16.0*	1.9	$M_s=(5.0\pm 0.1)/195,$ $m_b=(5.6\pm 0.2)/457, h_p=16.0$	[2]
NEIC	14 05 14.45	0.52	41.553	2.8	46.719	1.7	11.9	3.3	$M_s=5.0/121, m_b=5.6/298, M_w=5.3$	- " -
GCMТ	14 15 13.2	0.10	41.63	1.1	46.77	1.11	12.0f		$M_w=5.3/128$	- " -
GFZ	14 15 13		41.61		46.79		10		$M_w=5.4$	
ATA	14 15 15.50	0.30	41.759	8.4	46.552	4.4	15.0		$M_w=5.9, ML=5.9$	- " -
THR	14 15 11.90	0.36	41.767	9.1	46.796	4.5	17.8		$ML=5.2$	- " -
IDC	14 15 12.59	0.30	41.558	8.1	46.644	5.6	0f		$M_s=4.8/46, m_b=5.2/46$	- " -
EMSC	14 15 14.60	0.04	41.601	1.8	46.738	1.4	12.0		$M_s=5.1, M_w=5.4, m_b=(5.6\pm 0.3)/99$	- " -
NNC	14 15 20.36	1.66	41.873	47.0	47.717	31.4	0f		$K_p=13.6, m_b=5.9, m_{pv}=6.0$	- " -
BJI	14 15 11.70	1.08	41.50		46.70		10.0		$M_s=5.5/92, m_b=5.4/86$	- " -

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

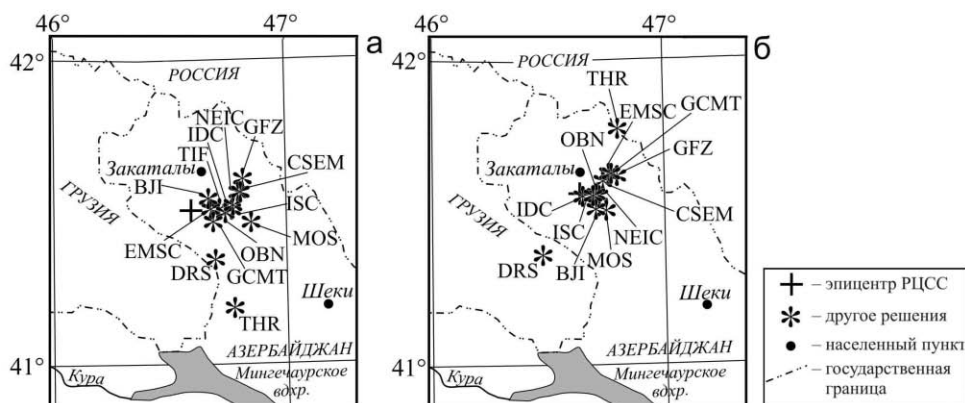


Рис. 1. Положение инструментальных эпицентров Загатальского-III и Загатальского-IV землетрясений по данным РЦСС (прямой крест) и других агентств

Как видим, решения Азербайджана, изображенные прямыми крестами, расположены чуть западнее всех других решений, примыкающих к ним с востока компактной группой. Наиболее удалены от этой группы решения Дагестана (DRS) и Ирана (THR).

**Макросейсмические исследования.** С целью макросейсмического обследования землетрясений макросейсмическая экспедиция РЦСС НАНА проводила работы на территориях, где ощущались землетрясения. На основе данных исследований было выявлено, что с наибольшей интенсивностью землетрясения ощущалось на территории таких селений, как Мухах, Чобанкол, Базар, Гымыр, Гезбарах, Зарна, Ени Сувагил, Мамрых, Тасмалы, Лагич, Тала, Алибад, Тураджели, а также Гах (табл. 2). Здесь интенсивность землетрясения по шкале MSK-64 [6] была оценена в 7 баллов. Постройки в данных селениях, подвергшиеся наибольшей уязвимости и разрушениям, выполнены в основном, из кирпича и местных речных камней. В селении Гезбахар многие здания, построенные из камня-«кубика», в той или иной степени были повреждены. Во время сильных колебаний жители в панике выбежали на улицу. Земля колыхалась. Дома скрипели, висячие предметы сильно раскачивались, попадали предметы с полок. Сильно сдвигались с места легкие, тяжелые и очень тяжелые предметы. В доме появились трещины, штукатурка отваливалась. По всему периметру, охватившему ряд зданий, встречались продольные, крестообразные, а также поперечные трещины шириной 1–2 см, были разрушены каменные заборы.

Землетрясение сопровождалось многочисленными ( $N=868$ ) афтершоками [7], некоторые из них на территориях Загатальского и Балакенского районов ощущались как 3-балльные. В Загатальском районе полностью обрушилось 274 строения, 2052 строения оказались в аварийном состоянии. В Балакенском районе обрушений не было, но 35 домов пришли в аварийное состояние. В Гахском районе обрушилось 250 строений, в аварийном состоянии оказалось 150 домов. На территории этих районов обрушились и пришли в аварийное состояние 177 социальных объектов (рис. 2, 3). Для ликвидации последствий МЧС в короткие сроки доставило в район землетрясения необходимую технику, оборудование, палатки, строительные материалы [8].



Рис. 2. Поврежденные здания в деревне Гымыр Загатальского района



Рис. 3. Поврежденные здания в деревне Базар Загатальского района

На основе данных, собранных по опросу в 54 населенных пунктах, была составлена таблица сведений об интенсивности и построено сводное макросейсмическое поле после обоих землетрясений (табл. 2, рис. 4) [8].

**Таблица 2.** Сводные макросейсмические сведения для Загатальских землетрясений 7 мая 2012 г. (сост. Гаравелиев Э.С.)

№	Пункт	$\varphi^\circ$ N	$\lambda^\circ$ E	$\Delta$ , км	№	Пункт	$\varphi^\circ$ N	$\lambda^\circ$ E	$\Delta$ , км
<u>7 баллов</u>					27	Салахлы	41.14	46.25	54
1	Гымыр	41.53	46.68	1.8	28	Огуз	41.07	47.46	80
2	Чобанкол	41.53	46.70	3.2	<u>4 балла</u>				
3	Ени Сувагил	41.48	46.70	3.2	29	Самух	40.77	46.39	85
4	Халатала	41.72	46.26	3.5	30	Мингячевир	40.77	47.04	87
5	Гёзбарах	41.52	46.74	4.1	31	Шамкир	40.83	46.00	94
6	Базар	41.54	46.67	4.2	32	Гянджа	40.68	46.36	95
7	Гюллук	41.50	46.75	5.0	33	Геранбой	40.61	46.79	99
8	Мухах	41.57	46.69	6.5	34	Евлах	40.62	47.15	105
9	Мамрых	41.51	46.82	7.4	35	Товуз	40.99	45.61	106
10	Тасмалы	41.44	46.70	7.5	36	Габала	40.98	47.85	113
11	Лалапаша	41.44	46.73	7.9	37	Агстафа	41.12	45.44	113
12	Алиабад	41.48	46.62	9.0	38	Агдаш	40.65	47.48	115
13	Лагич	41.42	46.64	9.3	39	Газах	41.09	45.35	120
14	Зарна	41.50	46.81	10	40	Гейчай	40.66	47.75	129
15	Заям	41.41	46.68	11	<u>3 балла</u>				
16	Тураджлы	41.41	46.76	12	41	Ханлар	40.59	46.31	106
17	Тала	41.60	46.66	15	42	Нафталан	40.51	46.82	111
18	Юхары Тала	41.61	46.70	15	43	Дашкесан	40.51	46.06	123
19	Фалдырлы	41.45	46.50	16	44	Гядабей	40.57	45.80	127
<u>6 баллов</u>					45	Тертер	40.35	46.92	129
20	Загаталы	41.63	46.64	15	46	Барда	40.39	47.12	130
21	Гах	41.41	46.92	22	47	Уджар	40.52	47.66	136
22	Балакен	41.71	46.40	34	48	Исмаиллы	40.78	48.16	147
23	Ашаги Гёйнюк	41.31	47.06	38	49	Губа	41.36	48.51	153
24	Зунут	41.29	47.08	40	50	Гусар	41.42	48.42	146
<u>5 баллов</u>					51	Агсу	40.58	48.41	177
25	Бурунговаг	41.09	46.42	51	52	Кюрдамир	40.37	48.19	178
26	Шеки	41.19	47.17	53	53	Мейсери	40.67	48.60	185
					54	Шамахи	40.63	48.65	191

Сводные изосейсты этих землетрясений, изображенные на рис. 4, простираются в общекавказском направлении, а плейстосейстовая зона охватывает как районы Большого Кавказа, так и Среднекуринской впадины.

Геометрический центр изосейсты высшего балла  $I=7$  является макросейсмическим эпицентром, и его координаты равны:  $\varphi_m=41.50^\circ$ ,  $\lambda_m=46.69^\circ$ . Именно они введены в табл. 1 с разными решениями эпицентров, и только от них следует определять расстояния до сотрясенных населенных пунктов.

Попытаемся определить также макросейсмическую глубину очагов Загатальского-III и Загатальского-IV землетрясений. 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. К сожалению, в настоящее время она практически не определяется по реальным сейсмограммам, а заменяется расчетными значениями с помощью корреляционных уравнений связи с теми типами магнитуд, которые определяются в рутинной обработке региональных землетрясений. Конкретно в настоящее время в Азербайджане определяется лишь локальная магнитуда  $M_{L \text{ Азр}}$ , введенная для оценки величины землетрясений с 2005 г. В каталоге [10] число определений  $M_{L \text{ Азр}}$ , составляло 215 при  $N_\Sigma=798$ , т.е. 27 %, сейчас – 100 %.

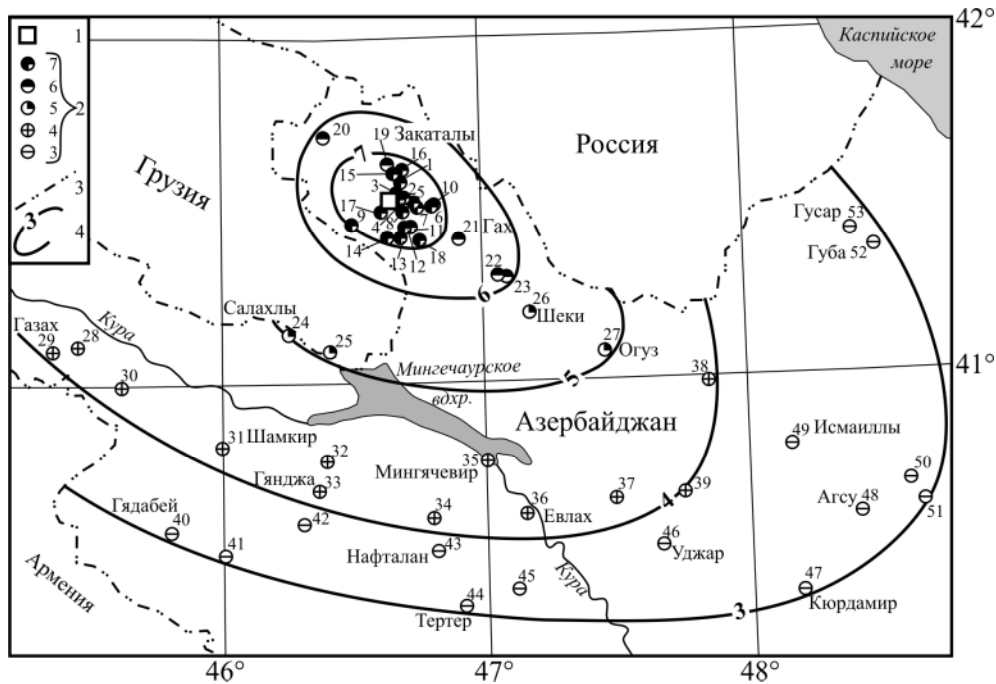


Рис. 4. Сводная карта изосейст Загатальского-III и Загатальского-IV землетрясений 7 мая 2012 г. (сост. Гаравелиев Э.С.)

1 – макросейсмический эпицентр; 2 – балльность по шкале MSK-64; 3 – государственная граница; 4 – изосейста.

Постепенно этот процент возрастал, и уже в текущем каталоге за 2012 г. [3] магнитуда  $M_{L\text{Азр}}$  является единственной характеристикой величины землетрясений, и, соответственно, из нее рассчитывается и магнитуда  $MLH$ . Корреляционное соотношение, полученное в специальной работе [11] для 80 пар значений ( $M_{L\text{Азр}}$ ,  $MLH$ ) при коэффициенте корреляции  $r=0.76$ , имеет вид:

$$M_{L\text{Азр}}=0.19+1.01 MLH_{\text{Азр}}, \text{ т.е.} \quad (2)$$

$$MLH_{\text{Азр}}=0.99 M_{L\text{Азр}}-0.19, \text{ или приближенно:} \quad (3)$$

$$MLH_{\text{Азр}}=M_{L\text{Азр}}-0.2. \quad (4)$$

Соответственно, уравнение макросейсмического поля Ф.Т. Кулиева преобразуется в формулу:

$$I_0=1.5 M_{L\text{Азр}}-3.3 \lg h+2.5, \quad (5)$$

которую можно использовать для расчета макросейсмической глубины  $h_{\text{ЮМ}}$  очагов Загатальского-III и -IV землетрясений по интенсивности в эпицентре  $I_0=7$  и  $M_{L\text{Азр}}=5.6$  или  $5.7$  соответственно. Они равны:  $h_{\text{III}}=15.2 \text{ км}$  и  $h_{\text{IV}}=16.9 \text{ км}$ . Эти значения хорошо подкрепляются глубинами  $*h_{\text{ГР}}$  по обменным волнам, приведенными в табл. 1 по определению Международного центра ISC и равными  $*h_{\text{III}}=17.0 \text{ км}$ ,  $*h_{\text{IV}}=16.0 \text{ км}$ .

**Расчетное сейсмическое воздействие.** Согласно американским стандартам [12], процедура оценки параметров возможного сейсмического воздействия зависит от так называемого класса местных условий (Site class). Наиболее общий алгоритм предполагает использование специальных карт районирования исследуемой территории по значениям спектрального ускорения  $a \text{ см/с}^2$  с 5% затуханием и скорости  $v \text{ см/с}$  на эталонном скальном грунте и переходных множителей, соответствующих другим типам местных грунтов. В европейских стандартах [13] используется аналогичный подход с тем отличием, что в качестве наиболее общего параметра сейсмических воздействий используются пиковое ускорение PGA (Peak ground acceleration) и пиковая скорость PGV (Peak ground velocity) на скальном грунте, определенные для различных сейсмических зон. Для эпицентра, полученного в РЦСС НАНА, были построены схемы распределения ускорений (PGA) и скоростей (PGV) грунта для обоих Загатальских землетрясений (рис. 5). Для первого землетрясения значение PGA составило  $285 \text{ см/с}^2$ , для второго –  $348 \text{ см/с}^2$ , а значение PGV – для первого  $10.6 \text{ см/с}$ , для второго –  $13.4 \text{ см/с}$ .

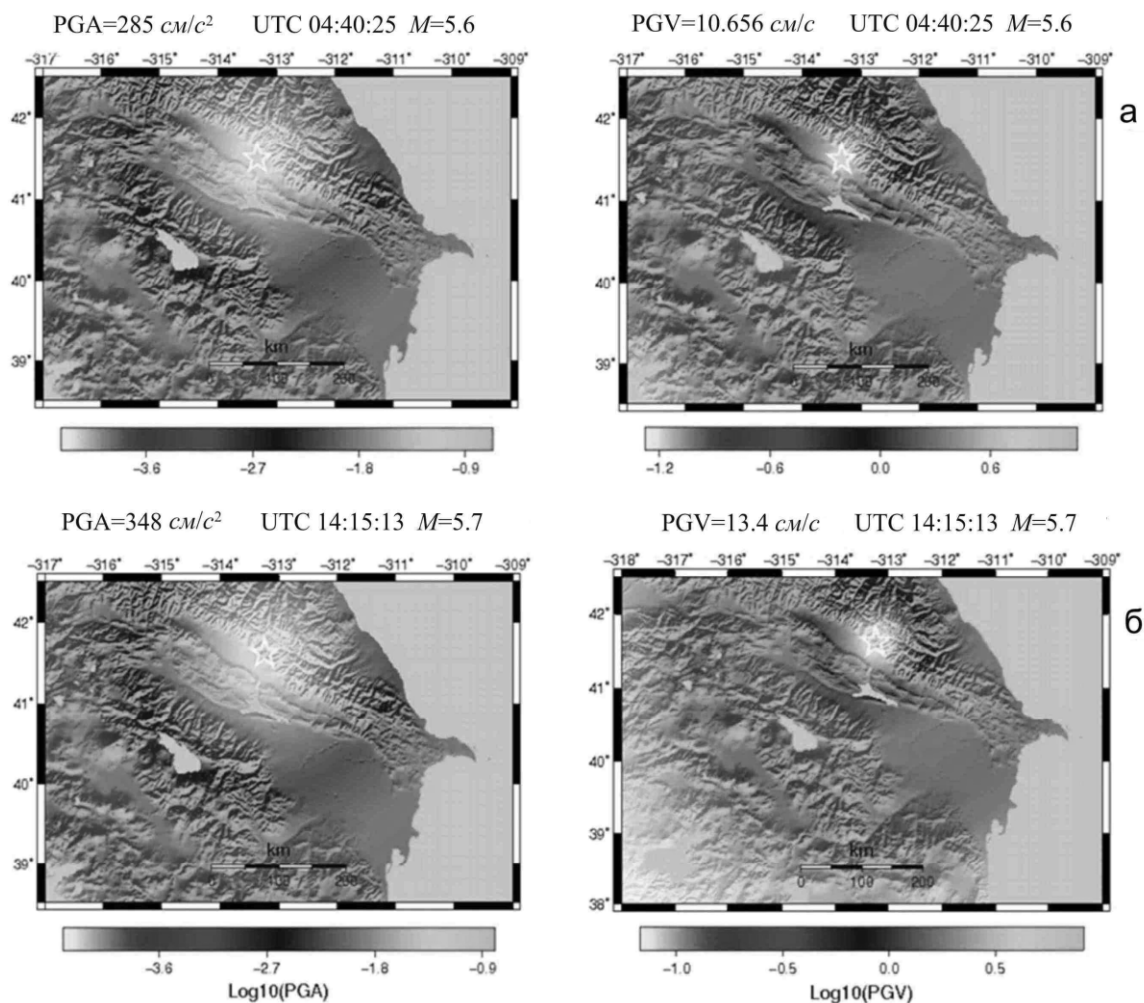


Рис. 5. Схемы распределения пиковых ускорений (PGA) и скоростей (PGV) грунта в исследуемом районе Загатальского-III и Загатальского-IV землетрясений

**Афтершоки.** В ходе исследования рассматривались сейсмологические данные, зарегистрированные сетью телеметрических станций РЦСС НАНА [14]. С целью анализа особенностей пространственно-временного распределения сейсмичности в пределах Загатальского района были построены карты эпицентров землетрясений, произошедших в исследуемом регионе за 2012 г. (рис. 6), на котором очаговая зона землетрясений 7 мая выделяется достаточно хорошо. Это, прежде всего, область афтершоков вблизи главных толчков, имеющая форму, близкую к эллипсу с осями 30×20 км, вытянутую в общекавказском направлении. Более того, вне этого эллипса можно усмотреть небольшое кольцо землетрясений в Шекинском и Балакенском районах.

Отметим, что 14 мая 2012 г. в 09<sup>h</sup>58<sup>m</sup> и в 15<sup>h</sup>51<sup>m</sup>, вслед за сильными Загатальскими землетрясениями, произошли два ощутимые землетрясения в районе Шеки с  $I=5$  и 3 балла соответственно [15]. Кроме того, 14 октября 2012 г. в 10<sup>h</sup>08<sup>m</sup> и в 10<sup>h</sup>13<sup>m</sup> произошли два ощутимые землетрясения в районе г. Балакен с  $I=4$  и 6 баллов [15] соответственно, характеризующиеся многочисленными ( $N=69$ ) афтершоками [16].

Анализ карты эпицентров показал, что афтершоки расположены в основном севернее главных толчков, причем максимальный из них является граничным слева. Главный толчок 7 мая 2012 г. в 04<sup>h</sup>40<sup>m</sup> вызвал после себя достаточно активный афтершоковый процесс, в первые сутки после него зарегистрировано 170 афтершоков (рис. 7). В общей сложности количество землетрясений, произошедших в Загатальском районе в мае месяце, составило 510, а выделившаяся энергия –  $125 \cdot 10^{11}$  Дж.

Статистика афтершоков в пределах очаговой зоны за последующие четыре месяца (рис. 7) свидетельствует о резком их спаде уже в июне месяце. Минимальные значения числа афтершоков в количестве не более одного приходятся на июль и август.

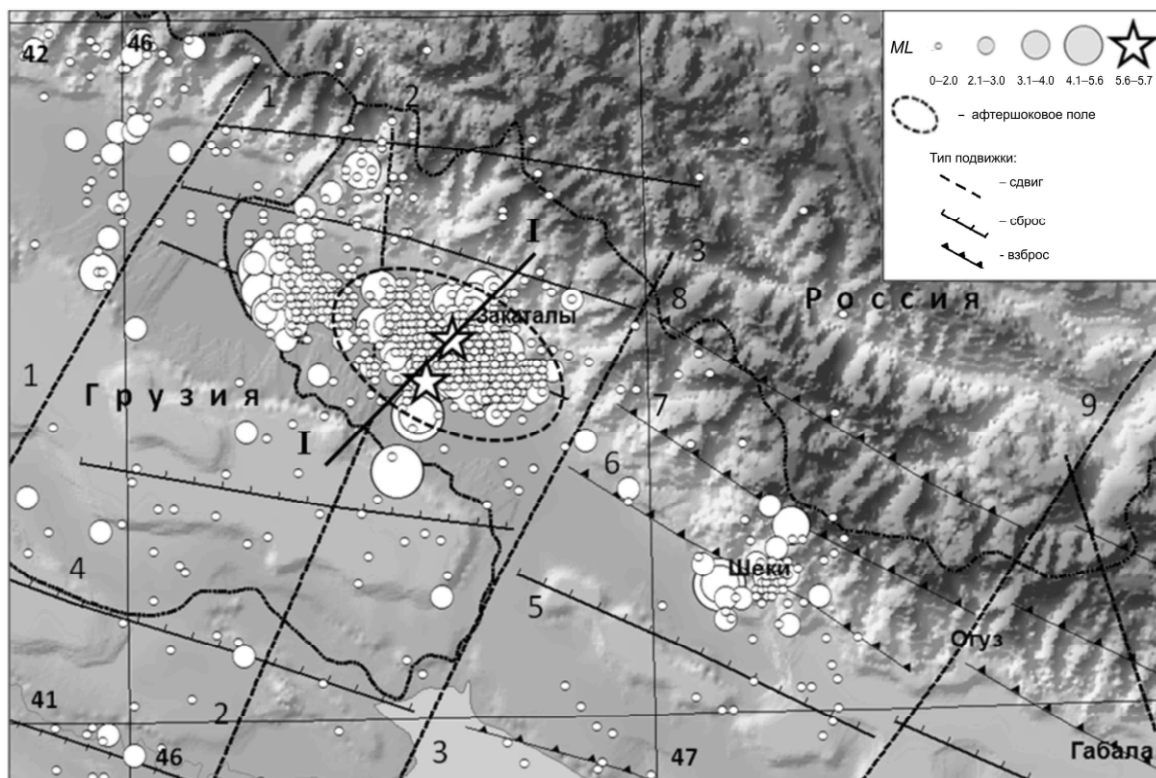


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений исследуемой территории, произошедших в 2012 г., и схема разломной структуры южного склона Большого Кавказа

Основные сейсмогенные разломы, определяющие особенности геодинамического режима земной коры: 1 – Казах-Сигнахский, 2 – Шарур-Загатальский [17]; 3 – Гянджачай-Алазанский, 4 – Иорский, 5 – Северо-Аджиноурский, 5 – Вандамский, 6 – Дашгиль-Мудресинский, 7 – Занги-Козлучайский, 8 – Арпа-Самусский [18].

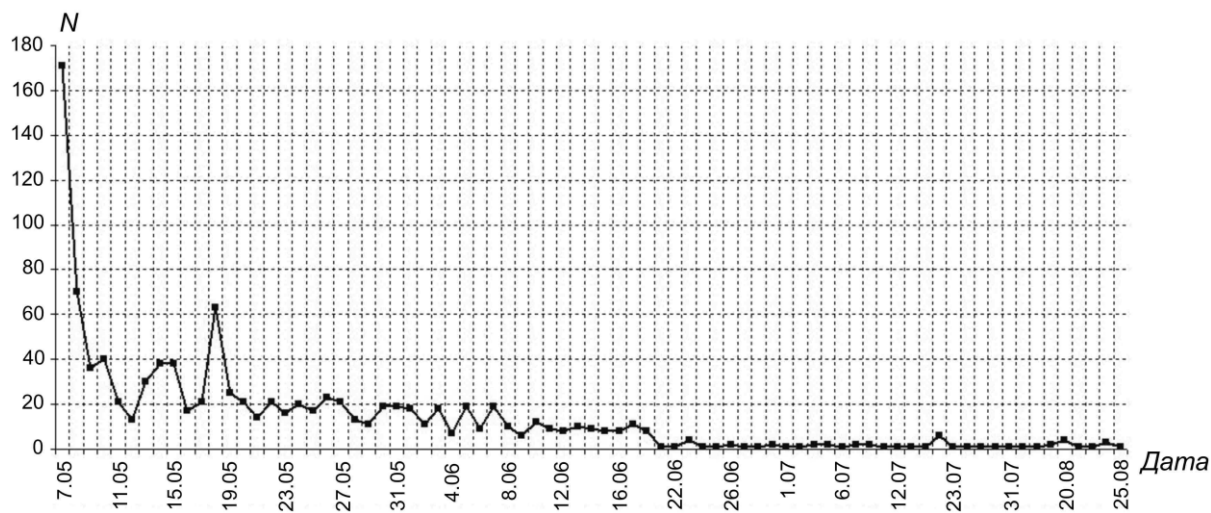


Рис. 7. Распределение афтершоков землетрясений 7 мая 2012 г. по дням

В целях наблюдения за сейсмическим процессом с 10 мая по 31 июля в эпицентральной зоне были установлены временные переносные станции «Али-Байрам»-ALB, «Базар»-BZR, «Юхарлы Чардахлы»-YSD (рис. 8). На рис. 9 (а, б, с) показано распределение афтершоков на временных станциях по дням. Всего временными станциями, включая не показанную на рис. 8 четвертую станцию «Гах/Шафа»-SHF [14], было зафиксировано 868 землетрясений. На графиках видно, что максимум распределения землетрясений приходится на 18 мая, связанное с двумя ощутимыми землетрясениями, произошедшими в Загатальском районе 18 мая в 14<sup>h</sup>46<sup>m</sup> и 14<sup>h</sup>47<sup>m</sup> с  $M_{L\Delta zp}=5.0$  и интенсивностью 6 баллов в г. Загаталы ( $\Delta=12$  и 13 км) [15].

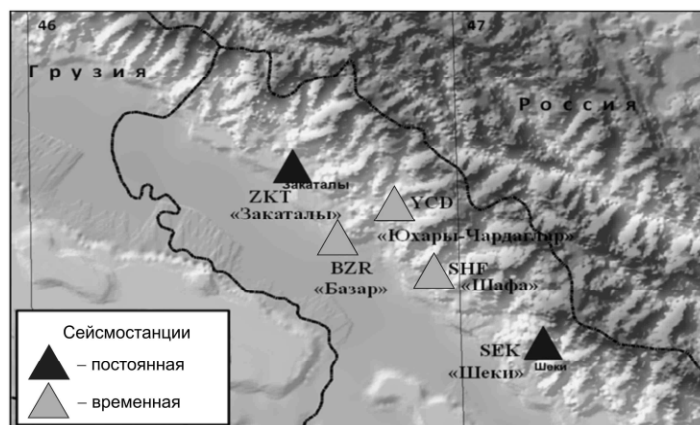


Рис. 8. Карта расположения постоянных и временных сейсмических станций в районе Загатальских землетрясений 7 мая 2012 г.

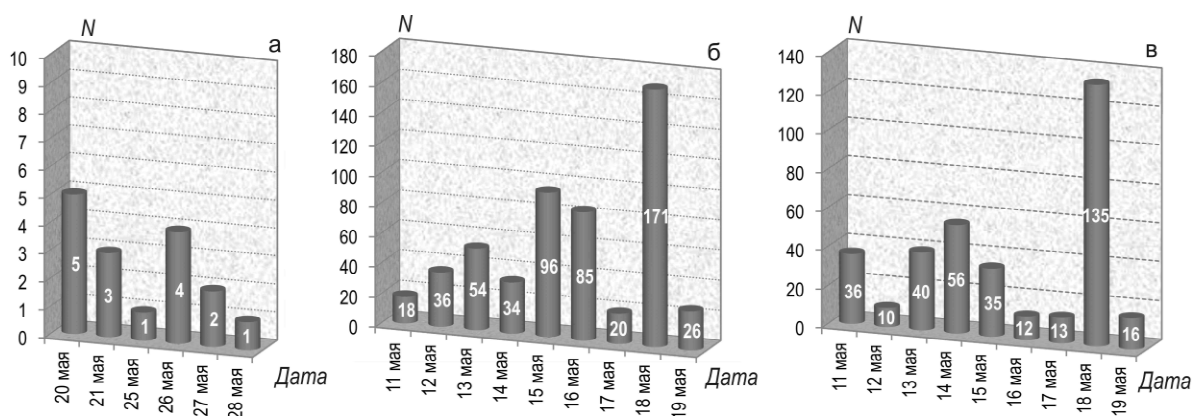


Рис. 9. Распределение количества афтершоков Загатальских землетрясений 7 мая 2012 г. за период 20–28 мая по данным станции «Али-Байрам» – ALB (а), за период 20–28 мая по станции «Базар» – BZR (б) и станции «Юхары-Чардахлы» – YSD (в)

**Механизм очага.** Параметры механизмов очагов землетрясений 7 мая 2012 г. в табл. 3 приведены из [19].

Таблица 3. Параметры механизмов очагов Загатальского-III и Загатальского-IV землетрясений 7 мая 2012 г.

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				$M_{LAэр}$	$M_s$ ISC	$M_w$ GCMT	T		N		P		NP1			NP2		
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
III	07.05	04 40 25	9	5.6	5.7	5.9	14	79	72	296	11	171	125	87	162	216	72	2
IV	07.05	14 15 13	12	5.7	5.0	5.3	1	240	20	150	69	330	130	48	-117	349	48	-62

Несмотря на небольшое (8 км) расстояние между ними, система напряжений и типы движений в их очагах разные: в очаге Загатальского-III землетрясения в 04<sup>h</sup>40<sup>m</sup> реализовались сдвиги по обеим крутым (87° и 72°) нодальным плоскостям, тогда как в очаге Загатальского-IV землетрясения в 14<sup>h</sup>15<sup>m</sup> возникли сбросы со сдвигами по равнонаклонным (48°) нодальным плоскостям (рис. 10). Сопоставление простирания нодальных плоскостей с линиями разломов показывает согласие первой нодальной плоскости NP1 Загатальского-III землетрясения с правосторонними Казах-Сигнахским и Гянджачай-Алазанским поперечными разломами, что позволяет считать действующей именно плоскость NP1. Подвижка в очаге Загатальского-IV землетрясения произошла под действием близгоризонтальных растягивающих напряжений ( $PL_T=1^\circ$ ). Тип подвижки по первой нодальной плоскости NP1 в очаге Загатальского-IV землетрясения представлен сбросом с элементами правостороннего сдвига, по второй – сбросом с элементами левостороннего сдвига.



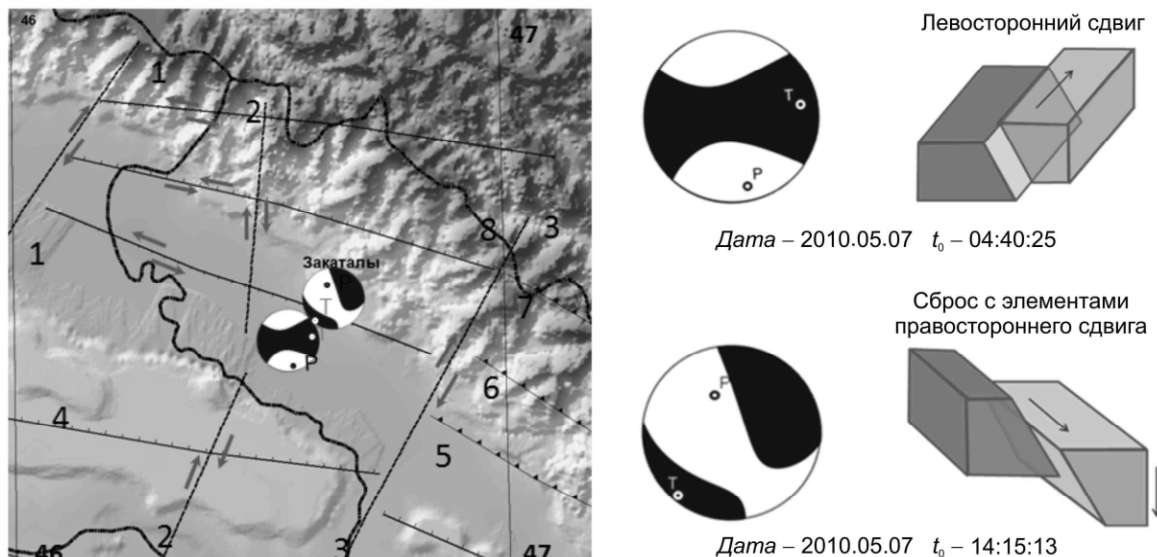


Рис. 10. Механизмы очагов Загатальских III-го IV-го землетрясений 7 мая 2012 г. и блок-схемы смещений

Можно предположить, что Загатальские III и IV землетрясения являются следствием геодинамического режима земной коры Загатальской очаговой зоны и обусловлены подвижками земной коры по системе продольных (общекавказского простирания) и поперечных (антикавказского простирания) разломов. Среди последних главная роль принадлежит, по всей вероятности, паре поперечных правосторонних сдвигов – Казах-Сигнахскому и Гянджачай-Алазанскому [20].

**Геолого-геофизическая характеристика исследуемого района.** В геологическом строении Загатальской зоны принимают участие структурные элементы центрального Тфанского антиклинория, Загатало-Ковдагского синклинория, Вандамского антиклинория и наложенного Алазано-Агричайского прогиба. Последний в пределах рассматриваемой зоны, сильно расширяясь к северу, почти полностью перекрывает Вандамский антиклинорий [17].

Тфанский антиклинорий протягивается узкой полосой вдоль северной окраины Загатальской зоны. В пределах зоны он характеризуется значительным усложнением структуры южного крыла западного продолжения Базардюзинского антиклинория и появлением новых поднятий нижних горизонтов аалена, а в отдельных случаях и тоара. Здесь Э. Ш. Шихалибеги выделил самостоятельный Сарыбашский антиклинорий, в поперечном сечении которого выделяются две крупные антиклинали – Атгайская и Сувагильская. Далее на западе они сменяются Кехна-мейданским и Карабчайским поднятиями, южнее появляется треть Гюмбулчайское поднятие, составляющее новую достаточно протяженную единую структурную зону. На рассматриваемом отрезке Тфанский антиклинорий осложнен Главнокавказским разломом-надвигом-[17, 21].

К югу от Тфанского антиклинория расположен Загатало-Ковдагский синклинорий. Эта крупная зона прогибания протягивается от западной границы Азербайджана до Апшеронского полуострова. Зарождаясь в бассейне р. Белаканчай в виде узкого прогиба, выполненного валанжином, смятым в мелкие складки, синклинорий постепенно раскрывается к востоку, разрез его пополняется более молодыми отложениями неокома [21].

В Загатальской зоне прогиб представляется в виде единого жесткого блока, в пределах которого в процессе опускания толща неокома испытала общее смятие, выразившееся в образовании интенсивно сжатых мелких изоклиналиных складок. Синклиналиное строение прогиба отчетливо рисуется с появлением отложений готерива, а затем баррема [21].

На рис. 11 представлен вертикальный сейсмогеологический разрез [22] по профилю I-I через очаговую область Загатальских землетрясений в направлении с юго-запада на северо-восток. Распределение сейсмичности по глубине и ее связь с сейсмогенными разломами Загатальской очаговой зоны показывает связь гипоцентров землетрясений с боковыми ограничениями приподнятых блоков доальпийского фундамента, насыщенных магнитоактивными магматическими породами [17]. Как видно, очаги на рисунке распределены в основном на глубине 2–22 км.

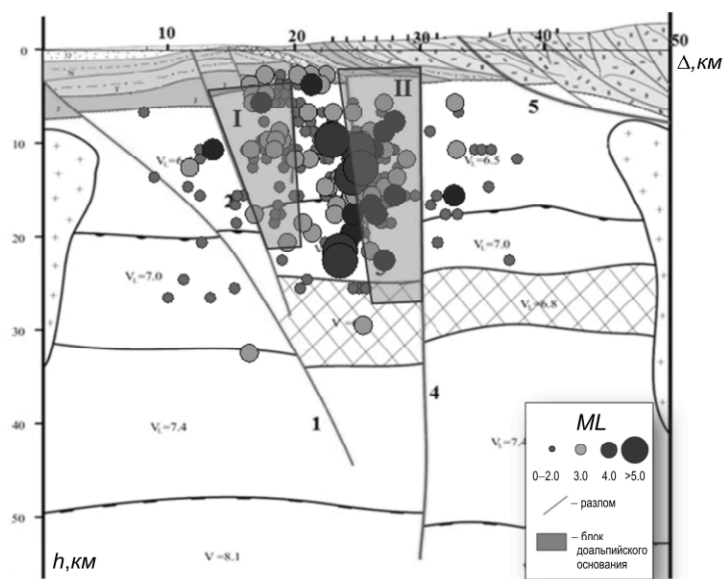


Рис. 11. Сейсмогеологический разрез Загатальской сейсмогенной зоны

Приподнятые блоки доальпийского основания: I – Алазанский, II – Гутонский; продольные разломы: 1 – Алазан-Агричайский; 2 – Шамбур-Исмаиллинский; 3 – Балакен-Джунутский; 4 – Дашгиль-Мудресинский; 5 – Загатала-Говдагский.

Из рассмотрения связи эпицентров землетрясений с разломной структурой изучаемого района видно (рис. 11), что в пределах изучаемого района наиболее высоким уровнем сейсмичности и более глубоким распределением очагов землетрясений по глубине характеризуется область Шамхор-Загатальской поперечной структуры. При этом наибольшая плотность эпицентров с наибольшей глубиной очага (до 20 км) приходится на область между Гутонским и Алазанским блоками, где развиты крутые сбросы с глубоким проникновением в доальпийское основание. К востоку от поперечной структуры, между Гянджачай-Алазанским и Арпа-Самусским сдвигами, сейсмичность более мелкофокусная [20].

Наблюдаемая картина может быть проинтерпретирована нижеследующим образом. В зоне поперечной Шамхор-Загатальской структуры с высоко приподнятым доальпийским основанием, в области мегантиклинория Большого Кавказа, надвиги, наблюдаемые на поверхности, имеют неглубокое заложение и не определяют сейсмичность данного района, которая связана, в основном, с крутопадающими сбросами по боковым (южным и северным) ограничениям приподнятых блоков доальпийского основания, насыщенных магнитоактивными магматическими породами, а также с поперечными сдвигами. К востоку же от Гянджачай-Алазанского разлома, где поверхность доальпийского основания ступенчато погружается к востоку до 6 и 8 км, наряду со сбросами проявляется сейсмогенный характер взбросо-надвигов, развитию которых на глубину при общем режиме сжатия Большого Кавказа не препятствовало высокое положение поверхности доальпийского основания, как это имело место в области поперечной структуры [20].

**История сейсмичности.** Загатальская сейсмоактивная зона располагается на крайнем северо-западе азербайджанской части Большого Кавказа. Условно границей ее на востоке следует считать Загатало-Шамкирское поперечное поднятие. На севере, западе и юге зона сливается с высокоактивными сейсмическими зонами Южного Дагестана и Западной Грузии. Площадь Загатальской сейсмоактивной зоны в пределах Азербайджана около 3500 км<sup>2</sup>. Первые сведения о землетрясениях в этой зоне датируются 1250 г. [1].

С 1894 по 1982 гг. в Загатало-Балакенской сейсмоактивной зоне отмечено всего 19 землетрясений с локальной магнитудой выше 4.7, ощущавшихся в одном или нескольких населенных пунктах (табл. 4). Пересчет  $MLH$  в  $M_{L\text{Азр}}$  был сделан по упомянутой выше формуле из [11]:

$$M_{L\text{Азр}}=0.19+1.01 MLH.$$

Интенсивность сотрясений от этих землетрясений не превосходит 5–6 баллов [1]. На рис. 12 представлена карта эпицентров сильных исторических землетрясений Загатало-Балакенской сейсмоактивной зоны.

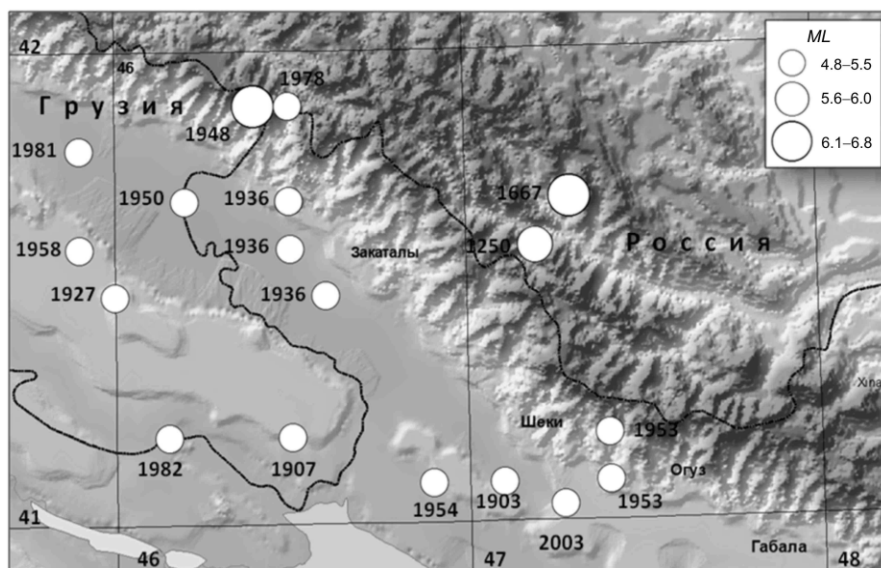


Рис. 12. Карта эпицентров исторических землетрясений за 1250–2011 гг., произошедших в Загатало-Балакенской сейсмоактивной зоне

Таблица 4. Параметры эпицентров исторических землетрясений в пределах исследуемой территории

Дата, д мес г	$t_0$ , ч мин с	$\varphi^\circ$ N	$\lambda^\circ$ E	$h$	$MLH$	$M_{L\text{Азр}}$	$I_0$ , балл	Название землетрясения	Источ- ник
1250		(41.6	47.2)	(15)	(5.7)	6.0	7–8		[1]
21.06.1894	06 30	40.7	47.1	15	4.7	4.9	6		– " –
18.01.1903	16 55	(40.7	46.4)	(12)	(4.6)	4.8	5–6		– " –
02.11.1903	22 22	41.1	47.1	4	5.0	5.2	6	Нухинское	– " –
19.01.1907	22 10 50	41.2	46.5	28	5.0	4.8	(5–6)		– " –
04.07.1914	02 24 03	40.8	46.8	30	4.6	4.8	(5–6)		– " –
16.04.1924	04 20	(41.7	46.5)	(10)	(4.6)	4.8	6		– " –
14.05.1927	20 29 21	41.5	46.0	13	4.7	4.9	6–7	Бодакендское	– " –
02.09.1936	10 01 03	41.7	46.5	17	4.7	4.9	6–7	ф-к Загатальского-I	– " –
02.09.1936	11 57 19	41.5	46.6	21	4.8	5	6	ф-к Загатальского-I	– " –
02.09.1936	13 12 25	41.5	46.6	22	5.3	5.5	6	Загатальское-I	– " –
29.06.1948	16 06 29	41.5	46.4	48	6.1	6.4/6.3	7	Загатальское-II (Дагестанское)	– " –
02.09.1950	04 19 32	41.7	46.2	16	4.6	4.8	6		– " –
02.09.1953	00 36 01	41.1	47.4	5	4.9	5.1	7	Варгашенское	– " –
16.09.1953	11 15 29	41.2	47.4	(28)	4.8	5	(5)		– " –
17.12.1954	11 24 26	41.1	46.9	25	4.6	4.8	5		– " –
26.11.1958	00 12 07	41.6	45.9	19	4.6	4.8	6		– " –
26.05.1978	13 43 39.0	41.9	46.5	55	5	5.2	6	(Гляратинское)	[23]
23.02.1981	04 06 39.3	41.81	45.9	10	4.9	5.1	7	Гавазское	[24]
03.05.1982	04 10 04.0	41.2	46.15	30	4.8	5.0	6–7	Джейранчельское	[25]
01.06.2003	06 09 42.3	41.05	47.27	22	4.7	5	6	(Огузское)	[26, 27]
07.05.2012	04 40 25.4	41.50	46.58	9		5.6	7	Загатальское-III	наст ст.
07.05.2012	14 15 13.3	41.56	46.63	12		5.7	7	Загатальское-IV	наст ст.

Как уже отмечено в начале статьи, в этой зоне за весь сейсмостатистический период известно два Загатальских землетрясения, произошедшие 02.09.1936 г. с  $MLH=5.3$  ( $M_{L\text{Азр}}=5.5$ ) и 29.06.1948 г. с  $MLH=6.1$  ( $M_{L\text{Азр}}=6.3$ ) (табл. 4), поэтому новые 7-балльные землетрясения в Загатальской зоне были названы Загатальским-III и Загатальским-IV. Часто толчки с интенсивностью в 7 баллов в Загатальской сейсмоактивной зоне ощущались и от сильных Дагестанских и Грузинских землетрясений [28].

## Л и т е р а т у р а

1. **Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалян Н.В., Вандышева Н.В. (отв. сост.).** II 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.
2. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
3. **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.
4. **Габсатарова И.П., Амиров С.Р., Цирихова Г.В., Абдуллаева А.Р., Александрова Л.И., Богачёва С.С., Гамидова А.М., Головкова Л.В., Гричуха К.В., Девяткина Л.В., Иванова Л.Е., Кабилова 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) // Землетрясения России в 2012 г. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 112–118.
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](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2012)
6. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
7. **Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С. (отв. сост.).** Афтершоки Закавказских землетрясений 7 мая 2012 г. в  $04^{\text{h}}40^{\text{m}}$  с  $ML_{\text{Azp}}=5.6$  и в  $14^{\text{h}}15^{\text{m}}$  с  $ML_{\text{Azp}}=5.7$  // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
8. **Seysmoloji Tədqiqatlar İdarəsinin 2012-ci ildə Azərbaycanın seysmoaktiv bölgələrində yerinə yetirdiyi seysmoloji işlərin hesabatı.** – Bakı, 2013. – S. 78.
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. **Гасанов А.Г., Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р. (отв. сост.), Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Э., Исмаилова С.С., Исламова Ш.К., Казымова С.Е.** Каталог землетрясений Азербайджана за 2005 год ( $N=807$ ) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – (На CD).
11. **Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Аллахвердиева З.Г., Асадов Т.Б.** Количественные соотношения между различными типами магнитуд землетрясений Азербайджана // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 480–487.
12. **NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Building 148 and Other Structures.** – FEMA 302, 1997. – 337 p.
13. **EN 1998-1 EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPÄISCHE NORM**, December, 2004. – 231 p.
14. **Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э.** Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 59–66.
15. **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.
16. **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  $K_p=13.0$ ,  $ML_{\text{Azp}}=5.6$ ,  $M_{W\text{GCMT}}=5.6$  // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
17. **Агамирзоев Р.А.** Сейсотектоника Азербайджанской части Большого Кавказа. – Баку: «Элм», 1987. – 124 с.
18. **Рзаев А.Г., Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э.** Отражение геодинамического режима в вариациях напряженности геомагнитного поля (на примере южного склона Большого Кавказа) // НАНА «Новости». – Науки о Земле. – 2013. – № 4. – С. 3–15.

19. **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.
20. **Рзаев А.Г., Метаксас Х.П.** Загатаьские землетрясения 7 мая 2012 года: загадки геодинамического режима и сейсмомагнитный эффект // Каталог сейсмопрогностических наблюдений на территории Азербайджана в 2011г. – Баку, 2012 г. – С. 350–360.
21. **Ханн В.Е., Ализаде А.** Геология Азербайджана. – Том IV. – Тектоника. – Баку: Nafta-Press, 2005. – С. 214–234.
22. **Əliyev Ə., Kəngərli T., Axundov A.** 1991–96-cı illər ərzində Azərbaycan Respublikası ərazisində zəlzələlərin proqnozlaşdırılması məqsədilə hidrogeodeformasiya və digər geofiziki sahələrin monitorinqinin yaradılması və aparılması işləri haqqında hesabat. – Bakı, ETSN, Ətraf Mühit və Təbii Sərvətlər üzrə İnformasiya. – Arxiv Fondu, 1997.
23. **Папалашвили В.Г., Баграмян А.Х., Гоцадзе О.В.** Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1978 году. – М.: Наука, 1982. – С. 11–19.
24. **Папалашвили В.Г., Гоголадзе Т.Н., Иоселиани М.С., Махатадзе Л.Н.** Гавазское землетрясение 23 февраля 1981 г. // Землетрясения в СССР в 1981 году. – М.: Наука, 1984. – С. 26–30.
25. **Агаларова Э.Б., Гасанов А.Г., Гоцадзе О.Д., Гоголадзе Т.Н., Гюль Э.К., Гедакян Э.Г., Каспаров В.А., Карапетян С.С., Махатадзе Л.Н., Папалашвили В.Г., Саргсян Г.В., Симонян С.С., Саргсян Н.М., Чартарян Э.А., Шенгелия И.С.** Землетрясения Кавказа (Джейранчельское) // Землетрясения в СССР в 1982 году. – М.: Наука, 1985. – С. 11–19.
26. **Гасанов А.Г., Абдуллаева Р.Р.** Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 58–66.
27. **Гасанов А.Г., Абдуллаева Р.Р., Миргуламова С.М. (отв. сост.), Казиева С.Г., Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Э., Фараджев В.А., Исламова Ш.К.** Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
28. **Кенгерли Т.Н.** Особенности геолого-тектонического строения юго-восточного Кавказа и вопросы нефтегазоносности // Научные труды ИНИ ГНКАР. – 2007. – № 9. – С. 3–14.