

КАВКАЗ:

УДК 550.348. (479.24)

АЗЕРБАЙДЖАН

Г.Д. Етирмишли, Р.Р. Абдуллаева, С.С. Исмаилова, С.Э. Казымова

Республиканский центр сейсмологической службы НАН Азербайджана, science@azeurotel.com

В 2009 г. в системе сейсмологических наблюдений на территории Азербайджана были изменения относительно [1]. Открылись четыре новые цифровые станции: с 22 августа – «Алтыагач», с 23 августа – «Кюрдамир» и «Загатала», с 25 ноября – «Лерик» (табл. 1). В итоге сеть наблюдений в 2009 г. включала 14 аналоговых и 18 телеметрических станций. Список всех станций и параметры аппаратуры помещены в Приложении к наст. сб. на CD [2].

Таблица 1. Новые цифровые станции телеметрической сети Азербайджана, открытые в 2009 г.

№	Станция		Дата открытия	Координаты		h_y , м	Компонента
	Название	Код		φ° , N	λ° , E		
1	Алтыагач	ATG	22.08.2009	40.8610	48.9380	1139	N, E, Z
2	Кюрдамир	KDR	23.10.2009	40.3800	48.1800	35	N, E, Z
3	Загатала	ZKT	23.10.2009	41.6400	46.6300	490	N, E, Z
4	Лерик	LRK	25.11.2009	38.6400	48.3400	1594	N, E, Z

На рис. 1 показана дислокация всех станций и карта энергетической представительности землетрясений в изолиниях K_{\min} по наблюдениям данной сети. Согласно этой карте республиканская сеть сейсмических станций обеспечила уверенную регистрацию землетрясений на уровне $K_{\min}=6.5$ в Шамахи-Исмаиллинской зоне, с $K_{\min}=7$ на севере республики. Землетрясения с $K_{\min}=8$ представительны на большей части территории республики, за исключением Нахичеванской АР и участков вдоль границы с Арменией и Ираном, где не пропущены толчки с $K_p \geq 8$.

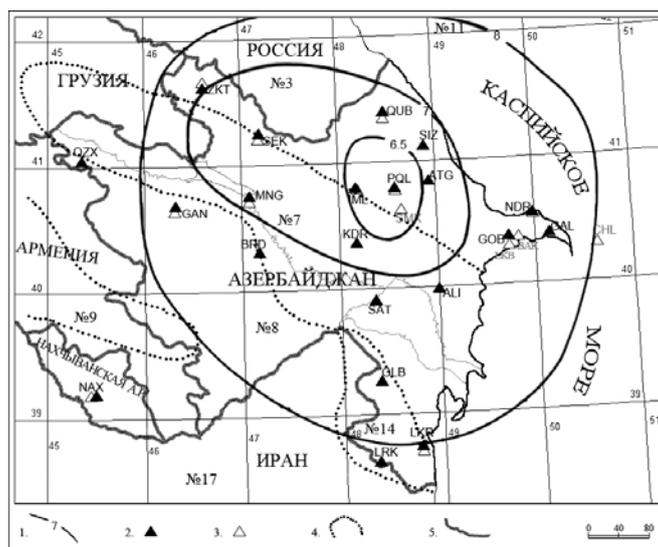


Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений K_{\min} на территории Азербайджана за 2009 г.

1 – изолиния K_{\min} ; 2, 3 – цифровая и аналоговая сейсмические станции соответственно; 4 – граница районов Кавказа по [3]; 5 – государственная граница.

Методы определения основных параметров не изменились [4–7]. Обработка землетрясений проводилась машинным способом с использованием скоростного разреза земной коры и ручным (методом засечек). Использовались данные аналоговых и телеметрических станций.

Всего в пределах Азербайджана и сопредельных районов определены параметры 959 землетрясений с $K_p=3.8-11.0$ [8]. Карта эпицентров всех зарегистрированных землетрясений с $K_p \geq 4$, характеризующая картину пространственного распределения сейсмичности за 2009 г., изображена на рис. 2.

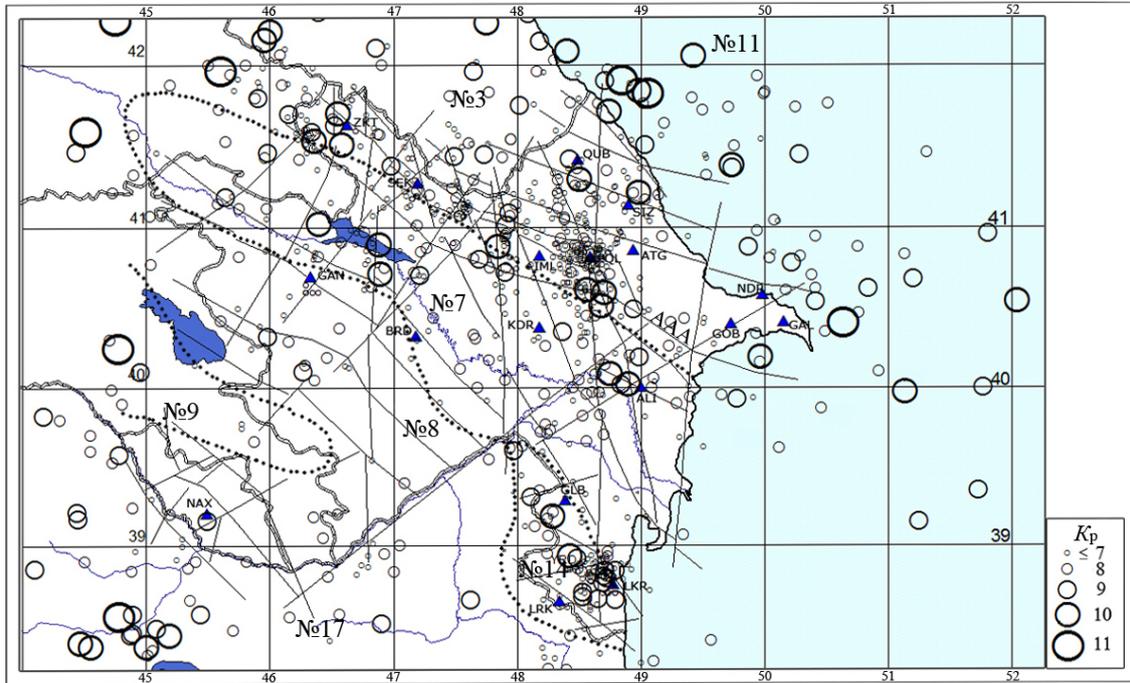


Рис. 2. Карта эпицентров Азербайджана и прилегающих территорий за 2009 г. с $K_p \geq 4$

Изменение по месяцам числа землетрясений и величины выделившейся сейсмической энергии на территории Азербайджана и сопредельных государств в 2009 г. представлено на рис. 3. Увеличение числа землетрясений к концу года связано с вводом новых телеметрических станций (табл. 1). Всплески величины выделившейся сейсмической энергии в феврале, июне, сентябре связаны со следующими землетрясениями: с $K_p=10.6$, произошедшим 6 февраля в акватории Каспийского моря; с $K_p=10.6$ и 10.5 – 25 февраля в 17^h28^m и в 18^h19^m – на северо-западе Ирана; с землетрясением с $K_p=11.0$ 4 июня в 14^h20^m – в акватории Каспийского моря; с землетрясением 18 июня в 07^h34^m с $K_p=11.0$ – на территории Армении; с землетрясением 13 сентября в 13^h15^m – на юго-востоке Грузии с $K_p=11.0$ [8].

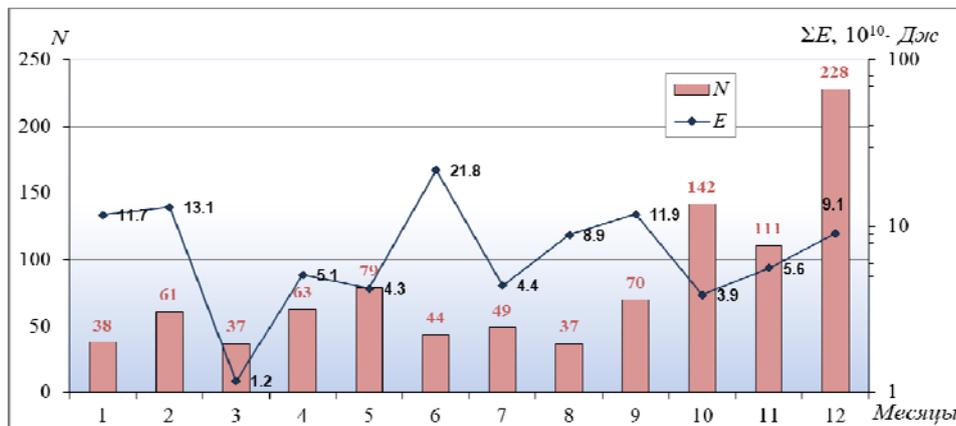


Рис. 3. Графики распределения числа землетрясений и значений их суммарной сейсмической энергии за 12 месяцев 2009 г.

Информация о числах землетрясений разных классов за длительный период с 1993 г. по 2009 г. собрана в табл. 2 и графически изображена на рис. 4. Как видим, число землетрясений в 2009 г. почти вдвое больше среднего числа землетрясений за 16 лет, но количество выделенной сейсмической энергии, наоборот, уменьшилось очень значительно – в 19 раз меньше средней энергии за 16 лет. В 2009 г. выделилось минимальное количество сейсмической энергии за весь период.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 1993–2009 гг.

Год	K_p										N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
	≤ 5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1993	59	55	92	119	48	11	5	5			394	5.66
1994	33	18	33	61	50	16	5	3			219	3.71
1995	12	14	22	58	44	17	13	1			179	2.49
1996	27	65	62	88	51	28	6	1			328	1.94
1997	47	51	75	112	81	48	17	7		1	439	109.27
1998	32	58	63	80	74	31	11	3	1		353	14.52
1999	56	61	79	96	60	28	7	2	1		390	13.05
2000	80	71	85	249	139	69	20	6	1	1	721	118.85
2001	107	114	107	156	102	30	13	2			631	3.72
2002	167	100	85	143	132	61	23	4			715	8.36
2003	59	60	88	112	41	18	13	3			394	9.31
2004	114	111	127	179	84	41	9				665	1.32
2005	195	161	180	164	38	16	1				755	2.46
2006	73	111	148	148	60	26	7	3			576	3.79
2007	80	85	160	187	86	28	5	4			635	7.34
2008	68	65	123	155	70	27	6	1			515	3.71
Сумма	1209	1200	1529	2107	1160	495	161	45	3	2	7911	309.50
Среднее за 16 лет	75.56	75	95.56	131.69	72.5	30.93	10.06	2.81	0.19	0.13	494.44	19.34
2009	122	190	302	2374	72	31	8				959	1.01

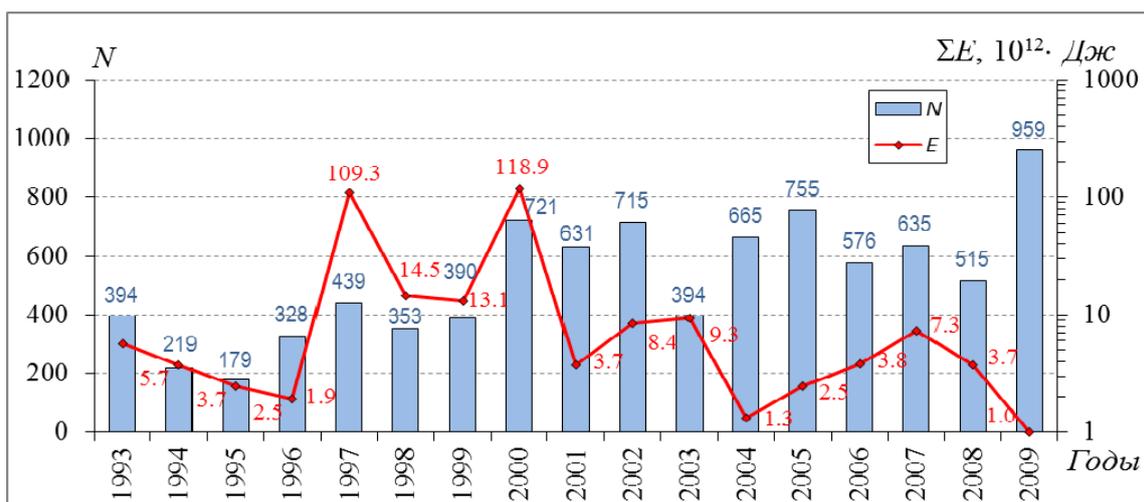


Рис. 4. Распределение суммарной сейсмической энергии и числа землетрясений на территории Азербайджана и прилегающих территорий за 1993–2009 гг.

Максимальный класс землетрясения внутри государственных границ Республики Азербайджан на суше равен $K_p=10.5$ для землетрясения 1 июля в 22^h12^m в Куринской депрессии, а в акватории Каспийского моря составил $K_p=11.0$ для землетрясения 4 июня в 14^h20^m восточнее Апшеронского полуострова. Последнее вызвало в Баку (75 км) сотрясения с интенсивностью

$I=2-3$ балла. Всего зафиксировано 23 ощутимых землетрясений [9], число сотрясенных пунктов составило 23 [10]. Механизм очага определен для трех землетрясений (9 сентября в $15^{\text{h}}25^{\text{m}}$ с $K_p=10.6$; 1 ноября в $07^{\text{h}}17^{\text{m}}$ с $K_p=9.9$; 5 декабря в $08^{\text{h}}38^{\text{m}}$ с $K_p=10.1$ [11]), описанных ниже.

Распределение землетрясений по районам дано в табл. 3. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в очагах всех зарегистрированных землетрясений с $\Delta < 30$ км в 2009 г., составила $\Sigma E = 1.010 \cdot 10^{12}$ Дж, что почти в 4 раза меньше таковой ($\Sigma E = 3.71 \cdot 10^{12}$ Дж) в 2008 г. [12].

Таблица 3. Распределение числа землетрясений Азербайджана и прилегающих территорий по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам в 2009 г. в пределах зоны ответственности ($\Delta < 30$ км)

№	Район	K_p							N_{Σ}	ΣE , Дж
		5	6	7	8	9	10	11		
3	Восточный Кавказ	99	112	141	71	19	10	3	455	$3.311 \cdot 10^{11}$
6	Джавахетское нагорье			2	1	3			5	$4.519 \cdot 10^9$
7	Куринская депрессия		25	85	55	8	8		181	$1.032 \cdot 10^{11}$
8	Восточная часть Малого Кавказа	11	23	16	13	3			66	$8.514 \cdot 10^9$
9	Армянское нагорье			2	4			1	7	$1.003 \cdot 10^{11}$
11	Каспийское море	3	5	16	43	15	7	3	92	$3.055 \cdot 10^{11}$
14	Талыш	9	24	23	16	11	2		85	$2.627 \cdot 10^{10}$
16	Турция			1	2	2			5	$4.529 \cdot 10^9$
17	Иран		1	16	29	12	4	1	63	$1.264 \cdot 10^{11}$
	Всего	122	199	302	234	73	31	8	959	$1.010 \cdot 10^{12}$

На рис. 5 показаны более сильные ($K_p \geq 9.6$) землетрясения.

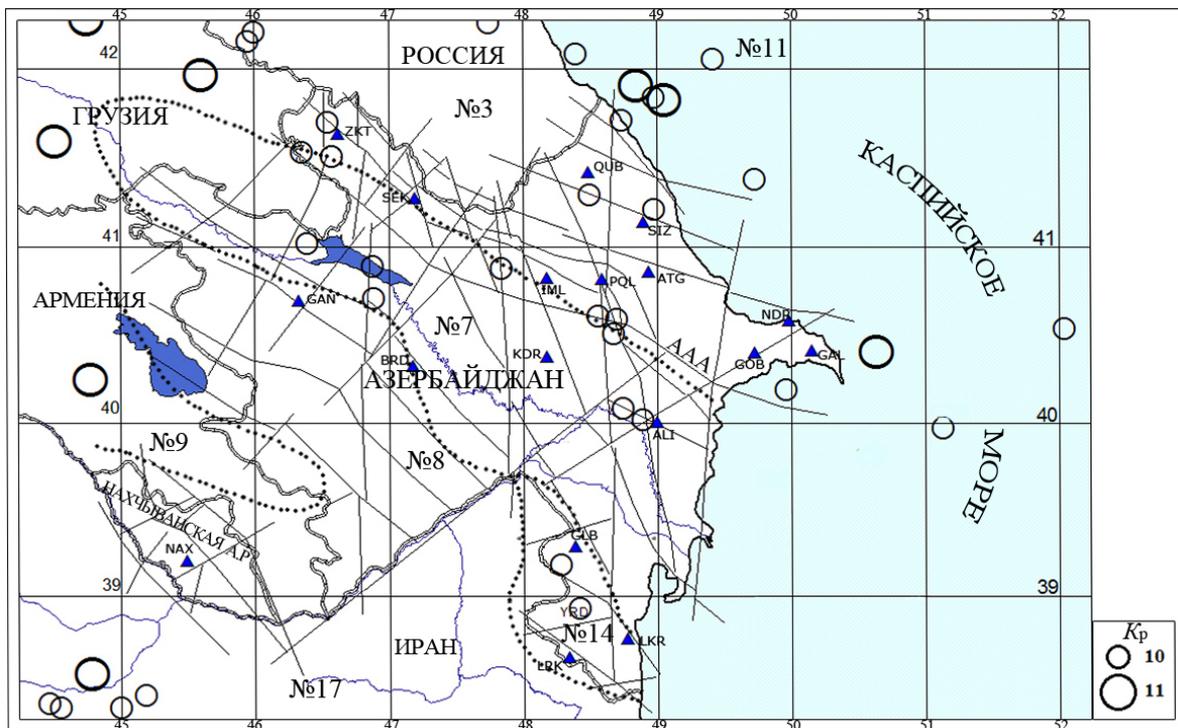


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Азербайджана и прилегающих территорий за 2009 г. с $K_p \geq 9.6$

Как и в прежние годы [1, 12], более половины всех зарегистрированных землетрясений локализуется на территории юго-восточного погружения Большого Кавказа (рис. 4), где сейсмическую обстановку можно оценить как относительно спокойную с повышенным уровнем в Шамахи-Исмаиллинской зоне с традиционно повышенной плотностью эпицентров. Это уча-

сток постоянной разрядки напряжений. Здесь старший класс зарегистрированных событий в 2009 г. на уровне $K_p \geq 10$ у нескольких землетрясений: 25 мая в 05^h34^m с $ml=2.7$, $K_p=9.7$; 9 сентября в 15^h25^m с $ml=3.8$, $K_p=10.0$; 1 ноября в 07^h17^m с $ml=3.9$, $K_p=10.4$ в Габалинском районе; 3 ноября в 17^h57^m с $ml=3.4$, $K_p=9.6$. Они ощущались в г. Шамахи с интенсивностью $I=2-3$ балла. Эпицентры их расположены в зоне пересечения продольного Алазань-Айричай-Алятского разлома (ААА) [13] с ортогональными глубинными разломами (рис. 5). Как видно из вертикального разреза этой зоны с северо-запада на юго-восток (рис. 6), глубины большинства очагов колеблются в пределах $h=10-20$ км.

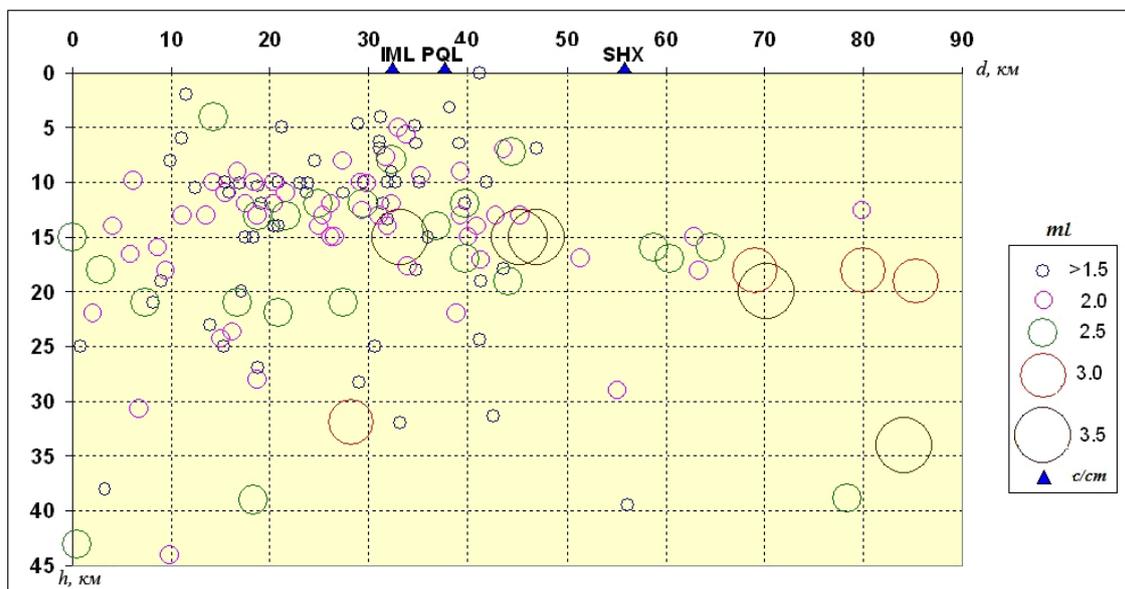


Рис. 6. Вертикальный разрез Шамахи-Исмаиллинской зоне с северо-запада на юго-восток

Для ощутимого землетрясения 9 сентября в 15^h25^m с $K_p=10$, произошедшего в Шамахи-Исмаиллинской зоне (Шамахи – 5 км, 2–3 балла [9]), найден механизм очага [11] (табл. 4).

Таблица 4. Параметры механизма очага землетрясения 9 сентября 2009 г. в 15^h25^m с $K_p=10$

Дата, д м	t_0 , ч мин с	h км	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				T		N		P		NP1			NP2		
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
09.09	15 25 46.5	15	10	17	314	71	153	5.5	46	359	82	163	91	74	8

В его очаге углы наклона осей напряжений сжатия и растяжения не слишком разнятся, поэтому тип движения по обеим крутым ($DP_1=82^\circ$, $DP_2=74^\circ$) плоскостям – сдвиг, левосторонний по меридиональной плоскости NP1 и правосторонний по широтной плоскости NP2. Сопоставление простирания нодальных плоскостей с линиями разломов на рис. 7 показывает согласие первой нодальной плоскости NP1 с правосторонним Западно-Каспийскому (З-К) ортогональным разломом, что позволяет считать действующей именно плоскость NP1.

Для ощутимого землетрясения 1 ноября в 07^h17^m с $K_p=9.9$ [8], произошедшего в Габалинском районе (Габала 5 км, 2–3 балла [9]), также найден механизм очага [11] (табл. 5).

Таблица 5. Параметры механизма очага землетрясения 1 ноября 2009 г. в 07^h17^m с $K_p=9.9$

Дата, д м	t_0 , ч мин с	h км	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				T		N		P		NP1			NP2		
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
01.11	07 17 16.6	17	9.9	78	296	11	116	2	26	307	46	106	105	46	74

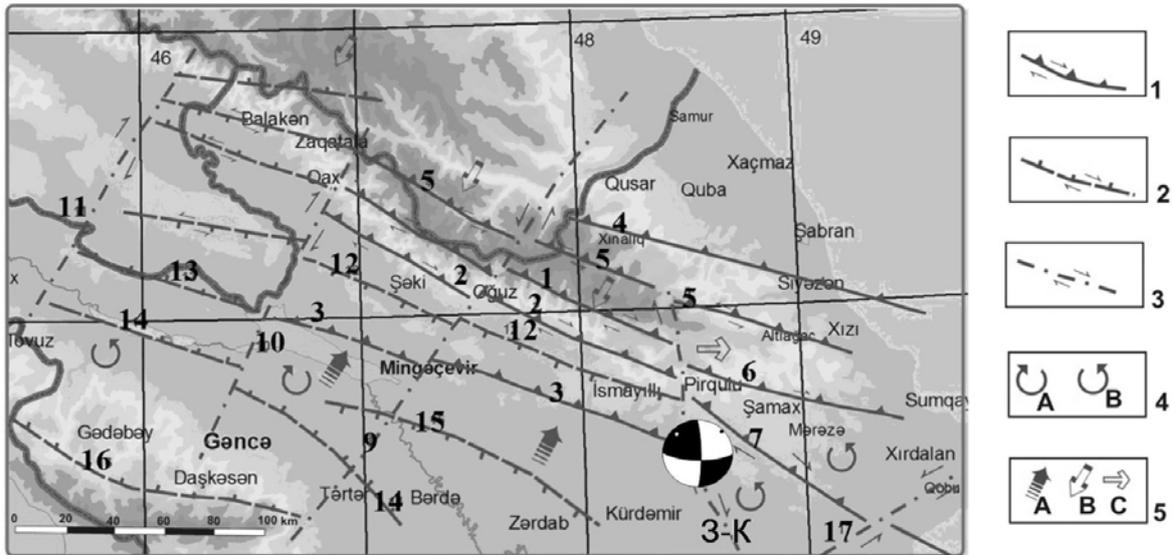


Рис. 7. Стереограмма механизма очага землетрясения 9 сентября в 15^h25^m $K_p=10$ в проекции нижней полусферы и основные сейсмогенные разломы по [13]

1 – взбросы; 2 – сбросы, 3 – сдвиги (стрелками указано направление горизонтальных движений); 4 – кручение блоков: по часовой стрелке (А) и против часовой стрелки (В); горизонтальные подвижки: А, В, С – поддвижение, надвижение и отодвижение соответственно;

Взбросы: 1 – Дашгиль-Мудресинский (Д-М); 2 – Вандамский (Вн); 3 – Геокчайский (Гк); 4 – Сиазанский; 5 – Занги-Козлучайский; 6 – Гермианский; 7 – Аджичай-Алятский;

Сдвиги: 8 – Западно-Каспийский (З-К); 9 – Арпа-Самурский; 10 – Гянджачай-Алазанский; 11 – Казах-Сигнахский;

Сбросы: 12 – Северо-Аджиноурский; 13 – Иорский; 14 – Куринский; 15 – Мингячевир-Саатлинский; 16 – Башлыбельский; 17 – Пальмиро-Абшеронский.

Как видим, в этом очаге определяющими являются напряжения сжатия север–северо-восточной ориентации ($AZM=26^\circ$), поскольку они близгоризонтальны ($PL_p=2^\circ$). Поэтому тип движения по обеим плоскостям равного наклона ($DP_1=DP_2=46^\circ$) – взброс с минимальными компонентами правостороннего сдвига по плоскости NP_1 и левостороннего – по NP_2 . Плоскость NP_1 имеет северо-западное простирание ($STK=307^\circ$), NP_2 – юго-восточное ($STK=105^\circ$). Сопоставление простирания нодальных плоскостей с линиями разломов на рис. 8 показывает согласие первой нодальной плоскости NP_1 с двумя продольными разломами – Вандамским (Вн) и Дашгиль-Мудресинским (Д-М). Поэтому есть основание считать ее действующей.

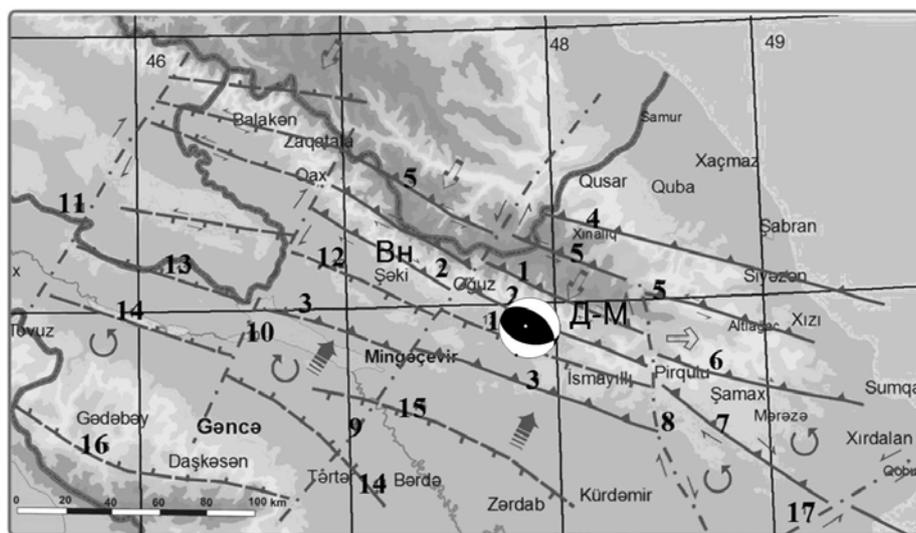


Рис. 8. Стереограмма механизма очага землетрясения 1 ноября в 07^h17^m с $K_p=9.9$ в проекции нижней полусферы и основные сейсмогенные разломы

Условные обозначения см. на рис. 7.

Рассмотрим более детально сейсмичность в некоторых районах.

В районе № 7 на территории **Куринской депрессии** локализовано 181 землетрясение с $K_p=5.6-10.5$. По сравнению с ситуацией в 2008 г. [12], почти в 2 раза увеличилось число сейсмических событий ($N_{\Sigma}=181$ вместо $N_{\Sigma}=102$), но величина выделенной сейсмической энергии уменьшилась (вместо $\Sigma E=2.70 \cdot 10^{11}$ Дж стало $1.032 \cdot 10^{11}$ Дж).

Наиболее значительное землетрясение на территории Куринской депрессии, а также на территории республики произошло 1 июля в 22^h12^m с $K_p=10.5$ и $m_l=3.3$. Это землетрясение не ощущалось, возможно, из-за большой глубины очага $h=34$ км. Три землетрясения с $K_p \div 10$ (3 апреля в 18^h24^m с $K_p=9.9$, 18 апреля в 03^h32^m с $K_p=9.9$, 26 декабря в 21^h54^m с $K_p=10.4$) зарегистрированы в верхней части Куринской депрессии в районе Загатылы-Балакен [8].

В 2009 г. наиболее активны средняя часть Куринской депрессии в районе Мингячевирского водохранилища и участок Нижнекуруинской депрессии в районе Ширвана. Настораживает увеличение сейсмической активности в районе расположения Мингячевирского водохранилища, где произошли ощутимые землетрясения 7 октября в 21^h20^m вблизи северо-западной границы с $K_p=10.0$, $m_l=3.6$ с интенсивностью $I=3-4$ балла в Еникенде (10 км), 2-3 балла в Гяндже (40 км) и Шамкире (50 км), а также 5 декабря в 08^h38^m непосредственно на территории водохранилища с $K_p=10.1$, $m_l=3.9$ с интенсивностью $I=3$ балла в Мингячевире (20 км) [9]. Волновая картина второго из них на разных станциях представлена на рис. 9.

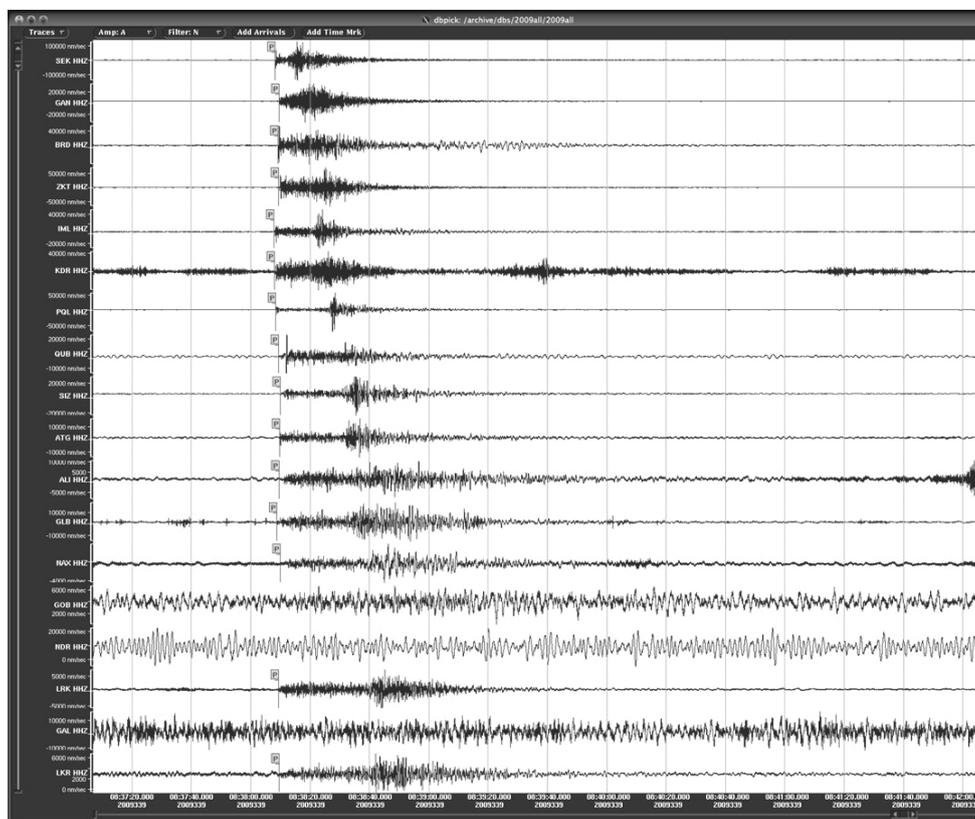


Рис. 9. Цифровые записи землетрясения 5 декабря в 08^h38^m с $K_p=10.1$ на 18 станциях Азербайджана.

Для этого землетрясения удалось определить механизм очага (табл. 6).

Таблица 6. Параметры механизма очага землетрясения 5 декабря 2009 г. в 08^h38^m с $K_p=10.1$

Дата, д м	t_0 , ч мин с	h км	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				T		N		P		$NP1$			$NP2$		
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
05.12	08 38 07.0	17	10.1	16	271	71	63	8	179	46	84	17	314	73	174

В его очаге наклоны осей напряжений сжатия и растяжения мало отличаются, поэтому подвижка по обеим плоскостям – сдвиг, левосторонний по плоскости $NP1$, правосторонний – по $NP2$, с минимальными компонентами взброса. Углы наклона обеих плоскостей крутые: $DP_1=84^\circ$, $DP_2=73^\circ$. Плоскость $NP1$ имеет северо-восточное простирание ($STK_1=46^\circ$), $NP2$ – северо-западное ($STK_2=314^\circ$). Сопоставление простирания нодальных плоскостей с линиями разломов на рис. 10 показывает согласие второй нодальной плоскости $NP2$ с Геокчайским (ГК) продольным разломом. Скорее всего именно эта плоскость является действующей.

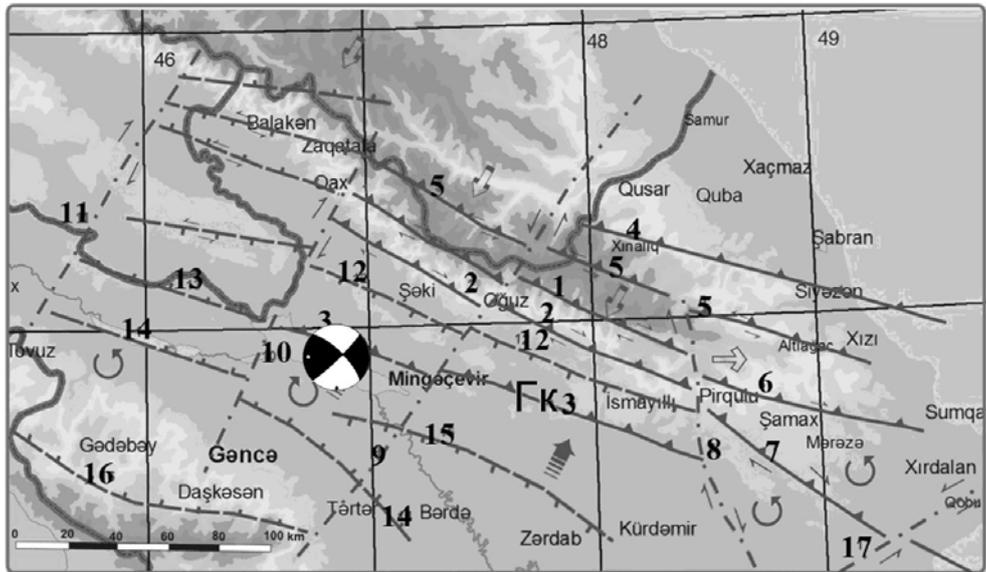


Рис. 10. Стереограмма механизма очага землетрясения 5 декабря в 08^h38^m с $K_p=10.1$ в проекции нижней полусферы и основные сейсмогенные разломы

Условные обозначения см. на рис. 7.

В Талышской горной системе (**район № 14**), как и в прошлые годы, наблюдается большая группируемость землетрясений. Сейсмический фон этого района повысился по сравнению с фоном в 2008 г. Старший класс зарегистрированных в Талыше сейсмических событий составил $K_p=9.9$, отмеченный 24 октября в 00^h30^m . С близкой ($K_p=9.7$) энергией записано землетрясение 16 июня в 16^h21^m . Это единственное в районе ощутимое землетрясение с интенсивностью $I=3$ балла (Лерик, 5 км [9]), в эпицентре – 3–4 балла. Эпицентры землетрясений мигрируют в общекавказском направлении вдоль зоны действия Талышского продольного глубинного разлома.

Сейсмическая обстановка в азербайджанской части Малого Кавказа (**район № 8**) характеризуется как спокойная, с двумя старшими классами $K_p=9.3$, произошедшими 14 июля в 00^h29^m и 14 декабря в 01^h52^m [8].

Повышенная плотность эпицентров, как и в прошлые годы, наблюдается в северо-западной части Ирана (**район № 17**), смежной с Нахичеванской АР. Здесь зарегистрированы землетрясения с $K_p=6.5-10.6$. Наиболее заметное землетрясение в этой части Ирана произошло 25 февраля в 17^h28^m с $K_p=10.6$, $ml=3.6$. Уровень выделенной сейсмической энергии в 2009 г., равный $\Sigma E=1.264 \cdot 10^{11}$ Дж (табл. 3), уменьшился, по сравнению с энергией в 2008 г. ($\Sigma E=1.998 \cdot 10^{12}$ Дж [12]), на порядок.

На территории самого Нахичеваня зарегистрирован один толчок (рис. 5), произошедший 26 мая в 18^h56^m с $K_p=8.8$, $ml=3.6$.

В акватории Каспийского моря (**район № 11**) повышена сейсмичность севернее Абшеронского полуострова. Эпицентры зарегистрированных землетрясений с $K_p=8-11$ распределены вдоль всего побережья морской акватории. Серия толчков, локализованных в этой зоне, приурочена к зоне действия Центрально-Каспийского (Махачкала-Красноводского) глубинного разлома. Выделенная сейсмическая энергия в акватории Каспия уменьшилась ($3.055 \cdot 10^{11}$ Дж вместо $6.433 \cdot 10^{11}$ Дж), хотя число землетрясений увеличилось почти вдвое (92 вместо 55).

Подводя итоги анализа сейсмичности Азербайджана в 2009 г., можно сказать, что ее уровень, по сравнению с таковым в 2008 г. [12], увеличился по числу землетрясений (с $N_{\Sigma}=504$ до $N_{\Sigma}=959$), но уменьшился по величине выделенной сейсмической энергии (с $\Sigma E=3.387 \cdot 10^{12}$ Дж, до $\Sigma E=1.010 \cdot 10^{12}$ Дж). В целом сейсмическую обстановку территории Азербайджана можно охарактеризовать как спокойную с пониженным фоном сейсмичности.

Л и т е р а т у р а

1. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 79–87.
2. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р. (отв. сост.). Сейсмические станции Азербайджана, работавшие на территории Азербайджана в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Цхакая А.Д., Джибладзе Э.А., Папалашвили В.Г., Султанова З.З., Лебедева Т.М., Табуцадзе Ц.А., Дарахвелидзе Л.К., Кахиани Л.А., Лабазде Л.В., Алимамедова В.П. Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1969 году. – М.: Наука, 1973. – С. 19–28.
4. Шенгелая Г.Ш., Аманташвили Я.Т., Лабазде Л.Б. и др. О подборе оптимального трехмерного строения Кавказа за 1980 г. – Тбилиси: Мецниереба, 1986. – С. 106–108.
5. Левицкая А.Я., Лебедева Т.М. Годографы сейсмических волн на Кавказе // Квартальный сейсмологический бюллетень. – Тбилиси: Мецниереба, 1953. – 2. – № 1(4). – С. 51–60.
6. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР, № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 51–60.
7. Соловьёва О.Н., Агаларова Э.Б., Алимамедова В.П., Гасанов А.Г., Геодакян Э.Г., Гюль Э.К., Дарахвелидзе Л.К., Петросян М.Д., Фабрициус З.Э., Хромецкая Е.А. Калибровочные функции для определения магнитуды Кавказских землетрясений по короткопериодной волне P на малых эпицентральных расстояниях // Интерпретация сейсмических наблюдений. – М.: МГК АН СССР, 1983. – С. 65–72.
8. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С. (отв. сост.), Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Е., Расулова З.М., Исламова Ш.К., Казымова С.Э., Ахмедли А.Т., Ширинова З.Г. (сост.). Каталог землетрясений Азербайджана в государственных границах +30 км за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С. (отв. сост.), Артёмова Е.В. (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Азербайджана и прилегающих территорий в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. Абдуллаева Р.Р. (отв. сост.), Артёмова Е.В., Пойгина С.Г. (сост.). Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Азербайджана за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
11. Казымова С.Э. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Азербайджана за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 74–81.
13. Кенгерли Т.Н. Геология Азербайджана. – Т. 4. – Баку: Элм, 2005. – 290 с.