

ШЕКИНСКИЙ РОЙ с ГЛАВНЫМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ 8 февраля 2004 г. с $MPVA=5.1$,

$K_p=10.8$, $I_0=4$ (Азербайджан)

А.Г. Гасанов¹, Р.Р. Абдуллаева¹, Г.Д. Етирмишли¹, С.Т. Агаева²,

С.С. Исмаилова¹, С.Э. Казымова¹

¹Республиканский центр сейсмологической службы Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку, science@azeurotel.com

²Институт геологии Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку solmazagayeva@rambler.ru

5 февраля в 20^h13^m в районе Шеки, на юго-восточном погружении Большого Кавказа, начался рой землетрясений с ощутимого до 3 баллов события с $K_p=9.7$, $MPVA=4.3$, который завершился практически к концу июня (рис. 1), хотя слабые землетрясения начали оформлять рой еще раньше, с 29 января (толчком в 18^h46^m с $K_p=5.8$) [1].

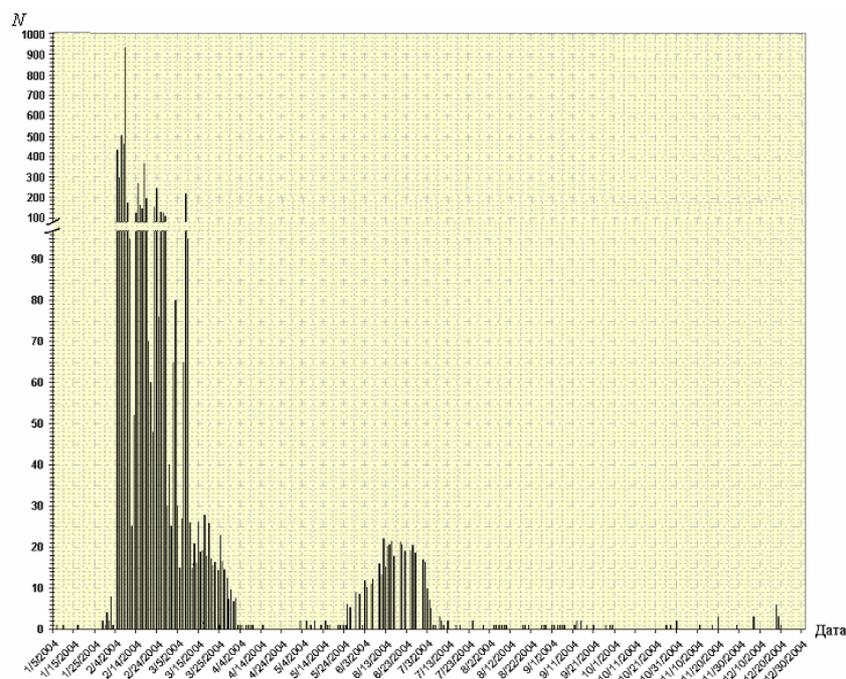


Рис. 1. Распределение числа землетрясений Шекинского роя в течение 2004 г. по данным цифровой сети

На графике видно резкое затухание сейсмического процесса в марте–апреле и небольшая активизация в июне месяце. Слабая сейсмичность в Шекинском районе продолжалась до конца года.

Основные землетрясения роя ощущались с интенсивностью до 4 баллов. Это два землетрясения равной энергии ($K_p=10.8$), произошедшие 8 февраля в 12^h54^m и в 21^h44^m соответственно. Основную массу землетрясений роя составляют слабые события [2], лишь 13 из них с $K_p \geq 8.6$, из которых шесть ощущались в г. Шеки (табл. 1).

Глубины очагов колеблются в пределах $h=8-14$ км, а преобладающими являются глубины 10–11 км. Диапазон значений K_p роевых событий составил $K_p=4.2-10.8$ (рис. 2). Сейсмическая энергия, выделившаяся в рое, составила $E=1.72 \cdot 10^{11}$ Дж или 15 % от всей сейсмической энергии $\Sigma E=13.18 \cdot 10^{11}$ Дж [3], выделившейся на территории Азербайджана и прилегающих районов в 2004 г.

Таблица 1. Список землетрясений Шекинского роя 2004 г. с $K_p > 9$

№	Дата, д мес	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр			δ , км	MPVA	K_p	Для Шеки	
				φ° , N	λ° , E	h , км				Δ , км	I_s , балл
1	05.02	20 13 40.4	0.9	41.24	47.22	12	5	4.3	9.7	5	3
2	06.02	10 36 53.7	0.8	41.23	47.25	11	5	3.6	8.7		
3	08.02	10 10 50.3	1.1	41.24	47.26	11	5	4.5	9.9	5	3
4	08.02	11 14 06.6	1.0	41.20	47.25	12	5	4.3	9.7		
5	08.02	12 54 07.8	1.0	41.19	47.28	8	5	5.1	10.8	10	4
6	08.02	13 46 22.5	0.8	41.21	47.26	11	5	4.6	10.0	5	3
7	08.02	21 00 23.0	1.2	41.24	47.26	13	5	3.6	8.6		
8	08.02	21 44 22.0	0.9	41.22	47.24	11	5	4.9	10.8	5	4
9	08.02	21 51 07.7	1.1	41.23	47.29	11	5	4.2	9.5		
10	08.02	22 30 39.3	1.2	41.23	47.27	11	5	4.2	9.5		
11	08.02	23 33 30.6	1.0	41.21	47.24	9	5	3.7	9.2		
12	10.02	20 00 51.8	1.0	41.20	47.23	7	5	3.7	8.7		
13	13.06	17 20 04.3	1.0	41.28	47.18	11	5	4.3	9.7	10	3

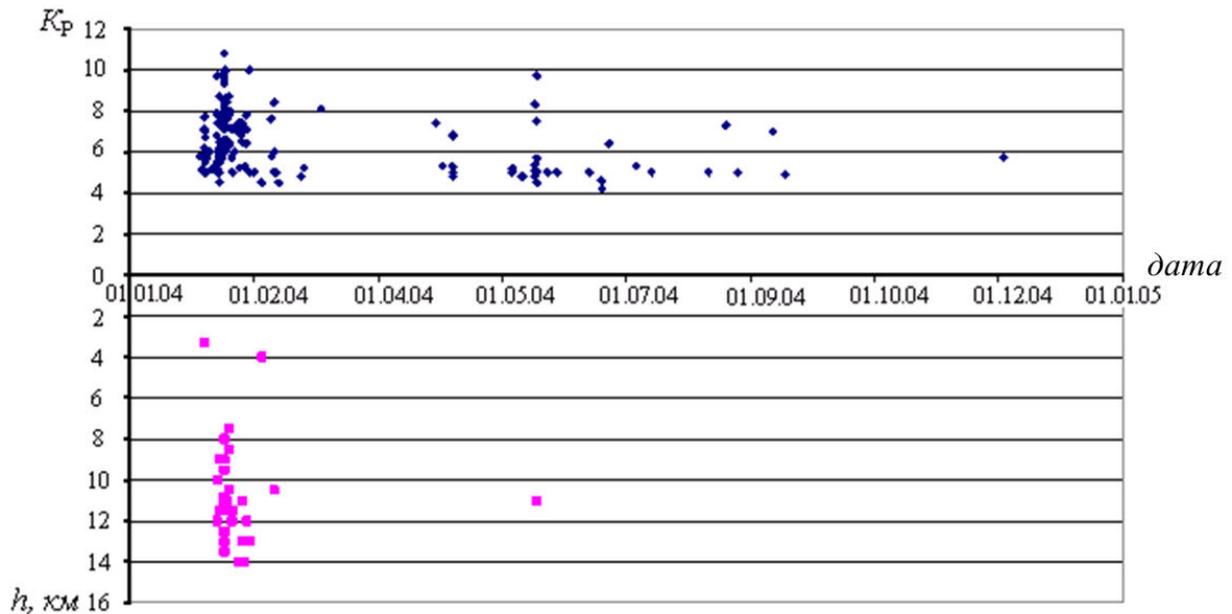


Рис. 2. Развертка во времени энергетических классов и глубин гипоцентров роевых землетрясений по данным аналоговой сети

Пространственное расположение эпицентров землетрясений представлено на рис. 3.

Сводная обработка землетрясений с $K_p \geq 10$ производилось по данным сейсмических станций республики (как аналоговых, так и телеметрических) с привлечением данных станций соседних стран. В качестве примера ниже рассмотрено землетрясение 8 февраля в 12^h54^m с $K_p=10.8$. Расположение станций вокруг эпицентра по азимуту и эпицентральному расстоянию показано в виде полярной диаграммы (рис. 4), из которой видно, что для этого землетрясения азимутальное окружение станций является хорошим, с углом охвата почти 330° (окружности диаграммы проведены с шагом 100 км).

Решение гипоцентра найдено с помощью скоростной модели Азербайджана при счете на ЭВМ по программе «Гипоцентр». Кинематические невязки для каждой сейсмической станции при определении параметров очага представлены на графиках зависимости станционных невязок от эпицентрального расстояния и азимута (рис. 4). Анализ значений невязок показал довольно высокую точность определения координат эпицентра. Отметим, что точность оценки координат землетрясений очень важна для дальнейших геодинамических построений.

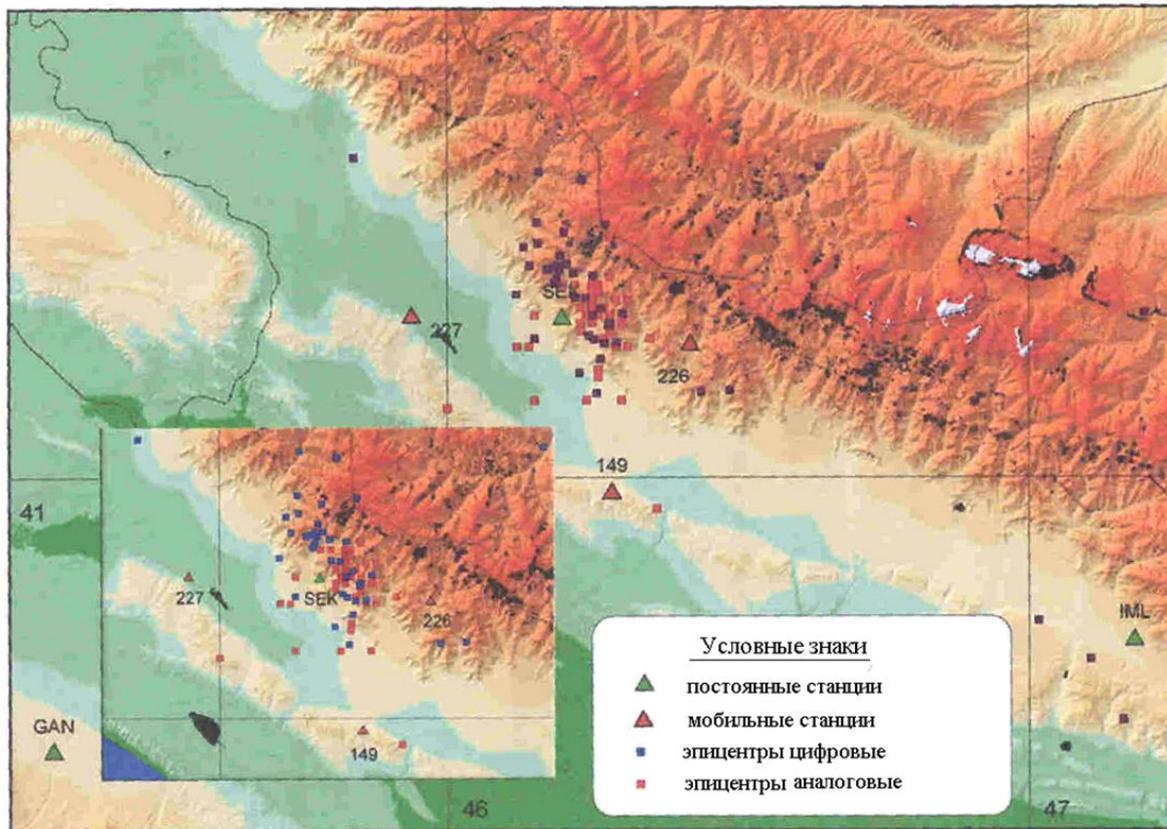


Рис. 3. Пространственное расположение эпицентров землетрясений Шекинского роя за 2004 г.

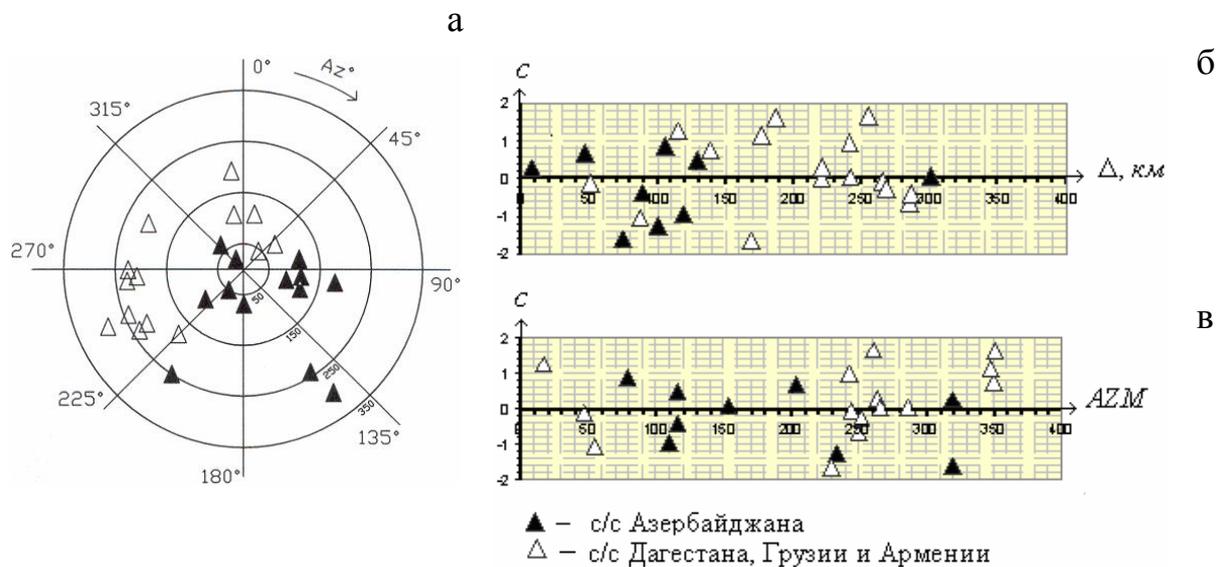


Рис. 4. Полярная диаграмма расположения сейсмических станций Азербайджана, Дагестана, Грузии и Армении вокруг эпицентра землетрясения 8 февраля в $12^{\text{h}}54^{\text{m}}$ с $K_p=10.8$ (а) и графики зависимости станционных невязок от эпицентрального расстояния (б) и азимута на эпицентр (в)

В целях наблюдения за роевым процессом с 10 февраля в эпицентральной зоне вокруг Шеки были установлены три временные передвижные станции «Айдынбулаг», «Дашагалы» и «Джума» (рис. 5, табл. 2).

Наблюдения велись до середины марта. Результат наблюдений представлен на рис. 6. Станциями было зарегистрировано 3240 слабых землетрясений, однако локализованы не все события.



Рис. 5. Временные цифровые станции, установленные для регистрации роевых землетрясений

Таблица 2. Временные цифровые станции для регистрации событий Шекинского роя в феврале-марте 2004 г.

№	Станция	Дата		Координаты		Тип сейсмометра и АЦП	Перечень каналов
		открытия	закрытия	φ° , N	λ° , E		
1	Айдынбулаг	10.02.2004	12.03.2004	40.9833	47.2833	STS-2	LH [N, E, Z]
						EpiSensor ES-T	BH [N, E, Z]
						Quanterra Q330	HH [N, E, Z]
							HG [N, E, Z]
2	Дашагалы	11.02.2004	12.03.2004	41.1751	47.4179	STS-2	LH [N, E, Z]
						EpiSensor ES-T	BH [N, E, Z]
						Quanterra Q330	HH [N, E, Z]
							HG [N, E, Z]
3	Джума	-- --	-- --	41.2119	46.9393	STS-2	LH [N, E, Z]
						EpiSensor ES-T	BH [N, E, Z]
						Quanterra Q330	HH [N, E, Z]
							HG [N, E, Z]

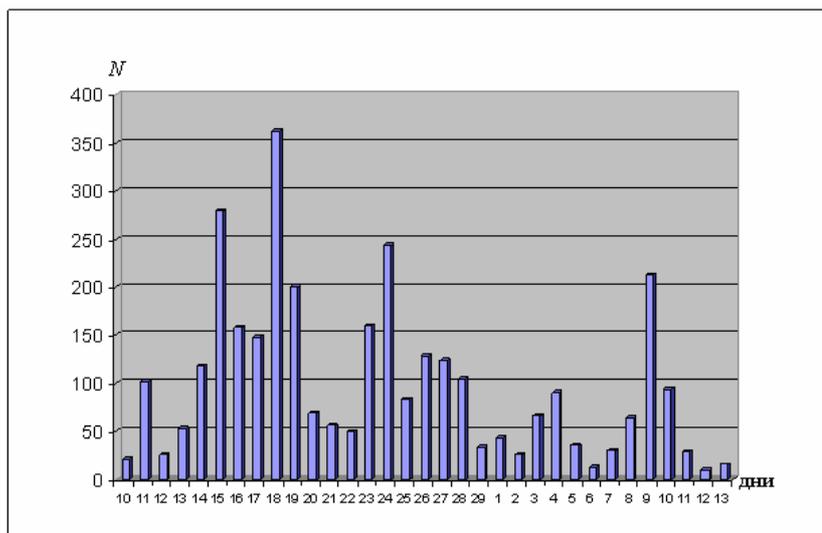


Рис. 6. Суточные числа землетрясений в феврале и марте 2004 г. по данным временных станций

Карта эпицентров роевых землетрясений по данным временной сети представлена на рис. 7, откуда видно, что их эпицентры расположены очень компактно. Эпицентральная область расположена восточнее г. Шеки и имеет форму эллипса с осями 20×40 км. Его большая ось вытянута с северо-запада на юго-восток, т.е. в общекавказском направлении. Плотность эпицентров была очень большой.

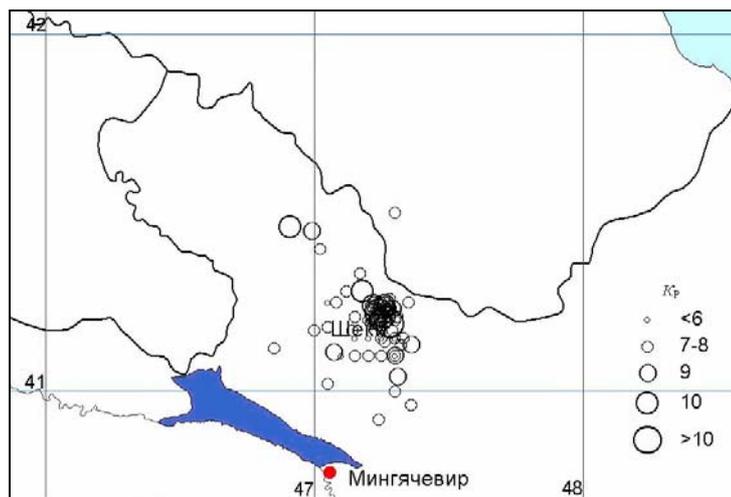


Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений Шекинского района за 2004 г.

Расположение очагов событий роя с $K_p \geq 9$ представлено на вертикальном геологическом разрезе по профилю вкрест простирания структур. Как следует из разреза, все гипоцентры расположены в слое от 8 до 14 км. Эти данные хорошо согласуются с мнением Р.М. Гаджиева [4] о том, что для азербайджанской части южного склона Большого Кавказа преимущественные глубины очагов землетрясений составляют от 6 до 12 км, т.е. ниже толщи осадочных отложений.

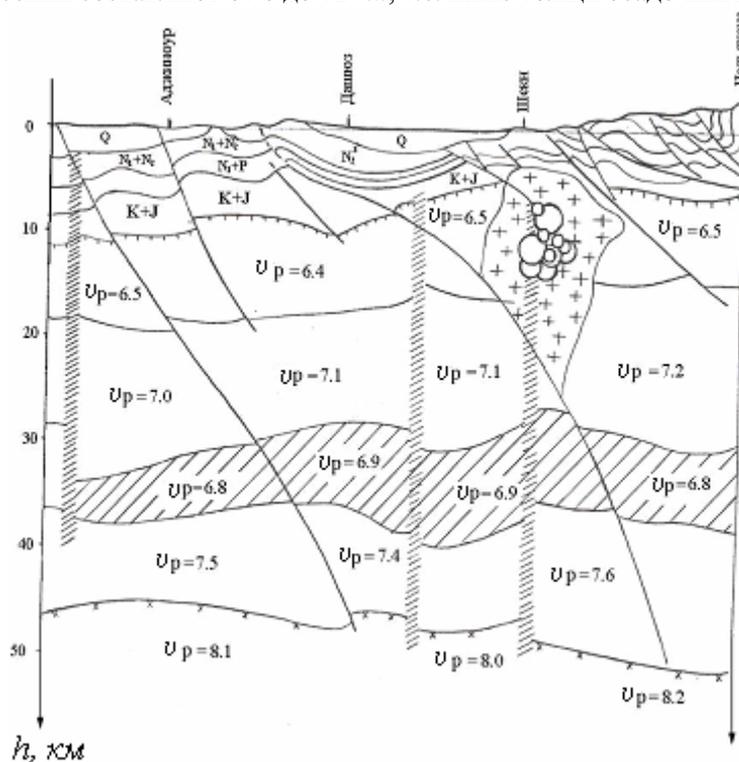


Рис. 8. Вертикально-геологический разрез и гипоцентры роевых землетрясений с $K_p=9-11$

Как видно из геологического разреза, изучаемый район отличается интенсивной складчатостью. Складки осложнены продольными надвигами. По результатам геологических исследований намечен ряд продольных разрывов, а также поперечных разломов, придающих этому району в совокупности с продольными разломами блоковый тип строения. Этим фактом объясняется локальный характер макросейсмических полей Шекинских землетрясений [5], т.к. они затухают, не выходя за пределы Шекинского района.

Как было отмечено выше, в Шекинской зоне цифровыми станциями зарегистрирована многочисленная серия слабых землетрясений с $K_p \leq 6$, пропущенных региональной сетью. Их оча-

ги приурочены к поверхностному слою. В пределах земной коры, особенно в верхних ее слоях, имеется большое число трещин и неоднородностей. Зарегистрированные слабые землетрясения связаны, возможно, с их разрастанием [6].

С целью определения механизма очага Шекинских землетрясений были взяты четкие вступления на региональных аналоговых и телеметрических сейсмических станциях. Поскольку координаты эпицентров близки, механизм очага землетрясений был определен по групповой методике Л.А. Мишариной [7], или, другими словами, несколько очагов были рассмотрены как один очаг (рис. 9).

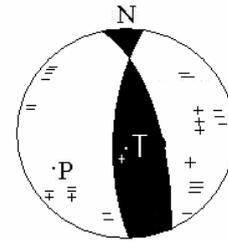


Рис. 9. Механизм очага роя землетрясений в феврале 2004 г.

Результаты построения механизма очага роя Шекинских землетрясений показали следующее. Оси напряжений растяжения T близвертикальны ($PL_T=74^\circ$), оси напряжений сжатия P близгоризонтальны ($PL_P=15^\circ$). Одна из плоскостей разрыва в очаге землетрясения характеризуется крутым ($DP=60^\circ$) падением. Значение подвижки по разрыву $SLIP$ указывает на то, что в очаге доминируют движения, при которых подвижки по падению встречаются чаще, чем по простиранию и характеризуются как надвиг с взбросовой компонентой.

Очаговая зона Шекинских землетрясений связана с отрезком Вандамского разлома и находится между Тертер-Огузским и Гянджачайским поперечными разломами (рис. 10). Был использован фрагмент карты глубинных разломов Азербайджана Т.Н. Кенгерли и А. Алиева [8].

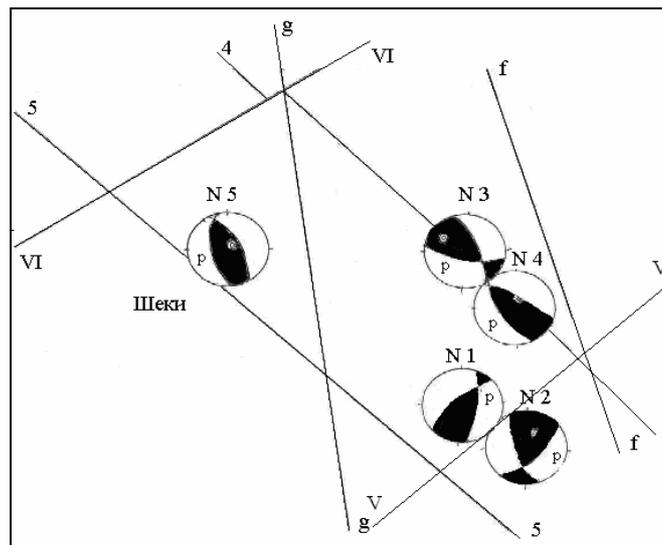


Рис. 10. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений

N (1–5) – номер землетрясения из табл. 1. Разломы: Дашгиль-Мудресинский продольный (4–4); Вандамский (5–5) продольный; Тертер-Огузский (V–V); Гянджачайский поперечный (VI–VI); Гейчай-Ханахульский ортогональный (f–f); Ахвайский ортогональный (g–g).

При совместном рассмотрении механизмов очагов землетрясений 2004 г. и четырех более ранних землетрясений (02.09.1953 г., 18.08.1983 г., 19.11.1985 г., 09.10.1989 г. с $K_p=12, 9, 8.8$ и 9.7 соответственно) с идентичными координатами (табл. 3, рис. 10) можно отметить следующее. Во всех очагах наблюдается идентичный характер пространственного расположения осей напряжений – близгоризонтальная ориентация осей сжатия ($PL_P=8-28^\circ$) и близвертикальная у осей растяжения ($PL_T=50-74^\circ$). Плоскости разрыва в очагах землетрясений характеризуются в основном крутым падением с подвижками типа взброс (табл. 3, рис. 9). Таким образом, механизм очага Шекинских землетрясений в феврале 2004 г. соответствует механизму очагов землетрясений, произошедших в предыдущие годы на этом участке земной коры южного склона Большого Кавказа.

Таблица 3. Параметры механизмов очагов землетрясений Шекинской зоны за 1953–2004 гг.

№	Дата, д м год	φ° N	λ° E	h, км	Ms	Kp	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
							T		N		P		NP1			NP2		
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	02.09.1953	41.00	47.40		5	12	66	238	6	132	22	42	28	23		225	67	
2	18.08.1983	41.10	47.40	0	4.2	9	56	220	36	22	8	290	230	60	130	354	50	40
3	19.11.1985	41.20	47.40		3.7	8.8	57	227	30	17	13	115	238	41	138	2	64	57
4	09.10.1989	41.20	47.40	19	4.4	9.7	50	135	26	290	28	40	166	30	156	276	80	60
5	05.02.2004	41.20	47.20	11	4.6	12.0	252	6	6	174	15	72	162	29	89	358	60	98

На протяжении всего периода сейсмических наблюдений в Шекинском районе происходят как слабые, так и сильные землетрясения. Можно отметить землетрясения 02.11.1903 г., 02.09.1953 г., 23.04.1963 г., которые ощущались до 6–7 баллов [9]. Рой слабых землетрясений был зарегистрирован в 1952–1953 гг. [10].

Шекинский район составляет северо-западную часть Шеки-Огузской сейсмогенной зоны, которая находится в зоне сочленения мегаантиклинория Большого Кавказа и Куринской межгорной впадины и подвержена влиянию Вандамского глубинного разлома [11].

Сейсмичность исследуемого района по числу землетрясений за последние 15 лет, с 1990–2004 гг., представлена на рис. 11 и свидетельствует о постепенном нарастании сейсмичности в этой области. Ощутимые землетрясения в районе г. Огуз происходили 09.03.2000 г. и 01.06.2003 г. Интенсивность сотрясений для первого из них составила 5 баллов в г. Огуз (10 км), 3–4 балла в г. Шеки (35 км), 3 балла в Габале (35 км) [12], для второго – 5–6 баллов в г. Огуз (10 км), 5 баллов в г. Шеки (25 км) [13].

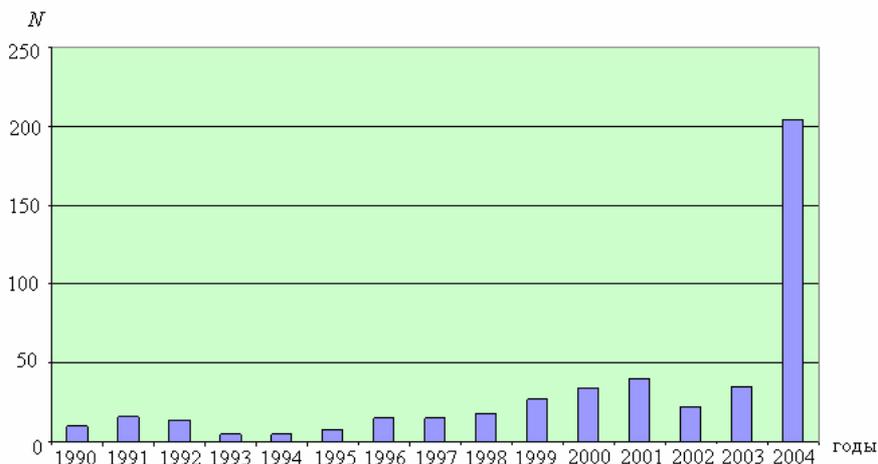


Рис. 11. Распределение числа землетрясений в Шекинском районе по годам

Из очаговой зоны этого землетрясения процесс распространился в северо-западном направлении и спровоцировал, по всей вероятности, возникновение роя Шекинских землетрясений 2004 г.

Л и т е р а т у р а

- Гасанов А.Г., Абдуллаева Р.Р., Етирмишли Г.Д. (отв. сост.), Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Э., Исламова Ш.К., Исмаилова С.С., Казымова С.Э. Каталог землетрясений Азербайджана за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
- Абдуллаева Р.Р., Михайлова Р.С. Рой землетрясений вблизи Шеки в феврале 2004 г. (Азербайджан). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
- Гасанов А.Г., Етирмишли Г.Д., Абдуллаева Р.Р. Азербайджан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
- Гаджиев Р.М. Глубинное геологическое строение Азербайджана. – Баку: Азернешр, 1965.– 158 с.

5. **Агамирзоев Р.А.** Сейсмоструктура Азербайджанской части Большого Кавказа. – Баку: Элм, 1987 г. – 122 с.
6. **Раджабов М.** Отчет по изучению глубинного строения земной коры и вариации геофизических полей по времени в пределах Южного склона Большого Кавказа. – Баку: Фонды Ин-та ЮжВНИИГеофизика, 1982. – 103 с.
7. **Мишарина Л.А.** Исследование механизма очагов слабых землетрясений северо-восточного сектора Байкальского рифта // Тр. III Всесоюзного симпозиума по сейсмическому режиму, ч. I. – Новосибирск: Наука, СО РАН, 1969. – С. 147–166.
8. **Алиев А., Кенгерли Т.Н.** Вертикальный геологический разрез по профилю вкост простирания структур // Тектоника Азербайджана. – Баку: Nafta-Press, 2005 – С. 187–195.
9. **Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин 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.
10. **Кузнецов В.П., Коридалин Е.А., Исламов К.Ш.** Сейсмичность Восточной части южных отрогов Главного Кавказского хребта в 1951–1953 гг. – Отчет Кавказской экспедиции ГЕОФИАН и сейсмической экспедиции Ин-та физики и математики АН Азербайджанской ССР за 1953 г. – М.: Фонды ГЕОФИАН, 1954. – 158 с.
11. **Шихалибейли Э.Ш.** Некоторые проблемные вопросы геологического строения и тектоники Азербайджана. – Баку: Элм, 1996. – 216 с.
12. **Абдуллаева Р.Р., Миргуламова С.М. (отв. сост.), Казиева С.Г., Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Э., Исмаилова С.С., Кулиева С.К., Исламова Ш.К.** Азербайджан // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. (На CD).
13. **Гасанов А.Г., Абдуллаева Р.Р., Етирмишли Г.Д. (отв. сост.), Миргуламова С.М., Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Э., Исламова Ш.К., Исмаилова С.С., Гулиева С.К., Казымова С.Э.** Каталог землетрясений Азербайджана за 2003 год // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. (На CD).