

статистического материала, а также необходимо комплексирование различных видов прогностических наблюдений.

Дальнейшие исследования позволят более исчерпывающе оценить возможности данного вида прогностических наблюдений для использования его в системе оперативного сейсмопрогнозирования.

ИГИС АН АрмССР,
Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Поступила 18.IV.1989

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирфельд Я. Ч. Об ионосферно-сейсмической связи и возможности использования ее для ионосферного прогнозирования землетрясений.—В кн.: Поиск предвестников землетрясений на прогностических полигонах. М.: Изд. Наука, 1974, с. 200—202.
2. Гохберг М. Б. Пилипенко В. Л. Похотелов О. А. Наблюдения со спутника электромагнитного излучения над эпицентральной областью готовящегося землетрясения.—ДАН СССР, 1983, т. 268, № 1, с. 56—58.
3. Гохберг М. Б. Гухфельд И. Л. Кустов А. В. Липеровский В. А. Булошников А. М. Пилипенко В. А. Похотелов О. А. Шалимов С. А. Возбуждение электростатической волновой турбулентности в ионосфере, как один из эффектов сейсмической активности.—Препринт № 16. М., ИФЗ АН СССР, 1983, с. 53.
4. Гохберг М. Б. Гершензон Н. И. Гухфельд И. Л. Кустов А. В. Липеровский В. А. Хусамеддинов С. С. О возможных эффектах воздействия электрических полей сейсмического происхождения на ионосферу.—Геомagnetизм и Аэрoномия, 1984, т. 24, № 2, с. 217—223.
5. Моргунов В. А. К природе литосферно-ионосферных связей.—Изв. АН СССР, Физика Земли, М., 1988, с. 79—87.
6. Руденко Г. В. Возбуждение ионосферного МГД-волновода подземными токами в зоне подготовки землетрясений.—Геомagnetизм и Аэрoномия, 1985, т. 25, № 5, с. 799—805.
7. Электромагнитные предвестники землетрясений. Под ред. Садовского М. Л. Изд. Наука, М.: 1982, с. 89.
8. Crane R. K. Ionospheric Scintillation, Proc. of JREE, 1977, v. 65, № 2, p. 5—29.
9. Row R. V. Evidence of Long-Period Acoustic-Gravity Waves Launched into the F Region by the Alaskan Earthquake of March 28, 1964—J. Geophys. Res., 1966, v. 71, № 1, p. 343—345.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 3, 71—77.

УДК 550.348.436 (479.25)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Э. Г. ГЕОДАКЯН, В. Ж. АГАРОНЯН, М. А. ДАНИЛОВА, С. Л. ЮНГА

ОСОБЕННОСТИ ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ АФТЕРШОКОВ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

В настоящей работе рассматриваются основные особенности механизма очага главного толчка и афтершоков Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года. Афтершоковым процессом охвачена область приблизительно запад-северо-западного простирания с разворотом в восточной ее части к юго-восточному простиранию. В этой области и ее окрестностях известно несколько сильных исторических землетрясений, начиная с землетрясения 1046 года, разрушившего древнюю столицу Армении Ани. Можно отметить приуроченность эпицентров этих разрушительных землетрясений к системе глубинных разломов субширотного простирания в основной части рассматриваемой области, сменяющегося в районе эпицентра землетрясения 1988 года на

СЗ-ЮВ простирание. Данную систему разломов, по-видимому, можно рассматривать как одно из ответвлений Северо-Анатолийской системы глубинных разломов, характеризующейся в целом правосторонними сдвиговыми перемещениями [3]. Механизмы очагов землетрясений Северной Армении, изученные за период времени с 1971 по 1983 г.г. в работе [1], указывают на значительное разнообразие типов движения, отвечающих, тем не менее, преобладанию сжатия земной коры в рассматриваемой области в север-северо-восточном направлении.

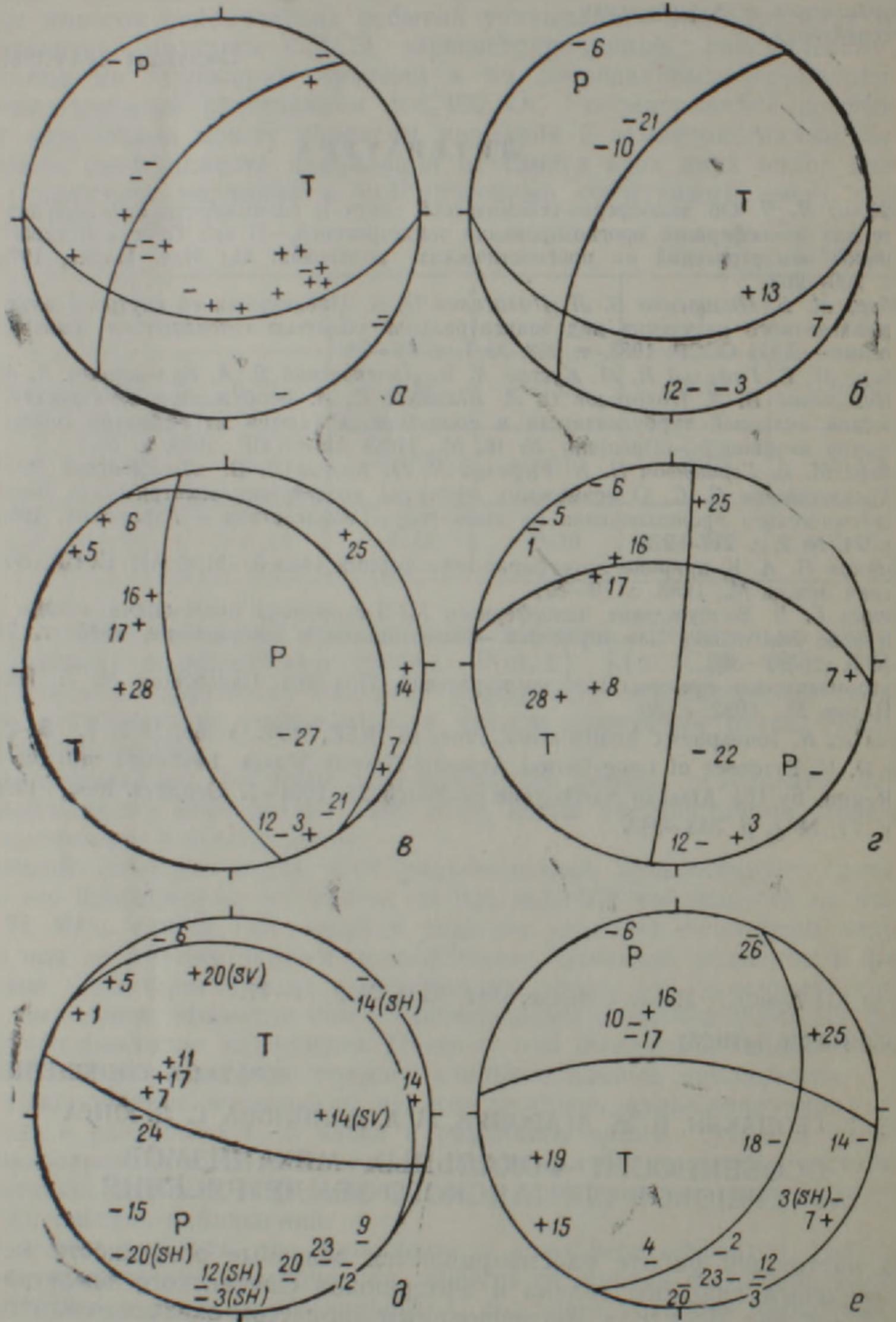


Рис. 1. Механизм очага главного толчка Спитакского землетрясения (а). Примеры определения механизма очага для афтершоков Спитакского землетрясения: б) 07.12.88 в 08—06 К=13; в) 07.12.88 в 09—31 К=13; г) 07.12.88 в 10—57 К=12; д) 12.12.88 в 01—15; К=10; е) 31.12.88 в 04—07, К=13.

Обозначения Р, Т—оси сжатия и растяжения, соответственно.

Сейсмические станции: 1—Абастумани, 2—Алагит, 3—Арарат, 4—Артик, 5—Ахалкалаки, 6—Бакураты, 7—Варденис, 8—Гарм, 9—Гарин, 10—Горис, 11—Джермук, 12—Ереван, 13—Цебельда, 14—Иджеван, 15—Исаахян, 16—Каджарэн, 17—Кармракар, 18—Кироваван, 19—Ленинакан, 20—Мецамор, 21—Нахичеван, 22—Они, 23—Паракар, 24—Ширкули, 25—Степанаван, 26—Тбилиси, 27—Цагверн, 28—Шени.

Механизм очага главного толчка Спитакского землетрясения (07.12.88 07—41) был построен в первую неделю после землетрясения одним из авторов (С. Л. Юнга) по данным о знаках первых вступлений продольных волн на сети армянских сейсмостанций, а также по данным, переданным со станций сети СССР и мировой сети (рис. 1а). В дальнейшем был построен механизм по данным о знаках первых вступлений Р-волн на станциях сейсмических сетей Армении, Грузии и Азербайджана. Полученные решения в пределах точности определений не противоречат друг другу.

Механизм очага главного толчка относится к взбросо-сдвиговому типу. Судя по макросейсмическим данным и расположению афтершоков, nodальная плоскость приблизительно близширотного простирания является плоскостью подвижки. Плоскость падает на север под углом около 55° . По ней произошел взброс северного крыла с правосторонним сдвигом. Ось сжатия близгоризонтальна с азимутом 340° .

Отметим, что характер соответствия данного типа подвижки установленному предшествующим исследованием [1] напряженному состоянию является довольно сложным. Так, взброс по близширотной плоскости представляется вполне типичным в данной ситуации. Однако характер сдвига не связывается однозначным образом с региональным напряженным состоянием, временные вариации которого в период, предшествующий землетрясению, остаются до сих пор за рамками исследования [1].

Механизмы очага афтершоков Спитакского землетрясения определялись по данным о знаках первых вступлений продольных и в ряде случаев поперечных волн на 14 сейсмических станциях армянской сети и по данным о знаках первых вступлений продольных волн, полученных по телетайпу с азербайджанских и грузинских сейсмостанций. Использовалась методика перевода знака S-волн в знаки Р-волн на фиктивных сейсмостанциях, предложенная в работе [2]. Построение фокальных механизмов проводилось на персональном компьютере на сейсмостанции «Ереван».

Определен 91 механизм очага афтершоков Спитакского землетрясения за период с 7 декабря 1988 года по 31 января 1989 г.г. Из них 3 механизма очага с $K=13$, 10 механизмов с $K=12$, 31 механизм с $K=11$ и 47 механизмов с $K=10$. Механизмы очагов землетрясений с $K \geq 11$ охвачены полностью. Для землетрясений с $K=10$ определениями охвачено почти 70% всех событий за этот период времени.

На рис. 1 б—с приведены примеры определения механизма очага афтершоков с разными энергетическими классами. Для землетрясений с $K \geq 11$ обычно использовались преимущественно данные о знаках Р-волн, тогда как для $K=10$ удавалось привлекать дополнительно данные по знакам вступлений S-волн. В случае, когда механизмы очага получались неоднозначными, нами принимались наиболее вероятные варианты.

Рассмотрим сначала характер движений в очагах землетрясений 07.12.88, проходящих непосредственно после главного толчка в течение первых суток. Первый из определенных механизмов очага относится к взбросо-сдвиговому типу и аналогичен механизму главного толчка (рис. 1 б). Однако, определение механизма очага этого афтершока является неоднозначным. Афтершок произошел западнее эпицентра главного толчка, полученного, по данным макросейсмике, в 8 часов 6 минут с $K=13$.

В дальнейшем 7 декабря наблюдаются механизмы типа сброса, сбросо-сдвига и сдвига (рис. 2,3). Номера афтершоков на рисунке соответствуют нумерации событий в таблице.

Область сбросов наблюдается в центральной части афтершоковой зоны в районе эпицентра главного толчка и на восточной части. Nодальные плоскости механизмов этих афтершоков секут широтное простирание зоны афтершоков таким образом, что можно предположить прогибание области, в которой произошел главный толчок.

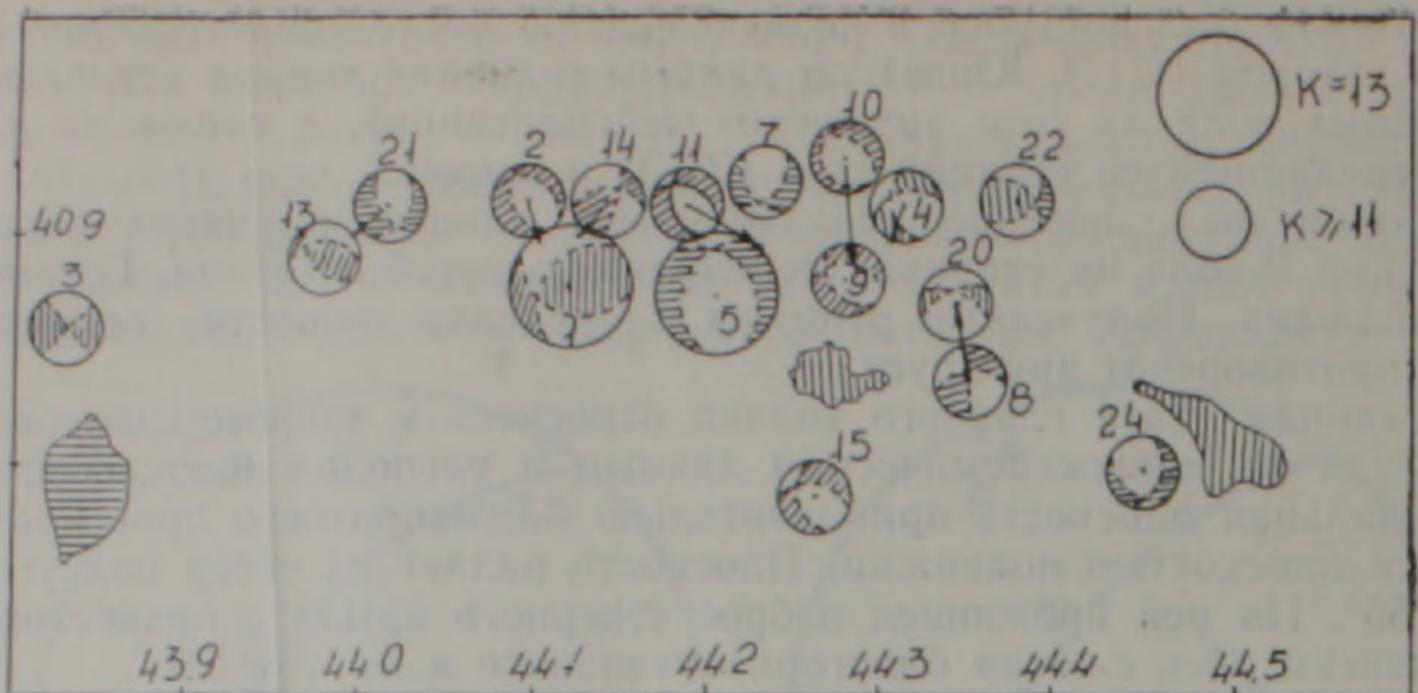


Рис. 2. Механизмы очага афтершоков Спитакского землетрясения с $K \geq 11$ за 7 декабря 1988 г.

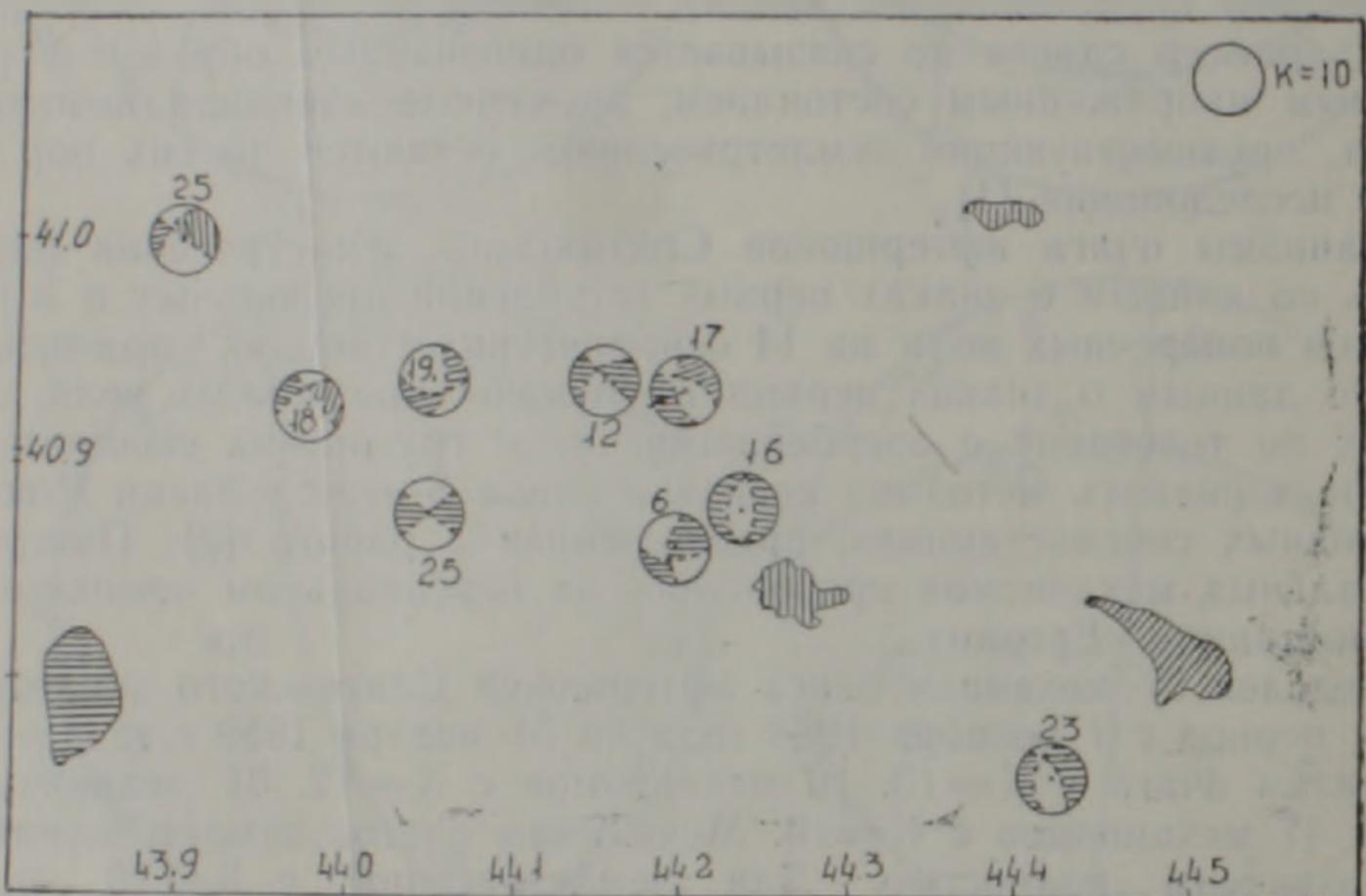


Рис. 3. Механизмы очага афтершоков Спитакского землетрясения с $K = 10$ за 7 декабря 1988 года.

Сдвиговые механизмы в очагах этой зоны соответствуют механизму главного толчка и отвечают правостороннему движению по близширотным плоскостям. В юго-западной части зоны около г. Ленинакана в 9 часов 18 минут наблюдалось землетрясение с $K = 11$ с левосторонним сдвигом по крутой плоскости северо-восточного простирания. В западной части зоны 7 декабря произошло землетрясение, механизм которого относится к взбросо-сдвиговому типу (в 14 часов 4 мин), при этом по близширотной плоскости, падающей на юг, также наблюдается левосторонний сдвиг. Механизму очага 7.12. в 15 ч 53 мин с $K = 10$ в этой же части зоны соответствует левосторонний сдвиг по пологой плоскости, падающей на юго-восток, с опусканием в сторону эпицентра главного толчка. В 22 ч 03 мин в северо-западной части афтершоковой области произошло землетрясение с $K = 10$ с механизмом сдвигового типа. Если предположить, что в западной части зоны происходит разветвление разлома на северо-западную и юго-западную части, то можно считать, что для этого землетрясения тип движения соответствует правостороннему сдвигу по крутой плоскости северо-западного простирания.

В последующий период времени, начиная с 8 декабря, характер движений в очагах афтершоков существенно изменяется (рис. 4, 5).

Афтершоки Спитакского землетрясения, для которых определены механизмы очага

Таблица 1

№	Дата	Время	№№	Дата	Время
1	07.12.88	08-06	47	12.12.88	15-36
2	—	08-57	48	13.12.88	04-21
3	—	09-18	49	—	21-35
4	—	09-28	50	15.12.88	04-14
5	—	09-34	51	—	15-43
6	—	09-42	52	16.12.88	18-54
7	—	10-20	53	17.12.88	23-33
8	—	10-57	54	18.12.88	04-08
9	—	11-01	55	—	17-49
10	—	11-03	56	19.12.88	02-35
11	—	12-09	57	—	05-22
12	—	12-47	58	—	17-29
13	—	14-04	59	20.12.88	00-05
14	—	14-10	60	—	10-34
15	—	14-37	61	22.12.88	02-20
16	—	14-46	62	—	12-24
17	—	15-03	63	—	18-13
18	—	15-51	64	22.12.88	18-19
19	07.12.88	16-50	65	—	21-23
20	—	18-05	66	23.12.88	07-42
21	—	18-26	67	24.12.88	05-45
22	—	19-17	68	27.12.88	07-45
23	—	19-28	69	28.12.88	03-46
24	—	20-07	70	29.12.88	10-08
25	—	20-35	71	—	18-44
26	—	22-03	72	30.12.88	13-23
27	08.12.88	01-15	73	31.12.88	04-07
28	—	01-49	74	—	15-35
29	—	02-09	75	—	15-51
30	—	02-46	76	—	17-22
31	—	04-48	77	01.01.89	22-59
32	—	06-04	78	03.01.89	08-19
33	—	06-28	79	04.01.89	07-29
34	—	07-45	80	—	07-38
35	—	09-07	81	—	07-40
36	—	12-46	82	05.01.89	08-15
37	08.12.88	20-32	83	08.01.89	13-09
38	09.12.88	04-50	84	—	16-53
39	—	14-01	85	09.01.89	20-01
40	—	20-24	86	11.01.89	19-33
41	10.12.88	19-12	87	14.01.89	15-52
42	—	19-46	88	—	21-26
43	—	21-25	89	17.01.89	12-05
44	11.12.88	04-58	90	20.01.89	02-40
45	—	12-20	91	24.01.89	02-31
46	12.12.88	01-15			

По типам механизмов и их пространственной приуроченности представляется возможным выделить три основные части рассматриваемой области.

Центральная часть, имеющая субширотное простирание, характеризуется в целом механизмами очагов взбросо-сдвигового типа, одна из нодальных плоскостей которых, как правило, имеет примерно такое же простирание. Вместе с тем, имеются также движения типа сброса, например, при землетрясении 08.12.88 в 04 ч 07 мин. Однако движения типа сброса в этот период времени не являются преобладающими, в отличие от афтершоков, имевших место 7 декабря. Преимущественными являются взбросо-сдвиги типа механизма главного толчка, взбросы, правосторонние сдвиги по субширотным плоскостям и плоскостям северо-западного простирания.

В восточной части рассматриваемой области уверенно намечается приуроченность простирания нодальных плоскостей к северо-западному направлению. Наблюдается также целый ряд механизмов взрезного типа, с вертикальным движением по близвертикальным

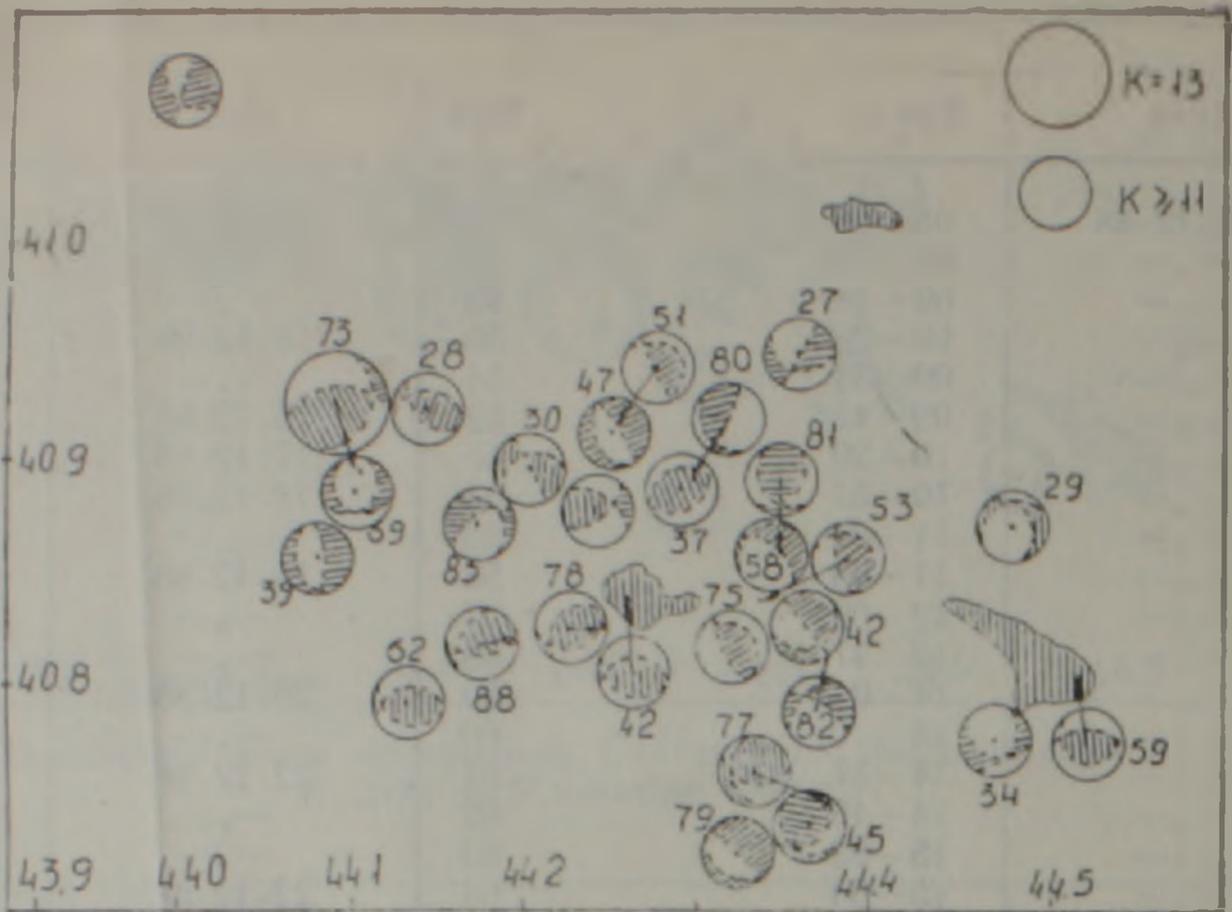


Рис. 4. Механизмы очага афтершоков Спитакского землетрясения с $K \geq 11$ за период с 8 декабря по 31 января 1989 года.

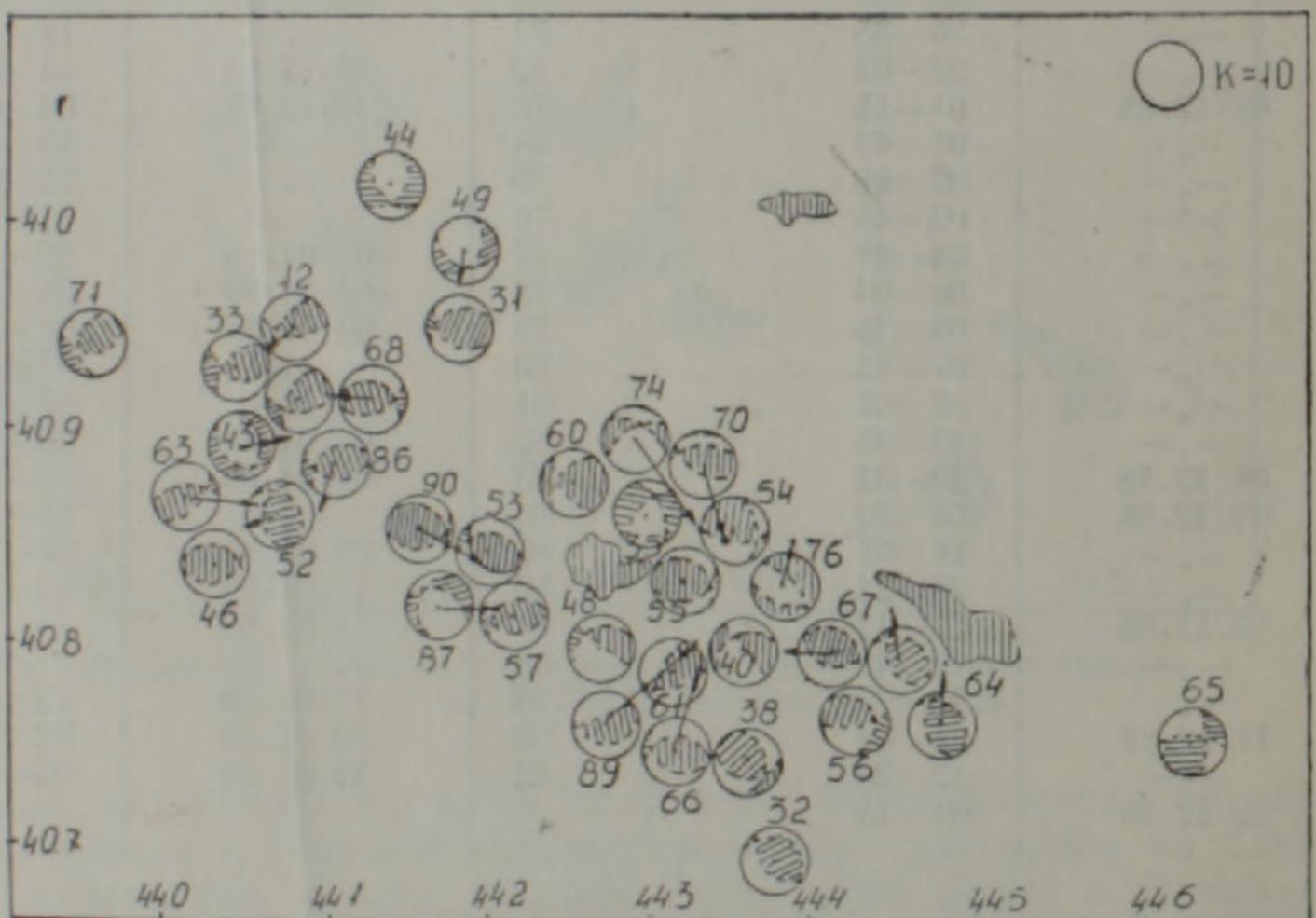


Рис. 5. Механизмы очага афтершоков Спитакского землетрясения с $K = 10$ за период с 8 декабря по 31 января 1989 года.
Обозначения: заштрихована область растяжения.

плоскостям, которые в совокупности позволяют предположить возможность поворотов отдельных блоков земной коры. Об этом свидетельствует также определенная упорядоченность промежуточных осей механизмов этой части зоны.

В западной части области не исключена возможность разветвления зоны активизировавшихся разрывов на две подобласти: северо-западного и запад-юго-западного простирания. По разрывам северо-западного простирания достаточно типичным представляются движения правостороннего типа с заметными взбросовыми компонентами. Примерно к этому же типу относится сильный афтершок, происшедший 30 марта 1989 г. в 16 ч 36 мин и определенный по предварительным данным. В целом в западной части развиты также правосторонние сдви-

ги со взбросом по широтным плоскостям, взбросы со взрезом по плоскостям северо-западного простирания, взрезы по плоскостям северо-западного простирания с подъемом северо-восточного крыла.

Выводы. Определен механизм очага главного толчка Спитакского землетрясения. Взбросовая компонента движения в очаге представляется взаимосвязанной с общей обстановкой близмеридионального регионального сжатия земной коры Северной Армении.

Изучены механизмы очага 91 афтершока с $K \geq 10$. Полностью охвачены афтершоки с $K \geq 11$. Обнаружены значительные изменения во времени типа подвижек в очагах афтершоков в течение 7 декабря после землетрясения и определенная пространственная приуроченность типов механизмов афтершоков в последующий период времени.

Авторы признательны члену-корр. АН АрмССР Нерсесову, И. Л., Попандопуло Г. А., Ахвердяну Л. А., а также выражают благодарность Саргсяну Н. М., Саргсян Г. В. за предоставление сводных каталогов и помощь в подборе сейсмограмм, Товмасын А. К., Гаспарян Р. В. за помощь в обработке сейсмограмм, Амирбекяну Р. В. и Данояну А. Ю. за содействие, оказанное в работе на компьютере.

ИГИС АН АрмССР,
ИФЗ АН СССР

Поступила 11.4.1989.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шагоян Т. Г. Параметры механизма очагов землетрясений территории Армении и сопредельных районов за 1971—1983 гг.—Деп. в ВИНИТИ 20.04.88. № 3039—В88, 1988, 14 с.
2. Юнга С. Л. Теоретико-методические элементы определения фокального механизма землетрясения.—Изв. АН СССР. Физика Земли, 1981, № 4, с. 33—42
3. Jackson J., D. McKenzie—Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between Turkey and Pakistan.—Geophys. J. R. astr. Soc., 1984, v. 77, p. 185—264.