

УДК 551.24

СЕЙСМОЛОГИЯ

Н. К. Карапетян

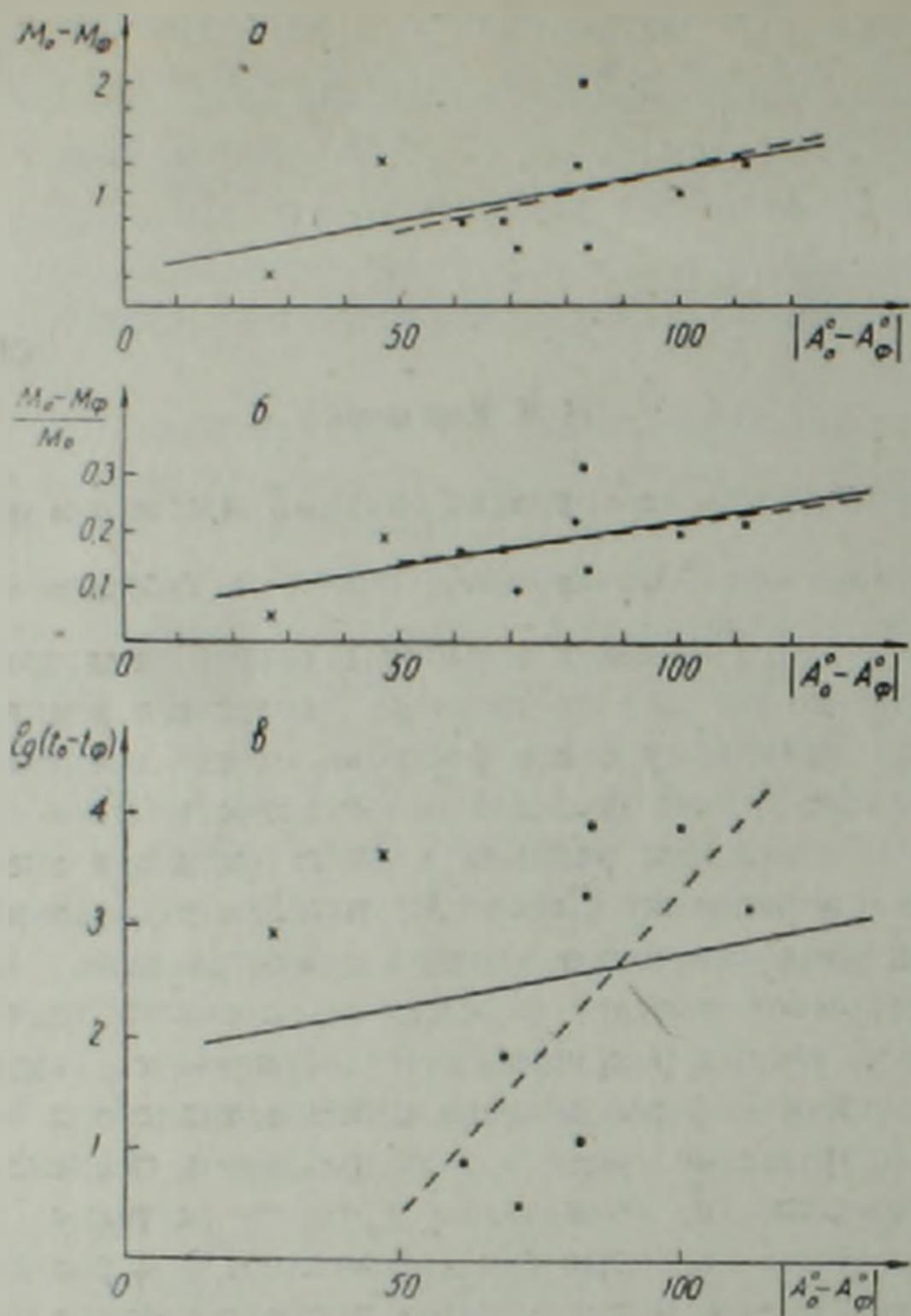
Прогностический признак сильных землетрясений

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. А. Габриеляном 10/VI 1987)

В работе (1) при изучении механизма очагов землетрясений Эрзинджан-Бингельского региона на примере Вартоского землетрясения показано, что по механизму очага форшока можно предсказать возникновение основного толчка большей интенсивности. Было отмечено, что обе возможные плоскости разрыва в очаге форшока значительно отклоняются от направления Северо-Анатолийского разлома, к которому приурочен очаг основного толчка землетрясения. Несовпадение плоскостей разрывов в очаге форшока и основного толчка согласно дислокационной теории разрушения (2) объясняется тем, что при повышенной скорости деформирования сейсмоактивного района происходит хрупкое разрушение среды и в направлении, перпендикулярном к фокальной поверхности, появляются хрупкие разрывы. Следовательно, хрупкие разрывы, которые свидетельствуют о нарастании скорости деформирования среды, могут служить прогностическим признаком появления сильного землетрясения (2).

В настоящей работе исследованы механизмы очагов десяти наиболее крупных землетрясений Армянского нагорья, которые имели форшоки с магнитудой $M \geq 3\frac{1}{2}$. Данные об этих землетрясениях, в том числе координаты эпицентров форшоков, основных толчков и афтершоков, приведены в таблице. Их форшоки определены при детальном изучении землетрясений по макросейсмическим и инструментальным наблюдениям. В виду ограниченности объема в настоящей статье эти исследования не приводятся. Форшоки в основном устанавливались исходя из того, что они происходили в эпицентральной области основного толчка. В той же таблице даны результаты определения азимутов разрывов в очагах основного толчка, форшока и афтершоков землетрясений по инструментальным и макросейсмическим данным. Азимуты разрывов в очагах землетрясений по инструментальным данным получены нами при изучении механизма очагов землетрясений по методу, основанному на теории дислокаций (3). При этом все построения велись на сетке Вульфа в проекции верхней полусферы. Азимуты разрывов в очагах землетрясений по макросейсмическим данным определены по направлению большой оси первой изосейсты на картах балльности.

Проведено сопоставление полученных результатов по разрывам в очагах землетрясений с направлениями известных тектонических раз-



Корреляционные зависимости. Объяснение в тексте

ломов на территории Армянского нагорья (4,5) и линейментов, выявленных по космическим снимкам (6). Получено, что направление одной из двух возможных плоскостей разрывов в очагах основных землетрясений и их афтершоков в основном совпадает с направлениями известных тектонических разломов, а направления разрывов в очагах форшоков отличаются. Как следует из таблицы, отличие в направлениях разрывов в очагах основного толчка и форшока у различных землетрясений неодинаковое.

Нами сделана попытка установить зависимость разности магнитуд основного толчка (M_0) и форшока (M_ϕ) от разности азимутов простираний разрывов в их очагах ($A_0 - A_\phi$). Получение такой корреляционной зависимости является существенным, так как представится возможность по силе форшока судить об интенсивности ожидаемого землетрясения. Данные по использованным землетрясениям приведены на рисунке, а. Точками отмечены землетрясения, происшедшие на Малом Кавказе, а крестиками — в Турции. Способом наименьших квадратов получено уравнение прямой (сплошная линия), осредняющей эти данные:

$$M_0 - M_\Phi = 0,278 + 0,009(A_0 - A_\Phi), \quad (1)$$

а в случае, когда использованы данные землетрясений только Малого Кавказа, эта зависимость выражается уравнением прямой (пунктирная линия на рисунке, а):

$$M_0 - M_\Phi = 0,092 + 0,011(A_0 - A_\Phi). \quad (2)$$

В обоих случаях средняя квадратическая ошибка равна 0,5. Коэффициент корреляции для зависимости (1) составляет 0,44. Слабая корреляция может быть следствием в основном трех причин: 1) рассмотренные землетрясения произошли в различных районах обширного Армянского нагорья; 2) указанная зависимость получена для большого интервала магнитуд основных землетрясений от 4 до $6\frac{3}{4}$; 3) могли появиться ошибки при измерениях азимутов простирания разрывов в очагах землетрясений. Как следует из рисунка, а, первая причина в данном случае исключается, так как зависимости $(M_0 - M_\Phi)$ от $(A_0 - A_\Phi)$ для всей территории Армянского нагорья и Малого Кавказа получаются примерно одинаковыми.

С целью исключения второй причины взята зависимость от $(A_0 - A_\Phi)$ отношения разности магнитуд основного толчка и форшока $(M_0 - M_\Phi)$ к магнитуде основного толчка, которая приведена на рисунке, б. Эта зависимость для всей территории Армянского нагорья выражается в виде

$$\frac{M_0 - M_\Phi}{M_0} = 0,0501 + 0,0016(A_0 - A_\Phi). \quad (3)$$

Как и следовало ожидать, корреляция между величинами $\left(\frac{M_0 - M_\Phi}{M_0}\right)$ и $(A_0 - A_\Phi)$ оказалась лучше, чем между $(M_0 - M_\Phi)$ и $(A_0 - A_\Phi)$. В данном случае коэффициент корреляции равен 0,55.

Для землетрясений Малого Кавказа эта зависимость имеет вид

$$\frac{M_0 - M_\Phi}{M_0} = 0,0619 + 0,0014(A_0 - A_\Phi). \quad (4)$$

Как следует из рисунка, б, зависимость $\frac{M_0 - M_\Phi}{M_0}$ от $(A_0 - A_\Phi)$ для всего Армянского нагорья (сплошная прямая) и Малого Кавказа (пунктирная прямая) примерно одинаковая. Средняя квадратическая ошибка в обоих случаях равна 0,06.

Представляет также определенный интерес установление зависимости разности времен возникновения основного землетрясения (t_0) и форшока (t_Φ) от разности азимутов простирания разрывов в очагах основного толчка и форшока. На рисунке, в даны эти значения, взятые из табл. 1. При этом разность времен возникновения основного землетрясения и форшока дана в часах и выражена в логарифмическом масштабе.

Для землетрясений всего Армянского нагорья эта зависимость получена в виде

$$\lg(t_0 - t_\Phi) = 1,8163 + 0,0092(A_0 - A_\Phi), \quad (5)$$

Основные параметры землетрясений

№ пп.	Дата землетрясе- ния, число, месяц, год	Время возникнове- ния землетрясения	Координаты эпцентра		Магнитуда	Λ_0 по инструмен- тным данным	Λ_0 по макро сейсми- ческим данным	Название землетрясения
			γ_0°	λ_0°				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20 II 1920	00 01	41 59	44 07	4 ^{3/4}		30	Форшок Карглийского
2	20 II 1920	11 44	41 59	44 07	6		112	Карглийское
3	22 X 1926	16 44	40 42	43 44	5 ^{1/4}		104	Форшок Ленинаканского
4	22 X 1926	19 59	40 41	43 45	5 ^{3/4}		33	Ленинаканское
5	27 X 1926	21 20	40 42	43 47	4 ^{3/4}		36	Афтершок Ленинаканского
6	3 XI 1926	15 44	40 41	43 47	4		28	Афтершок Ленинаканского
7	12 II 1931	05 35	39 29	46 03	4 ^{1/2}		110	Форшок Зангезурского I
8	27 IV 1931	16 50	39 20	46 01	6 ^{1/2}		27	Зангезурское I
9	8 V 1931	09 05	39 12	46 24	4 ^{1/2}		42	Афтершок Зангезурского I
10	7 I 1937	13 23	40 09	44 23	4		110	Форшок Ереванского II
11	7 I 1937	20 47	40 08	44 26	4 ^{3/4}		49	Ереванское II
12	12 I 1937	05 03	40 08	44 25	4 ^{1/2}		42	Афтершок Ереванского II
13	23 I 1937	06 57	41 07	44 23	4		58	Афтершок Ереванского II
14	27 I 1937	17 50	40 10	44 24	4		56	Афтершок Ереванского II
15	9 III 1940	20 08	41 25	43 33	4 ^{3/4}		151	Форшок Табацкурского
16	7 V 1940	22 23	41 42	43 43	6		49	Табацкурское
17	23 V 1940	19 10	41 50	43 52	4 ^{1/4}		44	Афтершок Табацкурского
18	10 VII 1940	13 10	41 30	44 00	5		56	Афтершок Табацкурского
19	7 III 1966	01 16	31 12	41 36	5 ^{1/2}	64	61	Форшок Вартоского
20	19 VIII 1966	12 22	39 10	41 34	6 ^{3/4}	106	114	Вартоское
21	19 VIII 1966	13 15	39 25	41 18	5 ^{1/4}	134		Афтершок Вартоского
22	19 VIII 1966	13 54	39 00	41 46	5 ^{1/4}	127		Афтершок Вартоского
23	19 VIII 1966	14 17	39 20	41 15	5	100		Афтершок Вартоского
24	19 VIII 1966	18 41	39 08	41 29	4 ^{3/4}	118		Афтершок Вартоского
25	20 VIII 1966	11 59	39 25	40 59	6 ^{1/4}	114		Афтершок Вартоского
26	20 VIII 1966	12 01	39 10	40 42	5 ^{1/2}	126		Афтершок Вартоского
27	31 XII 1966	12 06	41 46	43 29	4	133	142	Форшок Боржомского
28	3 I 1970	06 54	41 49	43 23	4 ^{3/4}	70	68	Боржомское
29	21 V 1970	10 14	41 49	43 30	4 ^{1/4}	64		Афтершок Боржомского
30	1 VI 1973	09 35	41 22	43 53	3 ^{1/2}	144		Форшок Шахназарского
31	30 III 1974	00 34	41 24	43 58	4	60	55	Шахназарское
32	25 III 1976	11 55	41 01	42 57	4 ^{3/4}	37		Форшок Ардаханского II
33	29 IV 1976	22 18	40 55	42 49	5	64		Ардаханское II
34	29 IV 1976	23 23	40 50	42 53	4 ^{1/2}	68		Афтершок Ардаханского II
35	4 VI 1976	05 08	40 49	42 56	4 ^{1/2}	68		Афтершок Ардаханского II
36	6 II 1977	04 40	40 48	42 55	3 ^{3/4}	68		Афтершок Ардаханского II
37	14 III 1977	19 42	41 20	44 00	4 ^{1/4}	58	51	Форшок Дманисского
38	2 I 1978	05 31	41 24	44 07	5 ^{1/4}	156	153	Дманисское
39	1 III 1978	10 20	41 18	43 58	3 ^{1/2}	139		Афтершок Дманисского
40	2 III 1978	05 29	41 12	44 02	3 ^{3/4}	164		Афтершок Дманисского
41	14 VI 1978	13 25	41 22	44 00	4	162		Афтершок Дманисского
42	17 VI 1978	18 58	41 20	43 54	3 ^{3/4}	163		Афтершок Дманисского
43	27 VI 1978	04 45	41 08	44 00	4	163	155	Афтершок Дманисского
44	15 VIII 1978	09 04	41 14	44 00	4 ^{1/2}	159	156	Афтершок Дманисского

а для землетрясений Малого Кавказа в виде

$$\lg(t_0 - t_\phi) = 2,4722 + 0,0577 (\Lambda_0 - A_\phi). \quad (6)$$

Как следует из рисунка, в и формул (5) и (6), зависимость $\lg(t_0 - t_\phi)$ от $(\Lambda_0 - A_\phi)$ для землетрясений всего Армянского нагорья (сплошная прямая) сильно отличается от таковой для Малого Кавказа (пунктирная прямая). Эта зависимость, полученная по имеющимся данным для землетрясений всего Армянского нагорья, плохо коррелируется. Коэффициент корреляции равен всего 0,17. Для зем-

летрясений Малого Кавказа между $\lg(t_0 - t_\phi)$ и $(A_0 - A_\phi)$ имеется хорошая корреляция. Коэффициент корреляции равен 0,70. При этом отличаются также средние квадратические ошибки, согласно которым ошибка во времени возникновения сильного землетрясения по (5), т. е. для территории Армянского нагорья, составляет примерно 20 ч, а по (6), т. е. для территории Малого Кавказа, 10 ч.

Полученные зависимости позволяют по разности азимутов простирания разрыва в очаге землетрясения и направления тектонических разломов, к которым приурочены очаговые зоны сейсмоактивных регионов Армянского нагорья, судить о том, последует ли за этим землетрясением более сильное, а также оценить в среднем, когда и какой примерно силы будет оно.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии Академии наук Армянской ССР

Ն. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

Ուժեղ երկրաշարժերի կանխագուշակային հատկանիշը

Հայկական լեռնաշխարհի ուժեղ երկրաշարժերի ֆորշոկների օջախների մեխանիզմներով հաստատված է հիմնական ցնցմանը հավասարազոր երկրաշարժի առաջացման կանխագուշակային հատկանիշը:

Ստացված են համահարարերակցական կախումներ երկրաշարժի ու ֆորշոկի օջախներում խզումների հարթությունների սարածման ադիմուտների սարբերության և $M_0 - M_\phi$, $\frac{M_0 - M_\phi}{M_0}$ և $\lg(t_0 - t_\phi)$ միջև:

Այդ հավասարումները թույլ են տալիս որոշել սպասվելիք երկրաշարժի առաջացման պահը և ինտենսիվությունը:

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Н. К. Каралетян, Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, т. 39, № 2 (1986). ² А. В. Введенская, Сейсмогеодинамика. Наука, М., 1984. ³ А. В. Введенская, Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций, Наука, М., 1969. ⁴ А. Т. Асланян, Региональная геология Армении, Айпетрат, Ереван, 1958. ⁵ А. А. Габриелян, О. А. Саркисян, Г. П. Симонян, Сеймотектоника Армянской ССР, Изд. Ереванского ун-та, 1981. ⁶ А. С. Кираханян, Изв. высших учебных заведений, Геология и разведка, № 3, 1981.