

А. К. ТОВМАСЯН, И. В. ГОРБУНОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗЫ P_{\max} НА ЗАПИСЯХ СЛАБЫХ АФТЕРШОКОВ СПИТАКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1988 г. ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОЧАГОВЫХ ПРОЦЕССОВ

В настоящей работе с помощью новой методики интерпретации сейсмограмм [1], в которой принимается во внимание пространственно-временной характер процесса при землетрясении, определены направления разрывообразования в очагах 30 слабых землетрясений (афтершоков) Спитакского землетрясения.

Для этой цели обрабатывались записи американских цифровых станций, хорошо окружающих рассматриваемую эпицентральную область (рис. 1).

Методика обработки исходит из следующего: максимальная энергия в результате землетрясения выделяется не в первый момент процесса, а через некоторый интервал времени t . Эти выводы сделаны на основе теоретических и модельных экспериментов по физике очага землетрясения [3, 4]. На сейсмограмме это время соответствует максимальным амплитудам скорости на записях в группах P- и S-волн (P_{\max} и S_{\max}).

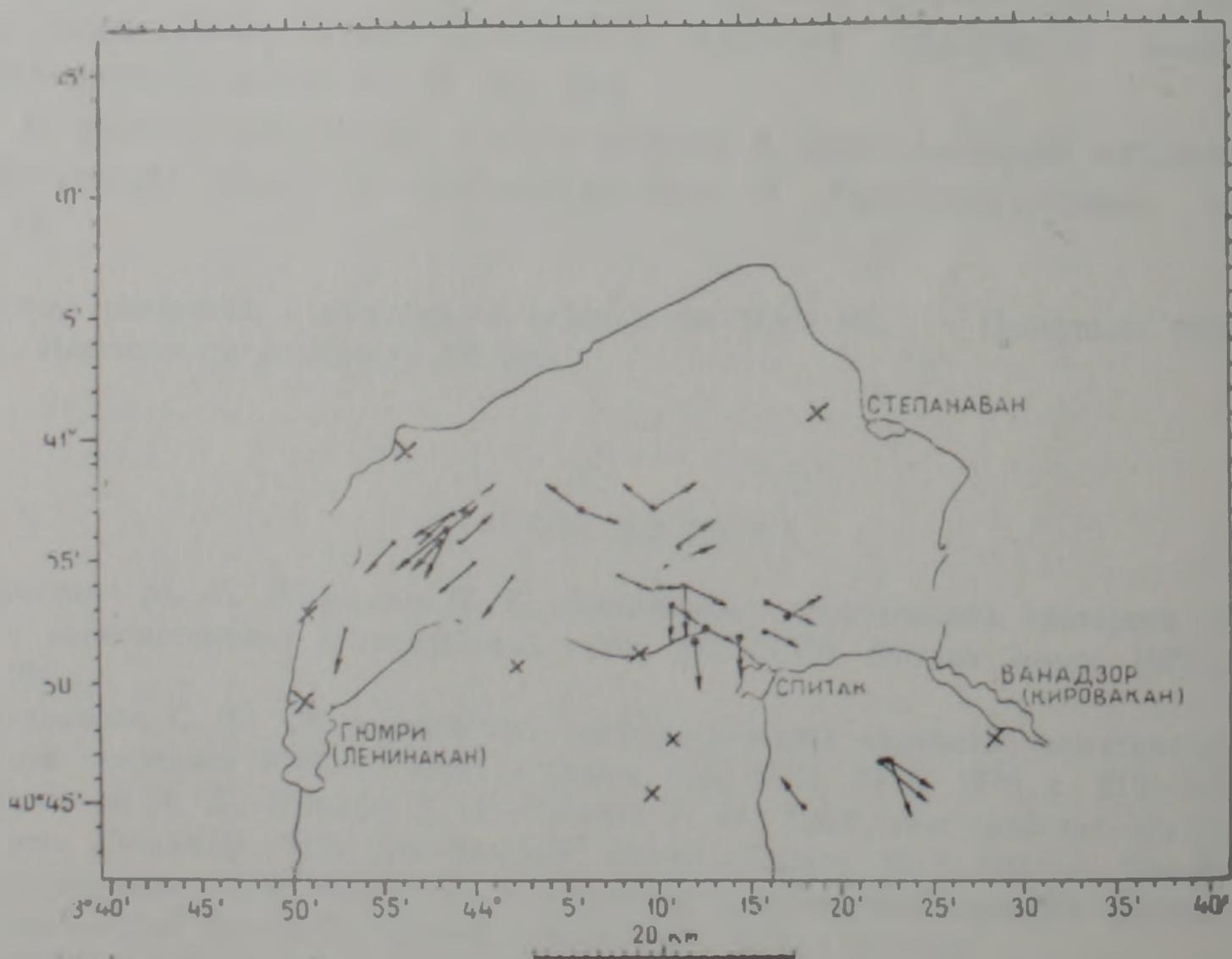


Рис. 1. Карта направления разрывообразования на основе азимутальных годографов для 29 афтершоков Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г.

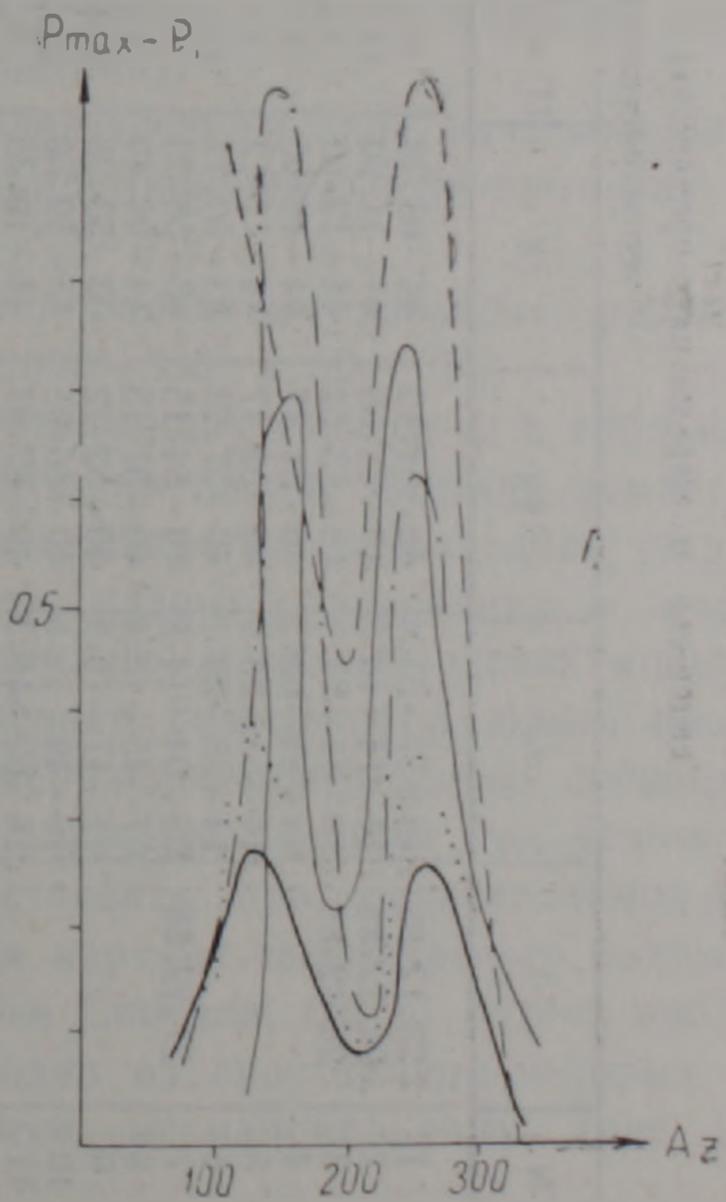
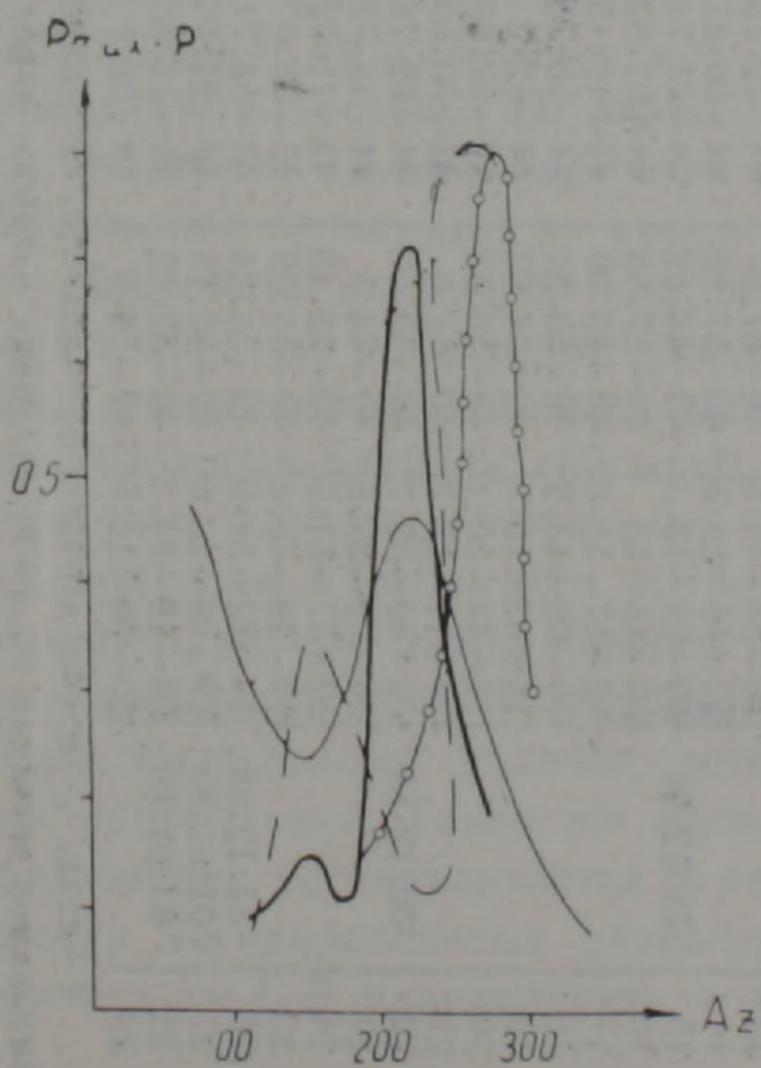
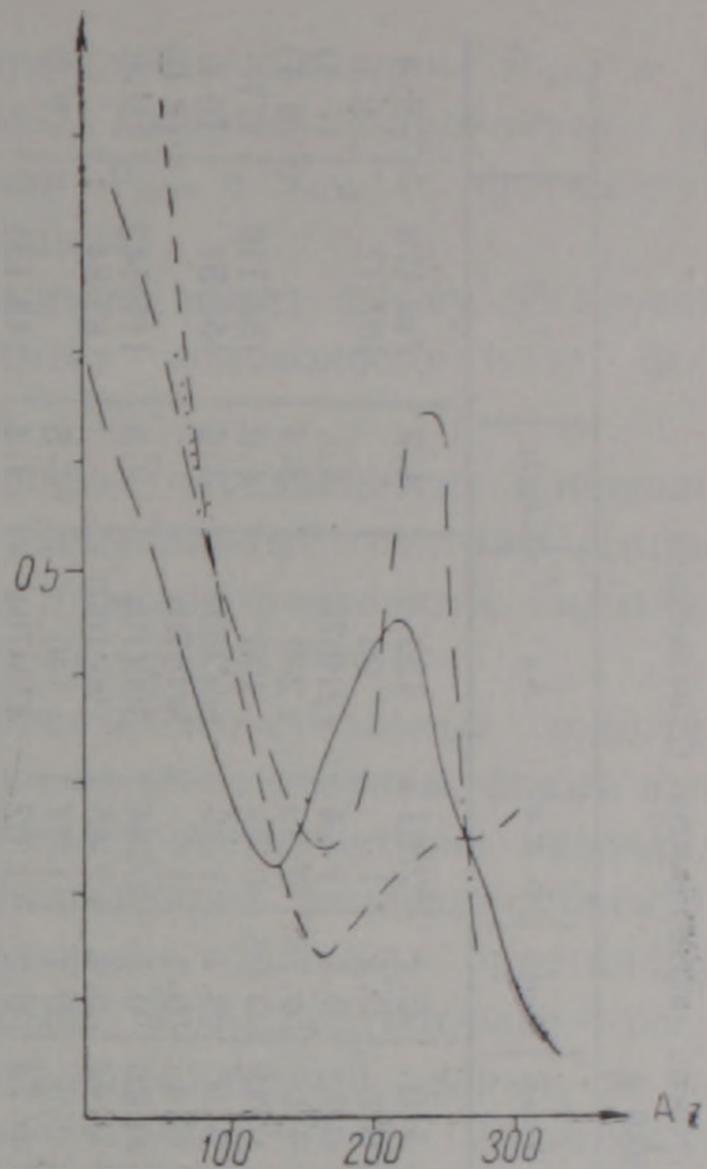
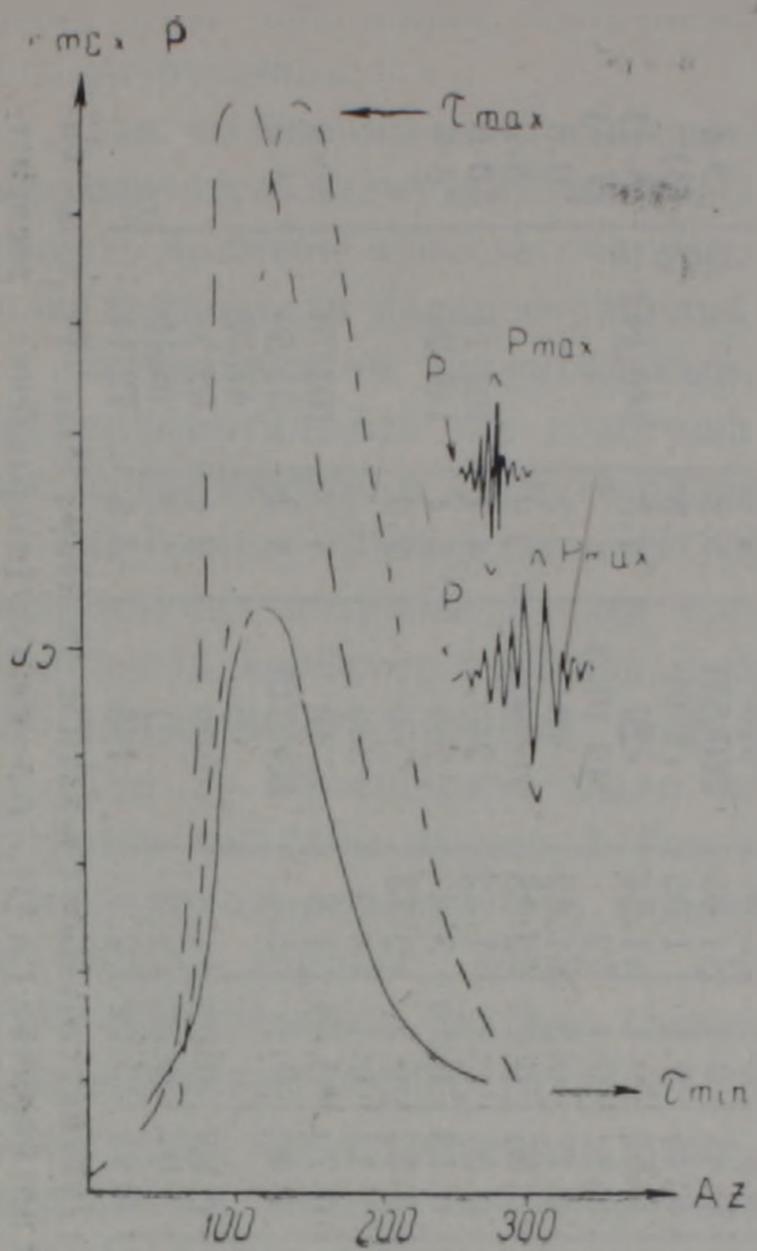


Рис. 2. Экспериментальные формы азимутальных годографов.

Сведения о параметрах протяженных очагов афтершоков Спитакского землетрясения 1988 г.

N	T	t_0	φ_N	λ_E	H, км	τ_{max}	τ_{min}	l, км	Az	$C_{км/с}$	l/ll	k
1	23.12.88	16-57-55.4	40-54.40	44-08.33	6	1.0	0.1	2.61	120	4.7	119/128	9.4
2	24.12.88	14-14-46.2	40-54.55	44-11.90	11	0.6	0.1	1.7	90		107/17	9.5
3	26.12.88	13-11-03.1	40-53.52	44-12.53	7	0.5	0.1	1.04	(210)70	3.5		(7.4)
4		14-43-03.2	40-51.77	44-15.05	8	1.0	0.18	2.89	200	3.3		(8.1)
5		14-51-23.9	40-52.17	44-17.12	7	0.45	0.05	0.89	190	4.0	154/119	(7)
6		14-56-50.7	40-57.23	43-59.77	10	0.5	0.1	1.16	60(250)	3.9	152/51	10.0
7	27.12.88	05-04-14.8	40-54.15	43-58.39		0.4	0.1	1	30(70)			(8.0)
8		07-45-15.4	40-57.15	44-06.40	9	0.25	0.1	0.44	300(70)	2.5	111/142	9.6
9		11-17-19.9	40-52.12	43-53.26	0.3	0.94	0.1	2.85	190(100)		82/84	
10		16-49-11.8	40-56.95	43-59.50	12	0.6	0.1	1.71	140	4.5		9.0
11		18-02-45.3	40-57.87	44-10.36	6	0.74	0.2	1.62	330(70)	3.4	145/151	
12	28.12.88	03-46-04.1	40-58.13	43-58.84	10	0.5	0.2	0.73	50(300)			10.4
13		15-58-48.5	40-57.87	44-12.15	6	0.8	0.1	2.09	340	4.7		
14		22-46-58.3	40-57.98	44-00.81	5	0.45	0.1	1.05	260(55)	5.7		9.1
15	29.12.88	00-23-13.3	40-44.69	44-21.74	8	0.45	0.1	1.05	(170)	3.8		(8)
16		00-45-35	40-57.83	44-01.82	7	0.52	0.1	1.34	320	4.3	140/142	(8.1)
17		02-57-51.0	40-49.90	44-19.45	10	0.8	0.1	2	240(100)			(7.7)
18		10-08-43.2	40-53.24	44-16.75	6	0.7	0.3	1.12	90	2.2		9.8
19		14-32-10.8	40-54.02	44-12.2	8	0.85	0.25	2.85	210(80)	3.9		8.2
20		18-43-50.1	40-56.83	44-57.08	8	0.5	0.1	1.32	240	4.4	107/11	10.0
21		23-11-13.7	40-58.6	43-50.69	13	0.75	0.18	3.8	260	5.4	148/26	8.8
22	30.12.88	02-49-32.7	40-59.07	44-02.78	12	0.5	0.2	0.73	260	2.0		
23		05-02-35.5	40-44.5	44-18.73	8	1.1	0.1	3.0	340			
24		12-47-51.9	40-55.46	44-11.92	7	0.7	0.08	1.8	60	1	103/78	9.0
25		13-28-48.4	40-55.39	43-58.87	12	1.8	0.1	5.1	330(70)	4.2	31/59	11.2
26	31.12.88	14-32-51.9	40-55.34	43-58.71	10				66		47/32	
27	01.01.89	22-59-38.0	40-46.28	44-23.65	8	0.85	0.22	1.8	99	3.4	92/2	
28	03.01.89	08-19-54.8	40-52.49	44-14.08	6	1.0	0.05	2.7	91	5.2	16/106	
29		20-00-11.6	40-54.9	44-00.8	14	0.95	0.22	2.1	145	3.5	72/142	

T—дата, t_0 —время в очаге, φ_N —долгота, λ_E —широта, H—глубина, τ_{max} —максимальное значение $P_{max}-P_i$, τ_{min} —минимальное значение $P_{max}-P_i$, l—длина разрыва, определенная по формуле (5) [1], Az—азимут (направление распространения разрыва, определенное по азимутальному годографу), C—скорость распространения разрыва (см. формулу 6 [1]), l/ll—модальные плоскости, k—класс энергии: $k=lgE$ (Дж).

Наравне с интерпретацией первых вступлений Р-волн, которые соответствуют началу разрыва в очаге землетрясения, интерпретируется волна P_{\max} как волна, излучаемая очагом в момент самого интенсивного разрушения.

Для подтверждения очагового происхождения волн P_{\max} и S_{\max} используются азимутальные годографы, которые устанавливают зависимость времени пробега очаговых волн P_{\max} и S_{\max} от протяженности очага и скорости распространения разрыва.

Теоретический азимутальный годограф имеет форму косинусоиды. Экспериментальный же годограф имеет колоколообразную форму, сильно вытянутую в азимуте разрыва.

На основе азимутального годографа определяется направление вспарывания разрыва. Кроме этого, азимутальный годограф позволяет установить характер разрыва в очаге (однонаправленный, билатеральный или сложный разрыв) (рис. 2).

Для 29 афтершоков были построены азимутальные годографы, которые показаны на рис. 2. Как видно из этого рисунка, форма их оказалась не одинаковой. По форме и пространственно они разделились на четыре группы. Первая, соответствующая землетрясениям типа однонаправленный разрыв (азимутальный годограф одnogорбый) с направлением распространения разрыва ЮВ-СЗ. Вторая—тоже соответствует землетрясениям типа однонаправленный разрыв, но с направлением распространения разрыва с севера на юг. Такого характера разрывы наблюдаются непосредственно в эпицентральной зоне Спитакского землетрясения (около Спитака).

Третья также соответствует землетрясениям типа однонаправленный разрыв с направлением его распространения в субширотном направлении с востока на запад.

Четвертая группа включает двунаправленные разрывы: разрывообразование происходит по азимутам $300-330^\circ$ и $50-70^\circ$.

Подробные данные об этих землетрясениях помещены в таблице 1. Таким образом полученные результаты на основе близких землетрясений и нового подхода интерпретации сейсмограмм позволили установить сложную картину сейсмического разрывообразования в очаге. Сложность картины заключалась в том, что в разных частях эпицентральной зоны Спитакского землетрясения разрывообразование происходило в разных направлениях. Генеральное направление субширотное, меридиональное. Наблюдаются сложные разрывы под углом, которые, по-видимому, должны соответствовать зоне стыка разломов разных направлений. Такая же сложная картина сейсмического разрывообразования устанавливается в районе Спитака, где в очагах наблюдаются двунаправленные разрывы, одно из простираний которых соответствует С-З направлению, а другое—меридиональному (рис. 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова И. В. Методика и некоторые результаты определения длины, скорости и направления распространения разрыва по волновой картине на сейсмограмме. АН СССР ИФЗ, Москва, 1984. 181 с.
2. Горбунова И. В., Товмасян А. К. Некоторые характеристики протяженности очаговой области Спитакского землетрясения. Тезисы докладов международного семинара Спитак—88, Ереван, АН АрмССР, 1989. 39 с.
3. Костров Б. М. Механика очага тектонического землетрясения. М.: Наука. 1975. 176 с.
4. Шамина О. Г. Модельные исследования физики очагов землетрясений. М., Наука, 1981, 191 с.