

Н.К. КАРАПЕТЯН

СЕЙСМОГЕОДИНАМИКА
И МЕХАНИЗМ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ

ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ
ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ
ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ
ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ

Գ. Բ. ԲԱՐԱԵՏԻ

ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ



ՍԵԻՏՄՈԴԵՕԴԻՆԱՄԻԿԱ և ՄԵԽԱՆԻԶՄ ՎՈՅՆԻԿՈՎԵՆԻՅ ԵՐԱՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՐԱՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՐԱՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՐԱՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՐԱՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՐԱՊԱՆՈՒԹՅԱՆ

Գրքի նվաճումը
արված է Գրքի
և Գրքի
և Գրքի



ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ
ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ
ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ ԳԵՂԱՐԱՆԻ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԽՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ

ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԿԱՐՄԻՐ ԴՐՈՇԻ ՇՔԱՆՇԱՆԱԿԻՐ
ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱՅԻ ԵՎ ԻՆԺԵՆԵՐԱՅԻՆ ՍԵՅՄՈՒՈՐԳԻԱՅԻ
ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Ն. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԼԵՌՆԱՇԽԱՐՀԻ
ՍԵՅՄՈՒՆԵՐԿՐԱԴԻՆԱՄԻԿԱՆ ԵՎ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ
ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄԸ

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ

Н. К. КАРАПЕТЯН

СЕЙСМОГЕОДИНАМИКА И
МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЯНСКОГО
НАГОРЬЯ

*Глубокоуважаемому
Аршалуису Амбарцумовичу
от автора Жаден*

22/IV 1991г.

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР
ЕРЕВАН

1990



*Печатается по решению ученого совета Института геофизики
и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР*

*Ответственный редактор—академик АН АрмССР
А. Т. Асланян*

*Книгу рекомендовали к печати рецензенты:
доктор геол.-мин. наук С. Н. Назаретян
доктор геол.-мин. наук А. Х. Баграмян*

Карпетян Н. К.

К 213 Сейсмогеодинамика и механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья [(Отв. ред. А. Т. Асланян]; АН АрмССР, Ин-т геофизики и инженерной сейсмологии Ер. Изд-во АН АрмССР, 1990.—262 стр. ил.

В монографии приводятся результаты изучения механизма очагов землетрясений Армянского нагорья. Определены механизмы очагов свыше 160 землетрясений, происшедших в период 1951—1985 гг. Исследовано изменение динамических параметров очагов во времени и в пространстве. По механизмам очагов форшоков сильных землетрясений установлен прогностический признак возникновения землетрясения, равносильного основному толчку. На основании полученного фактического материала по сейсмичности и механизмам очагов землетрясений сделаны выводы о геодинамике региона по сейсмологическим данным. Получена схема блокового строения земной коры Армянского нагорья и определены преимущественные «характерные» размеры блоков.

Монография представляет интерес для специалистов, работающих в области сейсмологии, сейсмотектоники, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства.

ББК 26.21

К $\frac{1803020000}{703(02)-90}$ 64—89

ISBN 5—8080—0063—7

© Издательство АН Армянской ССР, 1990.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Проблема установления напряженного состояния в очагах землетрясений и механизма их возникновения является одной из актуальнейших задач современной сейсмологии. Для решения этой проблемы необходимо изучение сейсмических условий на исследуемой территории и механизма очагов отдельных землетрясений. По различию в механизмах очагов землетрясений вся исследуемая территория может быть разделена на отдельные зоны, имеющие различные сейсмические активности. Каждая такая зона будет представлять собой блок в земной коре. Следовательно, вся исследуемая территория может быть разделена на отдельные блоки с различными скоростями и направлениями движений. При этом границы блоков не всегда будут проходить по видимым на земной поверхности крупным разломам. Эти относительные движения между жесткими блоками и приводят к возникновению сильных и разрушительных землетрясений. Таким образом, наибольшая сейсмичность будет отмечаться в зонах вдоль границ блоков. Внутри блоков будут иметь место асейсмичные или малосейсмичные области.

Настоящая работа является вторым разделом исследования «Механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья».

Первый раздел этого исследования приведен в монографии «Механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья (сейсмические условия)». В ней даны результаты изучения сейсмических условий и Каталог сильных землетрясений Армянского нагорья за период с VI в. до н. э. по 1980 г.

В настоящей работе дан анализ сейсмичности и приводится Каталог сильных землетрясений Армянского нагорья (КСЗАН) за период 1981—1985 гг. При этом, учитывая, что сейсмическая активность исследуемой территории в 1981—1985 гг. слабее, чем за предыдущие годы, в таблицу основных параметров КСЗАН внесены также землетрясения, которые в эпицентральной области ощущались силой не в полные 5 баллов. Максимальная интенсивность этих землетрясений равна

4—5 баллам. Они составляют 30% всего количества отмеченных в период 1981—1985 гг. сильных землетрясений.

В работе приводятся результаты изучения механизма очагов землетрясений Армянского нагорья. Путем использования инструментальных наблюдений региональных и телесеismicких станций мира изучены механизмы очагов свыше 160 землетрясений, происшедших в период с 1951 по 1985 годы. Получены данные о плоскостях разрыва и ориентации осей главных напряжений в очагах землетрясений исследуемой территории. Рассмотрен вопрос о связи между напряжениями и плоскостями разрывов в очагах главного толчка и афтершоков. Установлены особенности напряженного состояния в очагах землетрясений Армянского нагорья и сделано заключение о современном динамическом состоянии земной коры исследуемой территории. Исследована связь механизмов очагов землетрясений с сейсмичностью района.

Исследование механизма очагов землетрясений этой территории позволило выявить новые разломы, а также установить, какие из имеющихся разломов являются в настоящее время сейсмоактивными. В результате совместного анализа расположения линеаментов, выявленных по космическим снимкам, эпицентров землетрясений, простираний плоскостей разрывов и направлений движения крыльев разрывов в очагах землетрясений вся исследуемая территория разделена на блоки.

По механизмам очагов форшоков сильных землетрясений Армянского нагорья установлен прогностический признак возникновения землетрясения, равносильного основному толчку.

В результате сопоставления полученных динамических параметров очагов землетрясений с сейсмоактивными линеаментами и геофизическими полями района выявлен механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья.

СВЯЗЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ С ТЕКТОНИКОЙ

Исследование сейсмических условий и установление их связи с тектоникой и геофизическими полями сейсмоактивного района имеет первостепенное значение при определении механизма возникновения землетрясений на территории этого района.

В связи с этим в работе [90] проведено изучение сейсмических условий Армянского нагорья за период с VI в. до н. э. по 1980 г. Однако после издания этой работы были получены сведения о землетрясениях, происшедших после 1980 г., использование которых может дать более полную картину сейсмичности. С этой целью проведено исследование сейсмических условий Армянского нагорья в период с 1981 по 1985 гг.

Полученные результаты по сейсмическим условиям Армянского нагорья за период с VI в. до н. э. по 1985 г. сопоставлены с тектоникой и определены возможные границы блоков в земной коре на исследуемой территории.

§ 1. СЕЙСМИЧНОСТЬ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ В 1981—1985 гг.

В работе [90] даны результаты исследования сейсмических условий Армянского нагорья на основании материалов таблицы основных параметров Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья. Указанный Каталог содержит сведения о 1158 сейсмических событиях, происшедших в период с VI в. до н. э. по 1980 г. В настоящее время Каталог сильных землетрясений Армянского нагорья дополнен нами данными о землетрясениях, которые имели место на исследуемой территории в 1981—1985 гг. Эти данные сведены в табл. I, которая, таким образом, является продолжением первой таблицы (Основные параметры землетрясений) Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья. В

табл. 1 даны сведения о координатах эпицентров и глубинах залегания очагов землетрясений, их магнитуах, энергетических классах и балльности в эпицентрах, а также указаны районы максимального проявления землетрясений на поверхности земли. В Примечаниях указаны форшоки и афтершоки землетрясений. В тех случаях, когда невозможно было определить магнитуду землетрясения непосредственно по сейсмограммам, переход от силы землетрясения к магнитуде производился по полученной нами для землетрясений Армянского нагорья зависимости между магнитудой и балльностью в эпицентре землетрясения [90].

Энергетический класс землетрясений приводится для тех случаев, когда он определялся прямым путем, не зависящим от силы и магнитуды землетрясения.

Ошибка в определении каждого параметра землетрясения указана в виде класса точности. Определение класса точности проведено в соответствии с принятой в Новом каталоге сильных землетрясений на территории СССР градацией ошибок определения основных параметров землетрясения [125].

Согласно табл. 1, на территории Армянского нагорья за период с 1981 по 1985 гг. произошло 122 землетрясения. При этом 73 землетрясения были основными толчками, а 49 (т. е. 40% всего числа)—форшоками или афтершоками. 36 землетрясений имели силу 4—5 баллов, а 86—силу 5 и более баллов. Распределение этих землетрясений по магнитуде в отдельные годы и в течение всего времени дано в табл. 2. Как следует из этой таблицы, в период с 1981 по 1985 гг. более одной трети (35%) землетрясений имели магнитуду 4, 16% всех землетрясений были с магнитудой $4\frac{1}{4}$, а примерно 26% имели магнитуду $3\frac{3}{4}$. Следовательно, основная масса землетрясений имела магнитуду в пределах от $3\frac{3}{4}$ до $4\frac{1}{4}$. Такое распределение землетрясений по магнитуде имеет место не только в случае основных толчков, но и для форшоков и афтершоков, а также общего числа землетрясений.

На исследуемой территории за период с 1981 по 1985 гг. произошли только три землетрясения с $M \geq 5$.

Следует отметить также одинаковое количество основных толчков (16) в 1982, 1983 и 1984 гг. и примерно такое же количество их в 1985 г. (17 землетрясений). Только в 1981 г. число основных толчков было в два раза меньше, а именно, на исследуемой территории произошло всего 8 землетрясений, причем магнитуда этих землетрясений не превышала $4\frac{1}{4}$.

В отдельных регионах исследуемой территории Армянского нагорья в период с 1981 по 1985 гг. произошло неодинаковое количество землетрясений силой 4—5 и более баллов. На рис. 1

Каталог сильных землетрясений Армянского нагорья.
Основные параметры землетрясений.

Таблица 1

№№ п п	Дата и время воз- никновения земле- трясения, число, месяц, год, ч, мин	Эпицентр			Глубина очага		Магни- туда		Интенсив- ность в эпицент.		Район или наз ание земле р сения	К	Примечание
		с°N	λ°E	г.ласс	h, км	класс	M	класс	I, баллы	класс			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1159	4/I 1981 07 19	38 20	44 53	5	10	5	4 ¹ / ₄	5	5—6	1	25 км к ЮЗ от Хоя	11—12	
1160	1 II 1981 15 06	41 14	43 58	3	5	4	3 ¹ / ₂	4	5	1	20 км к СВ от Гукасяна	11	
1161	28/III 1981 19 59	39 15	43 58	3	5	5	4	5	5	1	15 км к СВ от Чал ыра а	11	
1162	28/III 1981 22 43	38 54	43 54	4	10	5	3 ³ / ₄	5	4—5	1	25 км к Ю от Чалдырана	11	а 1161
1163	12/IV 1981 18 43	39 30	43 36	4	15	5	3 ¹ / ₂	5	4—5	1	10 км к ЮЗ от Дияна	10—11	
1164	13/IV 1981 19 41	39 56	40 40	4	30	4	4 ¹ / ₄	3	5	1	15 км к С от Чифлика	11—12	
1165	16/IV 1981 05 43	41 18	43 43	3	5	4	3 ¹ / ₂	3	5	1	10 км к В от Богдановки	10—11	
1166	24/V 1981 21 12	38 31	45 26	4	30	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	40 км к В от Хоя	11	ф 1167
1167	24/V 1981 22 07	38 25	45 28	4	30	4	4	3	5—6	1	45 км к ЮВ от Хоя	11—12	
1168	24/V 1981 22 46	38 30	45 18	4	30	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	25 км к ЮВ от Хоя	11	а 1167
1169	9/X 1981 01 36	39 18	43 30	5	10	5	4	3	5—6	1	30 км к СВ о Эрзиша	11	
1170	17/I 1982 10 27	41 05	44 01	3	12	3	3 ³ / ₄	3	6	4	10 км к ЮВ от Бары	10—11	
1171	24/I 1982 02 03	42 01	43 26	3	15	4	4	3	5	3	Хашури	11	
1172	26/II 1982 03 11	41 19	43 42	3	5	4	3 ¹ / ₂	3	4—5	1	10 км к СВ от Богдановки	10—11	
1173	11/III 1982 10 45	38 24	45 48	4	15	5	3 ³ / ₄	3	4—5	1	5 км к ЮВ от Мерена	10—11	
1174	19/III 1982 23 14	39 16	41 53	4	30	4	4	4	4—5	1	35 км к СВ от Варто		ф 1177
1175	23/III 1982 09 56	39 14	41 49	4	25	4	4 ¹ / ₄	3	5—6	1	30 км к СВ от Варо		ф 1177
1176	23/III 1982 15 10	39 30	41 47	4	25	4	4	3	5	1	45 км к СВ от Варто		ф 1177
1177	27/III 1982 19 57	39 14	41 54	4	30	4	5 ¹ / ₄	2	6—7	1	35 км к СВ от Варто		
1178	28/III 1982 01 34	39 08	41 53	4	30	4	4	4	4—5	1	35 км к ЮВ от Варто		а 1177
1179	24/IV 1982 18 04	38 14	39 36	4	30	4	4 ¹ / ₄	3	5	1	20 км к ЮЗ от Мадена		
1180	27/IV 1982 17 16	39 08	45 50	3	3	5	3 ¹ / ₄	3	6	1	25 км к ЮЗ от Каджарана	10	
1181	1/V 1982 14 33	41 07	43 59	3	5	5	3 ¹ / ₄	3	6	2	15 км к СВ от Гукасяна	10	ф 1185
1182	19/V 1982 13 32	40 04	42 16	4	30	4	4	3	5	1	Хорасан	11	
1183	25/V 1982 08 06	41 20	43 58	3	10	4	4 ¹ / ₂	3	5—6	2	20 км к ЮЗ от Дманиси	12	
1184	29/V 1982 14 22	39 20	43 40	4	30	4	4 ¹ / ₄	3	5	1	10 км к ЮВ от Моллакары	11	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1185	16/VI 1982 11 38	41 07	43 57	3	5	5	3 ³ /4	3	6	2	10 км к СВ от Гукасяна	10—11	
1186	9/IX 1982 20 23	41 03	42 57	4	5	5	4	3	5—6	1	20 км к ЮВ от Ардахана	11	
1187	21/IX 1982 05 39	41 57	43 22	3	5	5	4	3	5	2	Двири	11—12	
1188	13/X 1982 03 51	39 12	41 55	4	20	5	4 ¹ /4	3	5	1	25 км к ЮВ от Хыныса		
1189	1/XII 1982 23 44	41 03	43 52	3	5	4	4	3	5—6	1	5 км к ЮЗ от Гукасяна	11	
1190	9/XII 1982 22 32	38 26	40 37	4	30	4	4 ¹ /4	3	5	1	5 км к ЮЗ бт Лидже	11	
1191	11/XII 1982 16 25	38 26	40 35	4	30	4	4	3	4—5	1	5 км к ЮЗ от Лидже		a 1190
1192	1/I 1983 23 06	39 50	40 20	5	30	4	4	3	4—5	1	5 км к СЗ от Терджана		
1193	26/III 1983 10 51	38 40	44 09	4	20	5	4	3	4—5	1	5 км к СЗ от Каракаллы	11	
1194	2/IV 1983 00 32	38 53	48 25	4	15	4	4 ¹ /2	3	6	3	Джони	12	
1195	6/IV 1983 07 35	39 56	40 22	4	15	5	4 ¹ /2	2	6	1	20 км к СЗ от Терджана	12	
1196	14/IV 1983 12 16	41 28	43 45	3	10	4	3 ³ /4	3	5	1	20 км к СВ от Ахалкалаки	11	
1197	20/VI 1983 00 28	39 50	42 04	4	20	4	3 ³ /4	3	5	1	25 км к ЮЗ от Хорасана	11	
1198	3/VIII 1983 02 55	38 49	44 36	4	5	5	3 ¹ /2	4	4—5	1	10 км к ЮЗ от Аджая	10—11	ф 1200
1199	3/VIII 1983 02 57	38 48	44 30	4	5	5	3 ¹ /2	4	4—5	1	20 км к ЮЗ от Аджая	10—11	ф 1200
1200	3/VIII 1983 03 05	38 55	44 41	4	15	5	3 ³ /4	3	5	1	10 км к СЗ от Аджая	11—12	
1201	11/VIII 1983 13 41	39 01	44 12	4	15	5	3 ³ /4	3	4—5	1	40 км к ЮЗ от Маку	10—11	
1202	15/X 1983 16 45	41 43	43 43	4	5	5	3 ¹ /4	4	5	1	15 км к ЮВ от Бакуриани	10—11	
1203	30/X 1983 04 12	40 20	42 11	3	12	4	6 ³ /4	1	9	2	Эрзурум-Карское		
1204	30/X 1983 04 25	40 28	41 30	5	25	4	4 ¹ /2	4	5	1	5 км к ЮЗ от Азорта	12—13	
1205	30/X 1983 04 40	40 14	42 12	4	15	4	3 ³ /4	4	4—5	1	20 км к С от Хорасана	10—11	a 1203
1206	30/X 1983 04 44	40 48	42 12	5	10	4	4	4	5	1	30 км к СВ от Олу	10—11	a 1203
1207	30/X 1983 05 26	40 40	42 15	5	10	4	4	3	6	1	25 км к СВ от Олу	11—12	a 1203
1208	30/X 1983 08 13	40 14	42 12	4	10	4	4 ¹ /4	3	5—6	1	20 км к С от Хорасана	11	a 1303
1209	30/X 1983 12 40	40 20	42 10	3	15	4	5 ¹ /4	0	7—8	1	30 км к ЮВ от Олу		a 1203
1210	30/X 1983 12 48	40 12	41 42	5	25	4	3 ³ /4	4	4—5	1	40 км к ЮЗ от Олу	10—11	a 1203
1211	30/X 1983 13 48	40 21	42 01	4	15	5	4 ¹ /2	4	5—6	1	20 км к Ю от Олу	11	a 1203
1212	31/X 1983 00 11	40 18	42 00	4	25	4	4 ¹ /2	4	5	1	25 км к Ю от Олу	11—12	a 1203
1213	1/XI 1983 13 11	40 39	42 22	5	25	4	4	4	4—5	1	35 км к СВ от Олу	11	a 1203
1214	1/XI 1983 18 03	40 26	42 12	4	20	4	4 ¹ /2	2	5—6	1	20 км к ЮВ от Олу	12	a 1203
1215	2/XI 1983 00 15	40 19	42 10	4	20	4	4 ¹ /2	2	5—6	1	30 км к ЮВ от Олу	11—12	з 1203
1216	2/XI 1983 00 24	40 22	42 03	4	20	4	4 ¹ /4	3	5	1	20 км к ЮВ от Олу	11—12	a 1203
1217	2/XI 1983 05 12	40 18	42 36	5	25	4	4	4	4—5	1	Сарыкамыш	11	a 1203
1218	2 XI 1983 14 55	40 28	42 02	4	10	5	4	3	5	1	10 км к ЮВ от Олу	11	a 1203
1219	2/XI 1983 17 09	41 52	44 18	3	10	4	4 ¹ /4	3	5—6	1	20 км к ЮВ от Гори	11—12	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1220	5/XI	1983 05 44	40 12	41 57	5	15	5	4	4	5	1	25 км к СЗ от Хорасана	11	a 1203
1221	8/XI	1983 05 32	40 02	42 31	4	15	5	4	3	5	1	25 км к ЮВ от Хорасана	11	a 1203
1222	12/XI	1983 00 23	40 33	42 17	5	20	5	4	3	5	1	25 км к В от Слгу	11	a 1203
1223	13/XI	1983 05 34	40 36	42 24	5	10	5	3 ¹ / ₂	4	4-5	1	35 км к СВ от Олгу	10-11	a 1203
1224	18/XI	1983 01 15	39 47	39 26	4	20	5	4 ³ / ₄	1	6-7	1	10 км к СЗ от Эрзинджана		a 1224
1225	18/XI	1983 02 07	39 54	39 14	4	20	5	3 ³ / ₄	3	5	1	30 км к СЗ от Эрзинджана		a 1203
1226	19/XI	1983 18 09	40 23	42 08	4	20	5	3 ¹ / ₂	3	4-5	1	25 км к ЮВ от Олгу	10-11	a 1203
1227	20/XI	1983 16 04	39 49	39 20	4	20	5	4 ¹ / ₄	3	5-6	1	15 км к СЗ от Эрзинджана		a 1224
1228	29/XI	1983 21 23	40 37	42 15	4	15	5	4 ¹ / ₄	3	5-6	1	25 км к СВ от Олгу	11	a 1203
1229	15/XII	1983 07 18	40 16	45 55	3	5	4	3 ³ / ₄	4	6	3	Чайкенд	10-11	
1230	16/XII	1983 13 30	38 24	44 36	4	25	4	4	5	4-5	1	30 км к СЗ от Селимаса	11	
1231	17/XII	1983 00 14	41 12	44 01	3	20	4	4 ¹ / ₄	3	6	3	20 км к СВ от Гукасяна	11-12	
1232	9 I	1984 08 23	38 20	45 14	4	15	5	4	4	5	1	30 км к ЮВ от Хоя		a 1203
1233	18 I	1984 07 36	40 11	42 00	4	20	5	4	4	4-5	1	20 км к СЗ от Хорасана		a 1203
1234	19 I	1984 09 21	41 21	43 46	3	5	5	4	2	6	1	15 км к СВ от Богдановки	11-12	
1235	12 II	1984 04 51	40 39	42 07	5	20	5	3 ³ / ₄	3	4-5	1	15 км к СВ от Олгу	10-11	a 1203
1236	7 III	1984 23 29	39 01	43 19	4	15	5	4	2	5	1	25 км к ЮЗ от Мазгирта	11	
1237	11 III	1984 21 08	38 42	44 18	5	15	5	3 ³ / ₄	4	4-5	1	10 км к СВ от Фаракаллы	10-11	
1238	16/III	1984 23 03	40 35	42 10	5	5	5	3 ³ / ₄	3	5	1	15 км к СВ от Олгу	10-11	a 1203
1239	25 III	1984 12 44	38 24	45 24	4	15	5	4	3	5	1	35 км к ЮВ от Хоя	11	
1240	28/III	1984 08 28	40 00	42 00	4	15	5	3 ³ / ₄	4	4-5	1	20 км к ЮЗ от Хорасана	10-11	a 1203
1241	4 IV	1984 19 41	40 26	42 08	5	20	5	3 ³ / ₄	3	4-5	1	15 км к ЮВ от Олгу	10-11	a 1203
1242	29 VI	1984 19 55	38 26	45 10	5	15	5	4 ¹ / ₄	2	5-6	1	20 км к ЮВ от Хоя	11-12	
1243	18 VII	1984 00 19	40 04	42 11	5	5	5	3 ³ / ₄	3	5	1	Хорасан	10-11	a 1203
1244	22 VII	1984 15 21	39 01	43 56	5	5	5	4	4	5-6	1	10 км к СВ от Мурадие	11	
1245	23/VII	1984 03 49	38 08	46 03	5	15	5	3 ³ / ₄	4	4-5	1	25 км к СЗ от Тебриза	10-11	
1246	28/VII	1984 14 03	39 24	40 18	5	15	5	3 ³ / ₄	3	4-5	1	10 км к СЗ от Киги		
1247	2/VIII	1984 05 52	40 11	44 19	3	10	4	4	2	6	3	Ереванское V	11	
1248	11/VIII	1984 16 33	38 16	46 53	5	10	5	4	4	5-6	1	30 км к ЮЗ от Ахара		
1249	24/VIII	1984 11 31	38 27	45 45	5	15	5	4	4	5	1	5 км к СЗ от Меренда	11	
1250	4/IX	1984 09 00	39 21	45 40	4	15	5	3 ³ / ₄	4	4-5	1	25 км к СВ от Нахичевани	10-11	
1251	18/IX	1984 13 26	40 54	42 14	5	10	4	5 ¹ / ₄	1	7-8	1	10 км к СВ от Олура	12-13	
1252	17/X	1984 14 15	40 46	42 29	5	15	5	3 ³ / ₄	3	5	1	30 км к ЮВ от Олура	11	a 1251
1253	17/X	1984 20 45	40 50	42 30	4	20	4	4 ¹ / ₄	3	5-6	1	30 км к В от Олура	11-12	a 1251
1254	18/X	1984 09 46	40 47	42 29	4	15	4	5	0	7	1	30 км к ЮВ от Олура	12-13	a 1251

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1255	19/X	1984 12 59	40 41	42 25	4	15	5	4	3	5	1	30 км к ЮВ от Олура	11	a 1251
1256	21/X	1984 00 31	40 42	42 16	4	15	5	4 ¹ / ₄	3	5—6	1	20 км к ЮВ от Олура	11	a 1251
1257	21/X	1984 18 04	40 46	42 29	4	15	5	4 ¹ / ₄	2	5—6	1	30 км к ЮВ от Олура	11—12	a 1251
1258	22/X	1984 04 26	40 38	42 30	4	15	5	4	3	5	1	35 км к СЗ от Сарыкамыша	10—11	a 1251
1259	22/X	1984 22 25	40 30	42 27	4	15	5	4	3	5	1	10 км к СЗ от Сарыкамыша	10—11	a 1251
1260	26/X	1984 15 07	40 30	41 32	4	20	5	4	3	5	1	5 км к ЮЗ от Азорт		
1261	3/XII	1984 07 38	38 12	43 48	5	20	4	4 ¹ / ₄	2	5	1	25 км к СЗ от Башкале	11	
1262	16/I	1985 05 34	38 24	46 48	5	15	5	4	4	4—5	1	25 км к ЮЗ от Ахара	10—11	
1263	16/I	1985 21 33	40 00	41 30	5	5	4	4	2	5—6	1	15 км к З от Пасинлера	11	
1264	27/II	1985 16 34	38 06	43 42	5	5	4	4 ¹ / ₄	2	6	1	25 км к СЗ от Башкале	11—12	
1265	1/III	1985 03 00	39 58	43 27	7	15	5	3 ³ / ₄	3	4—5	1	30 км к ЮВ от Кагызмана	10—11	
1266	3/III	1985 07 51	38 53	44 17	5	15	5	3 ³ / ₄	4	4—5	1	35 км к СВ от Каракаллы	10—11	
1267	9/IV	1985 03 31	39 20	46 32	4	15	5	4 ¹ / ₄	4	5—6	1	25 км к ЮВ от Гориса	11—12	
1268	17/IV	1985 22 10	39 38	44 38	4	15	5	4	3	5	1	25 км к ЮЗ от Арарата	11	ф 1269
1269	18/IV	1985 16 34	39 43	44 38	4	15	5	4	3	5	1	15 км к ЮЗ от Арарата	11	
1270	26/IV	1985 01 20	38 54	44 04	5	15	5	3 ³ / ₄	4	4—5	1	30 км к ЮВ от Чалдырана	10—11	
1271	10/V	1985 21 41	40 20	39 58	5	5	5	3 ¹ / ₂	4	4—5	1	25 км к СЗ от Байбурта		ф 1275
1272	28/V	1985 18 19	40 00	42 18	4	5	5	4	3	5—6	1	10 км к ЮВ от Хорасана	11	
1273	29/V	1985 19 52	40 08	45 15	4	15	5	3 ³ / ₄	3	4—5	1	10 км к З от Маргуни	10—11	
1274	31/VII	1985 13 01	40 30	42 00	4	5	5	3 ³ / ₄	3	5	1	5 км к ЮВ от Слту	10—11	
1275	12/VIII	1985 02 54	40 08	39 44	5	5	5	4 ¹ / ₂	3	6—7	1	20 км к СВ от Чифтлика		
1276	5/IX	1985 09 14	40 24	40 06	5	5	5	3 ³ / ₄	3	5	1	20 км к СЗ от Байбурта		
1277	20/IX	1985 06 29	40 39	42 22	5	15	5	4	3	5	1	30 км к ЮВ от Олура	10—11	
1278	7/XI	1985 08 26	40 24	42 00	4	25	4	4 ³ / ₄	1	6	1	15 км к ЮВ от Олгу	12—13	
1279	1/XII	1985 00 11	38 56	44 24	4	15	5	4	3	5	1	30 км к СЗ от Аджая	11	
1280	29/XII	1985 00 55	39 12	44 30	5	15	5	3 ³ / ₄	4	4—5	1	25 км к З от Сел-маса	10—11	

а—афтершок, ф—форшок, С—север, Ю—юг, З—запад, В—восток, СЗ—северо-запад, СВ—северо-восток, ЮЗ—юго-запад, ЮВ—юго-восток.

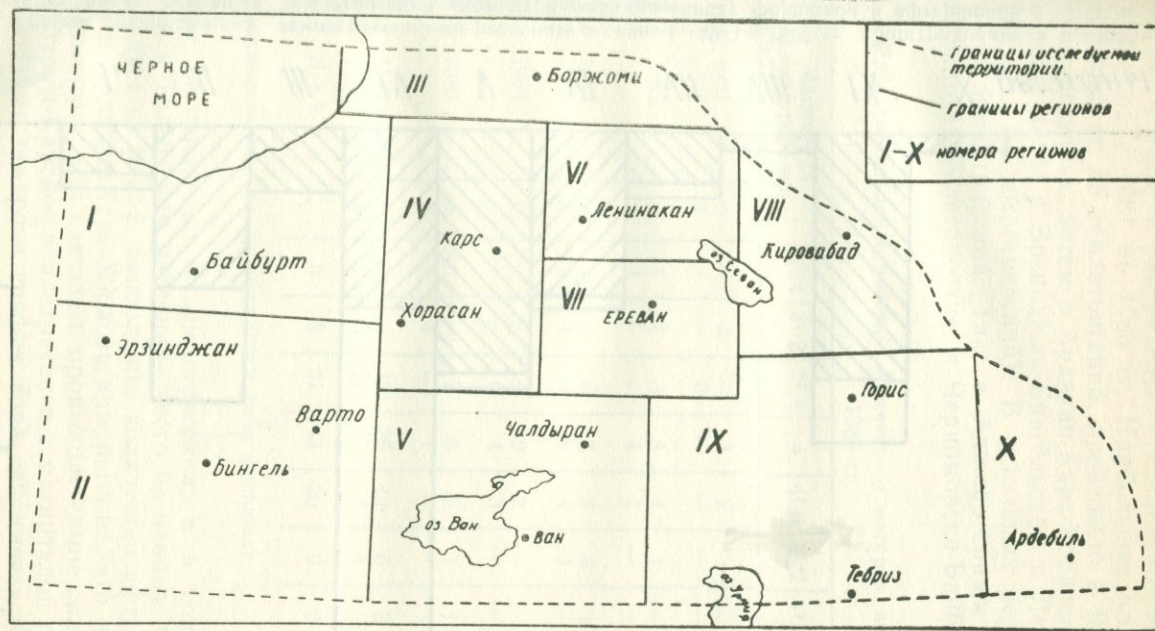


Рис. 1. Схема расположения регионов: I—Черноморско-Байбуртский, II—Эрзинджан-Бингельский, III—Аджаро-Триалетский, IV—Ардахан-Карс-Хорасанский, V—Ванский, VI—Ленинаканский, VII—Ереванский, VIII—Варденис-Кировабадский, IX—Зангезурский, X—Талышский.

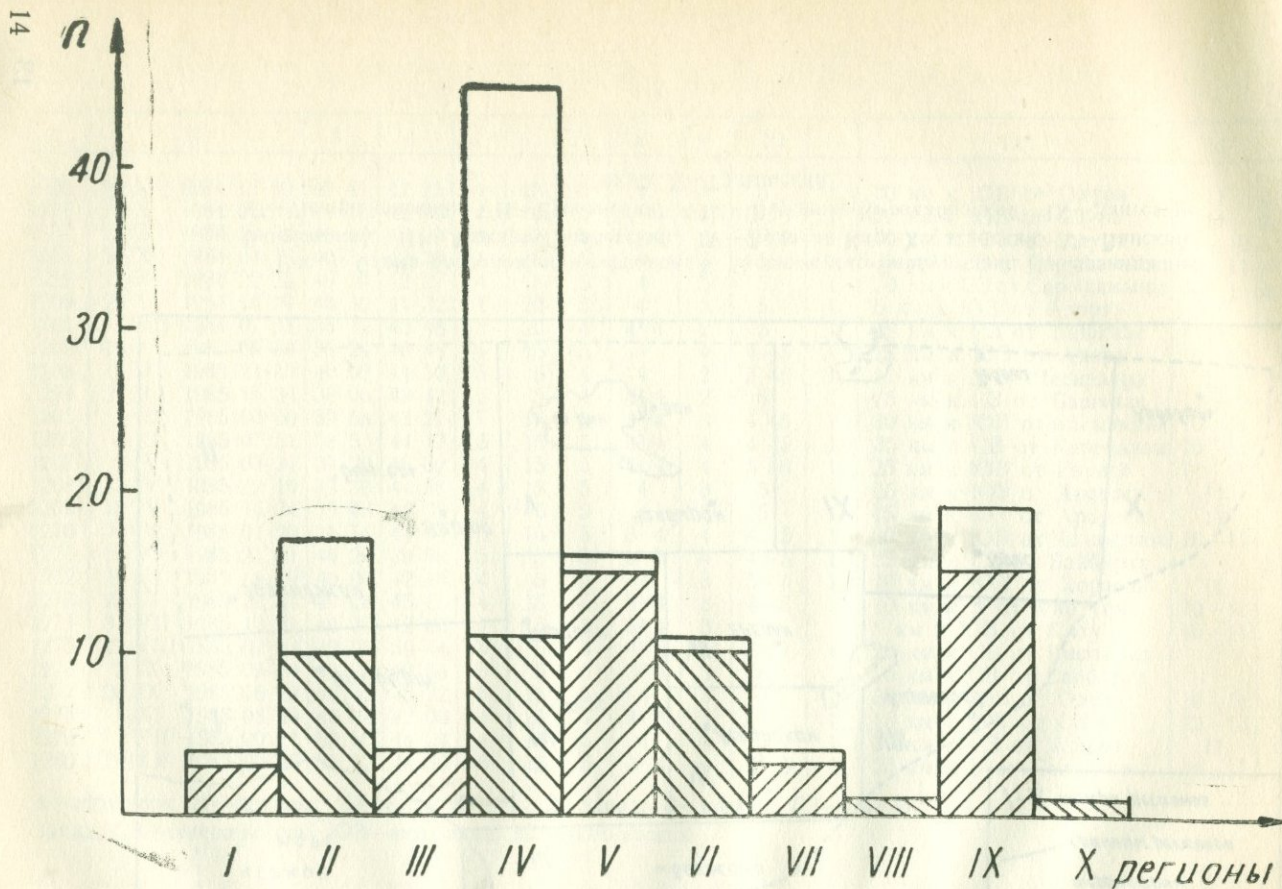


Рис. 2. График распределения землетрясений по регионам в период 1981—1985 гг. Заштрихованная площадь соответствует числу основных землетрясений, незаштрихованная—числу форшоков и афтершоков.

дана схема расположения регионов, принятая в работе [90], а на рис. 2 график распределения землетрясений по этим регионам в период с 1981 по 1985 гг. Наибольшее количество основных толчков, по 15 землетрясений, произошло в Ванском и Зангезурском регионах, затем в Ардахан-Карс-Хорасанском (11 землетрясений), далее в Эрзинджан-Бингёльском и Ленинанском регионах (по 10 землетрясений). В остальных регионах наблюдалось мало землетрясений. Так, в Аджаро-Триалетском регионе произошло 4 землетрясения, в Черноморско-Байбуртском и Ереванс-

Таблица 2

Распределение землетрясений Армянского нагорья по магнитуде за 1981—1985 гг.

		Магнитуда землетрясений	3 ¹ / ₄	3 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	4	4 ¹ / ₃	4 ¹ / ₂	4 ³ / ₄	5	5 ¹ / ₄	6 ³ / ₄	Всего
Число землетрясений за годы	1981	о	—	3	—	3	2	—	—	—	—	—	8
		а	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	3
	1982	о	1	1	3	5	4	1	—	—	1	—	16
		а	1	—	—	4	1	—	—	—	—	—	6
	1983	о	1	—	5	3	2	3	1	—	—	1	16
		а	—	4	3	8	4	4	—	—	1	—	24
	1984	о	—	—	4	9	2	—	—	—	1	—	16
		а	—	—	6	4	3	—	—	1	—	—	14
	1985	о	—	—	7	6	2	1	1	—	—	—	17
		а	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	2
	1981—1985	о	2	4	19	26	12	5	2	—	2	1	73
		а	1	5	12	17	8	4	—	1	1	—	49
	В с е г о		3	9	31	43	20	9	2	1	3	1	122

о—основные толчки, а—афтершоки (или форшоки)

ком регионах—по 3 землетрясения, а в Варденис-Кировабадском и Талышском регионах—всего по одному землетрясению. Как следует из рис. 2, наибольшее количество афтершоков имело место в Ардахан-Карс-Хорасанском регионе, что является вполне естественным, так как здесь произошло самое сильное в этот период Эрзурум-Карское землетрясение с магнитудой порядка 6³/₄.

Нами построен график хода сейсмического процесса во времени для территории Армянского нагорья за период с 1981 по 1985 гг., который представлен на рис. 3. Согласно графику, в те-

чение 1981 г. исследуемая территория характеризуется малой сейсмической активностью. Наибольшую магнитуду $4\frac{1}{4}$ имели два землетрясения в районах Хоя и Чифтлика, которые в эпицентральной области проявились силой, соответственно, 5—6 и 5 баллов. В 1982 г. наблюдается оживление сейсмической активности, а именно увеличивается число землетрясений и их сила. В этот период на исследуемой территории имеет место уже 4 землетрясения с магнитудой $4\frac{1}{4}$ в районе Мадена, Моллакары, Хыныса и Лидже, одно землетрясение с $M=5\frac{1}{4}$ в районе Варто и одно землетрясение с $M=4\frac{1}{2}$ на Джавахетском нагорье, которое в эпицентральной области имело силу 5—6 баллов [5]. Три землетрясения, происшедшие на территории Армянской ССР в 1982 г., несмотря на малую магнитуду, на земной поверхности проявились достаточно ощутимо. Первое землетрясение 17 января 1982 г. в районе Бавры с $M=3\frac{3}{4}$ в эпицентральной области имело силу 6 баллов. Второе землетрясение 27 апреля в районе Каджарана с магнитудой $3\frac{1}{4}$ в эпицентральной области также проявилось силой 6 баллов. Такую же силу в эпицентральной области имело землетрясение 16 июня в районе Гукасяна с магнитудой $3\frac{3}{4}$.

В 1983 г. произошло столько же землетрясений—основных толчков, что и в 1982 г., однако увеличилась сила этих землетрясений. Здесь отмечены одно землетрясение с $M=4\frac{3}{4}$ в районе Эрзинджана, три землетрясения с $M=4\frac{1}{2}$ в районах Джони, Терджана и Азорта и два землетрясения с магнитудой $4\frac{1}{4}$ в районах Гори и Гукасяна. Чайкендское землетрясение 15 декабря 1983 г. имело магнитуду $3\frac{3}{4}$, но в эпицентральной области (в 10 населенных пунктах) проявилось силой 6 баллов [6].

Но самым значительным сейсмическим событием на исследуемой территории Армянского нагорья в 1983 г., и не только в 1983 г., но и в течение всех пяти рассматриваемых лет, явилось Эрзурум-Карское землетрясение. Разрушительное Эрзурум-Карское землетрясение произошло 30 октября 1983 г. в 4 часа 12 мин Гринвичского времени и имело магнитуду порядка $6\frac{3}{4}$. Эпицентр землетрясения, установленный USCGS по данным 406 сейсмических станций мира, расположен между городами Эрзурум и Карс и имеет координаты: $40^{\circ}20'$ северной широты и $42^{\circ}11'$ восточной долготы. Глубина залегания очага составляет 12 км. Согласно приведенным в USCGS данным, при этом землетрясении по крайней мере 1342 человека убиты, многие ранены, из них 534 серьезно, более чем 2500 человек остались без крова. 50 сел в провинциях Эрзурума и Карса были совершенно разрушены. Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками. За 15 дней после основного толчка были отмечены 500 афтершо-

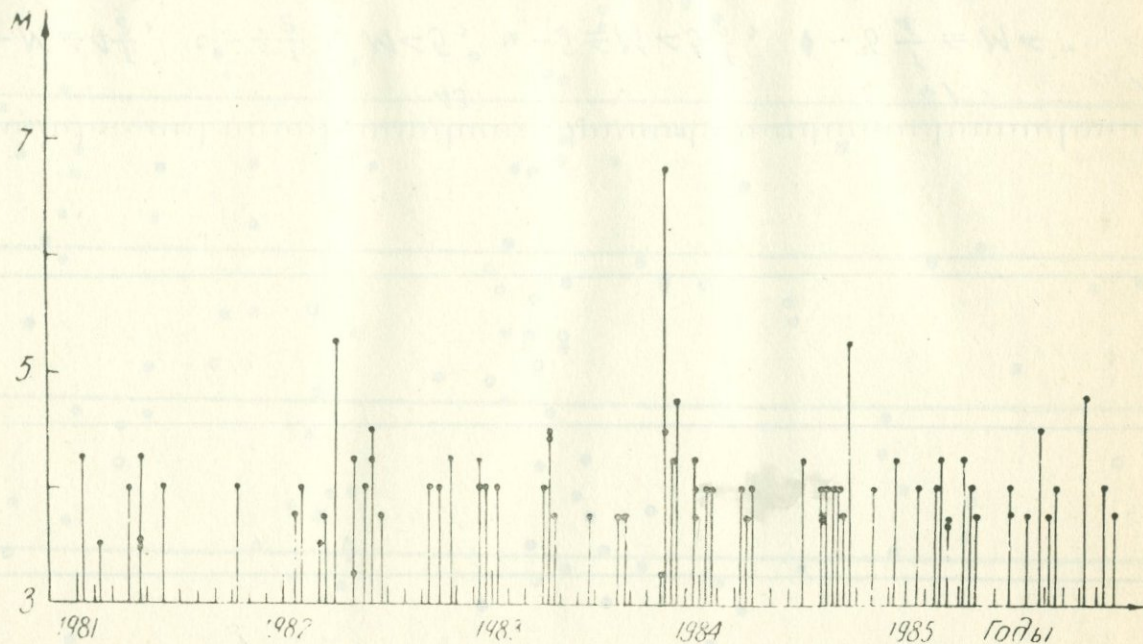


Рис. 3. График хода сейсмического процесса во времени для территории Армянского нагорья за период 1981—1985 гг.



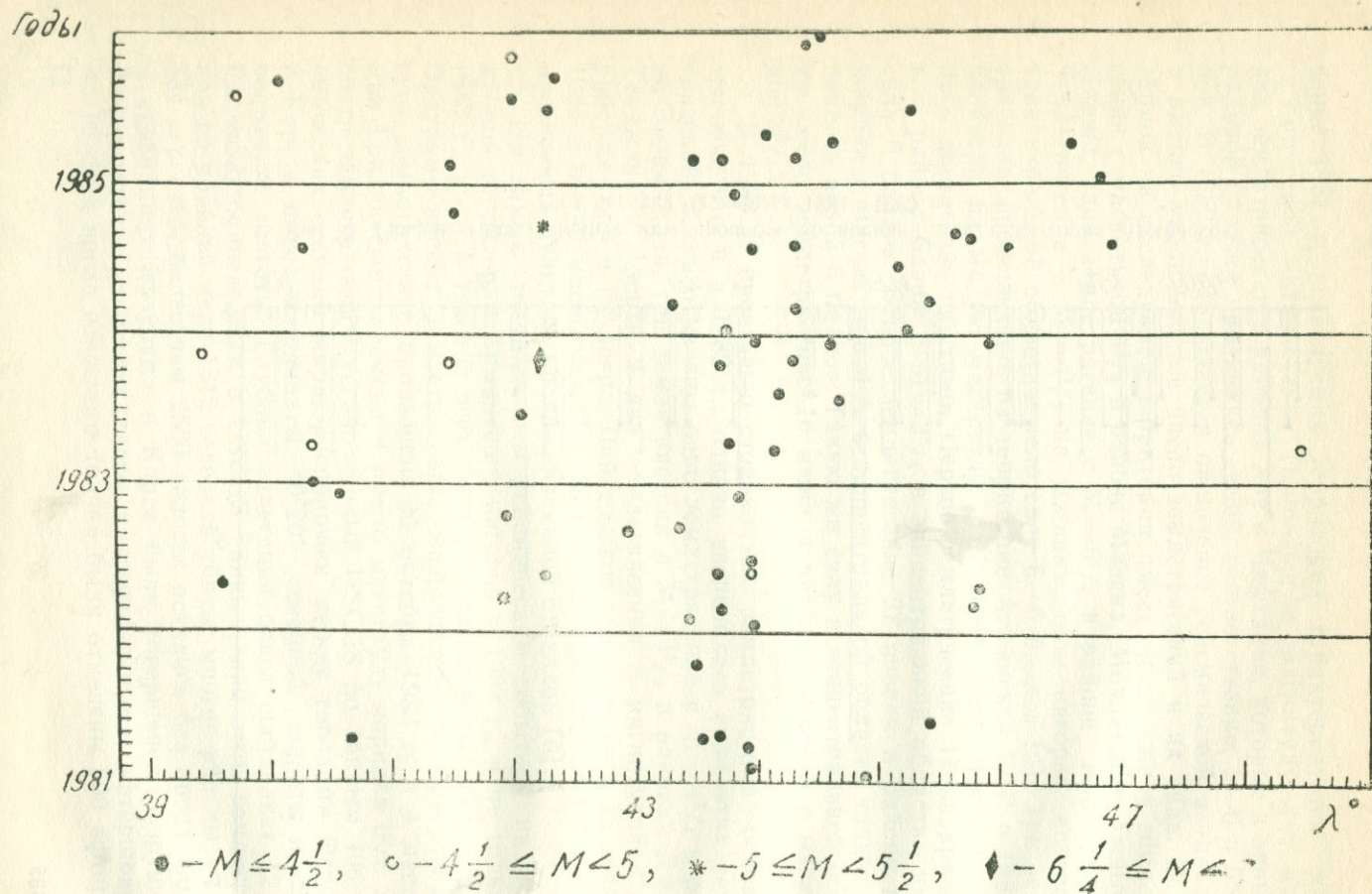


Рис. 4. Распределение сильных землетрясений Армянского нагорья в период 1981—1985 гг. во времени и по земной поверхности в широтном направлении.

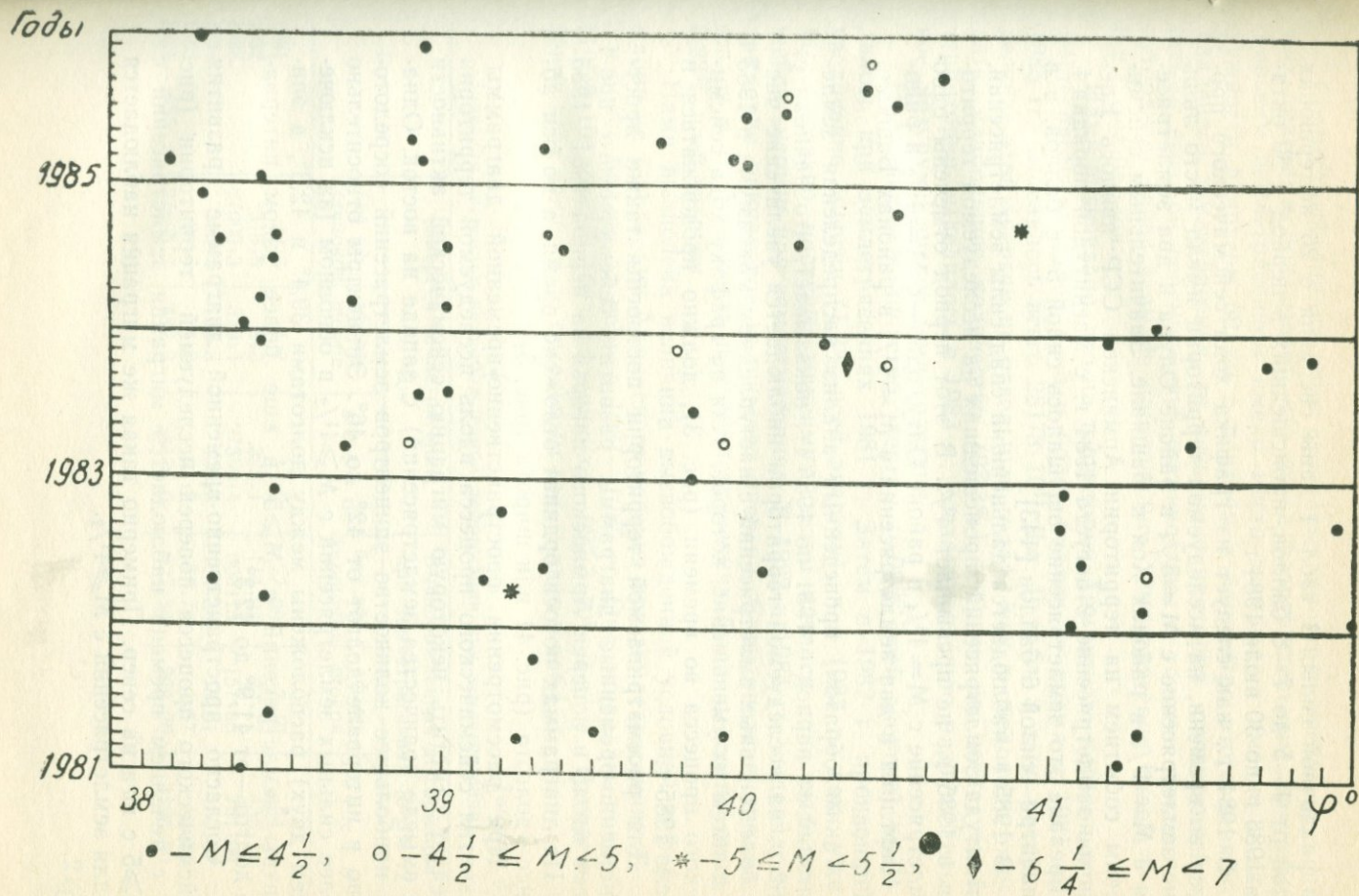


Рис. 5. Распределение сильных землетрясений Армянского нагорья в период 1981—1985 гг. во времени и по земной поверхности в меридиональном направлении.

ков различной силы. В табл. 1 даны сведения о 26 афтершоках силой от 4—5 до 7—8 баллов, происшедших в период с 30 октября 1983 г. по 30 июля 1984 г.

В 1984 г., как следует из графика хода сейсмического процесса во времени, на исследуемой территории имели место лишь одно землетрясение с $M=5\frac{1}{4}$ в районе Олура и два землетрясения с $M=4\frac{1}{4}$ в районах Хоя и Башкале. Значительным сейсмическим событием на территории Армянской ССР явилось Ереванское землетрясение 2 августа 1984 г. с магнитудой порядка 4. В Ереване это землетрясение ощущалось силой 5—6 баллов, а в эпицентре — силой 6 баллов [143].

В 1985 г. наблюдается дальнейший спад силы землетрясений. Магнитуда землетрясений, происшедших на исследуемой территории в 1985 г., не превышает $4\frac{3}{4}$. В этот период отмечены одно землетрясение с $M=4\frac{3}{4}$ в районе Олту, одно — с $M=4\frac{1}{2}$ в районе Чифтлика и два землетрясения с $M=4\frac{1}{4}$ в районах Башкале и Гориса.

Таким образом, проведенный анализ распределения землетрясений за период с 1981 по 1985 гг. показывает, что начиная с 1982 г. на исследуемой территории наблюдается увеличение числа более сильных землетрясений с наступлением максимума в 1983 г., а затем их уменьшение, которое, судя по графику хода сейсмического процесса во времени (рис. 3), должно продолжаться и после 1985 г.

Для рассматриваемой территории построены также пространственно-временные диаграммы развития сейсмического процесса вдоль и поперек Армянского нагорья за период 1981—1985 гг. На диаграммах по оси ординат отложено время, а по оси абсцисс — долгота (рис. 4) или широта (рис. 5).

При рассмотрении пространственно-временной диаграммы развития сейсмического процесса вдоль исследуемой территории следует отметить некоторую миграцию сейсмической активности (в смысле количества землетрясений) с запада на восток. Однако наибольшее количество эпицентров землетрясений сосредоточено в интервале долгот от 42° до 46° . Эпицентры относительно более сильных землетрясений с $M \geq 4\frac{1}{2}$ в основном (за исключением двух) расположены между долготами $39,4^\circ$ и $42,3^\circ$, а эпицентры землетрясений с $M \geq 5$ — в еще более узком интервале долгот — от $41,9^\circ$ до $42,3^\circ$.

Согласно пространственно-временной диаграмме развития сейсмического процесса поперек исследуемой территории (рис. 5) с течением времени наблюдается миграция землетрясений с $M \geq 5$ с юга на север. Примерно такая же миграция наблюдается и для землетрясений с $M \geq 4\frac{1}{2}$.

Совместный анализ двух указанных пространственно-временных диаграмм показывает, что перед разрушительным Эрзурум-Карским землетрясением имело место затишье, а именно в окрестности радиусом 60 км с центром в эпицентре этого девятибалльного землетрясения, то есть на территории, отличающейся весьма высокой сейсмической активностью, в течение почти полутора лет перед этим не наблюдались землетрясения силой 4—5 и более баллов.

Нами подсчитано, что на территории Армянского нагорья при землетрясениях силой 4—5 и более баллов за время с 1981 по 1985 гг. выделилось всего $28178 \cdot 10^{11}$ Дж. В табл. 3 дано распределение этой энергии по отдельным годам. Как и следовало ожидать, наибольшее количество (97,3%) энергии на исследуемой территории выделилось в 1983 г., когда произошло разрушительное Эрзурум-Карское землетрясение.

Наименьшее количество энергии (0,05% всей энергии) выделилось при землетрясениях 1981 г. Затем в 1982 г. произошло увеличение энергии (1,2% всей энергии), и в 1983 г., как уже было сказано, наступил максимум, затем начался спад выделившейся энергии при землетрясениях. В 1982 и 1984 гг. выделилось примерно одинаковое количество энергии. Спад энергии продолжался в 1985 г., когда при землетрясениях было выделено лишь 0,23% всей энергии.

Нами вычислена величина высвобожденной условной деформации на территории Армянского нагорья при землетрясениях 4—5 и более баллов за период 1981—1985 гг. Она оказалась равной $1195,5 \cdot 10^5$ Дж^{1/2} (без афтершоков— $927,3 \cdot 10^5$ Дж^{1/2}). Распределение этих величин по отдельным годам дано в табл. 3.

Таблица 3

Значения энергии и высвобожденной деформации при землетрясениях

Г о д ы	Энергия землетрясений, 10 ¹¹ Дж			Высвобожденная деформация при землетрясениях, 10 ⁵ Дж ^{1/2}		
	без аф- тершоков	афтер- шоков	в с е г о	без аф- тершоков	афтер- шоков	в с е г о
1981	12,5	1,7	14,2	27,09	7,10	34,19
1982	316,6	8,5	325,1	114,97	21,17	135,14
1983	27000,3	350,1	27350,4	603,15	157,85	761,00
1984	302,0	120,8	422,8	104,36	78,51	182,87
1985	64,3	1,2	65,5	77,73	4,57	82,30
1981—1985	27695,7	482,3	28178,0	927,30	268,20	1195,50

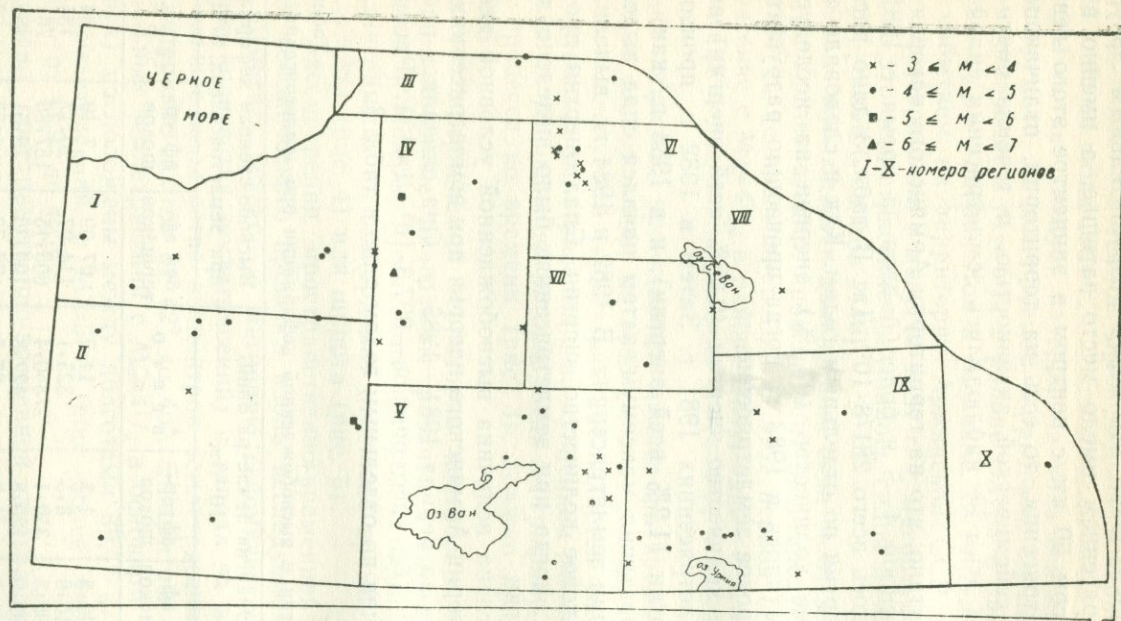


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений Армянского нагорья силой 4—5 баллов и более за период 1981—1985 гг.

Как следует из табл. 3, характер распределения высвобожденных деформаций по годам за период с 1981 по 1985 гг. такой же, как и для энергии землетрясений.

Проведенный анализ распределения землетрясений по магнитуде, графика хода сейсмического процесса во времени, пространственно-временных диаграмм развития сейсмического процесса, распределений энергий и высвобожденных деформаций по годам показывает, что наименьшая сейсмическая активность на исследуемой территории наблюдалась в 1981 г., а наибольшая—в 1983 г., после чего начался спад сейсмической активности, который, по-видимому, продолжается и после 1985 г. Следует также отметить, что в рассматриваемый период времени эпицентры всех землетрясений с $M \geq 4^{3/4}$ расположены в зарубежной части исследуемой территории Армянского нагорья.

На рис. 6 дана карта эпицентров землетрясений Армянского нагорья силой 4—5 и более баллов за период с 1981 по 1985 гг., согласно которой за рубежом расположены эпицентры не только самых сильных из имевших место землетрясений, но и наибольшее их количество, а именно—из 73 основных толчков 52 землетрясения, т. е. свыше 70% всего числа, произошли за рубежом, и только 21—в советской части исследуемой территории.

§ 2. СИЛЬНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ИХ СВЯЗЬ С ТЕКТОНИКОЙ

Установление соотношений между тектоникой и современной сейсмической активностью отдельного сейсмоактивного района имеет существенное значение при разрешении проблемы прогнозирования.

Сопоставление сейсмичности с тектоникой необходимо также, и нами используется, при выделении блоков в земной коре исследуемой территории и определении их сейсмоопасности.

Результаты детального анализа сейсмических условий и Каталог сильных землетрясений Армянского нагорья даны в работе [90] и в § 1 настоящей главы. Используя эти сведения, нами построена карта эпицентров сильных основных (т. е. без афтершоков и форшоков) землетрясений Армянского нагорья за период с 6 в. до н. э. по 1985 г. На карте выделены четыре группы землетрясений: 1) с $3 \leq M < 4$, 2) с $4 \leq M < 5$, 3) с $5 \leq M < 6$ и 4) с $6 \leq M < 7$. Исходя из технических соображений, вся карта разбита на три части. На первой карте (рис. 7) дано расположение эпицентров сильных землетрясений на территории Черноморско-Байбуртского, Эрзинджан-Бингёльского и Ванского регионов, на

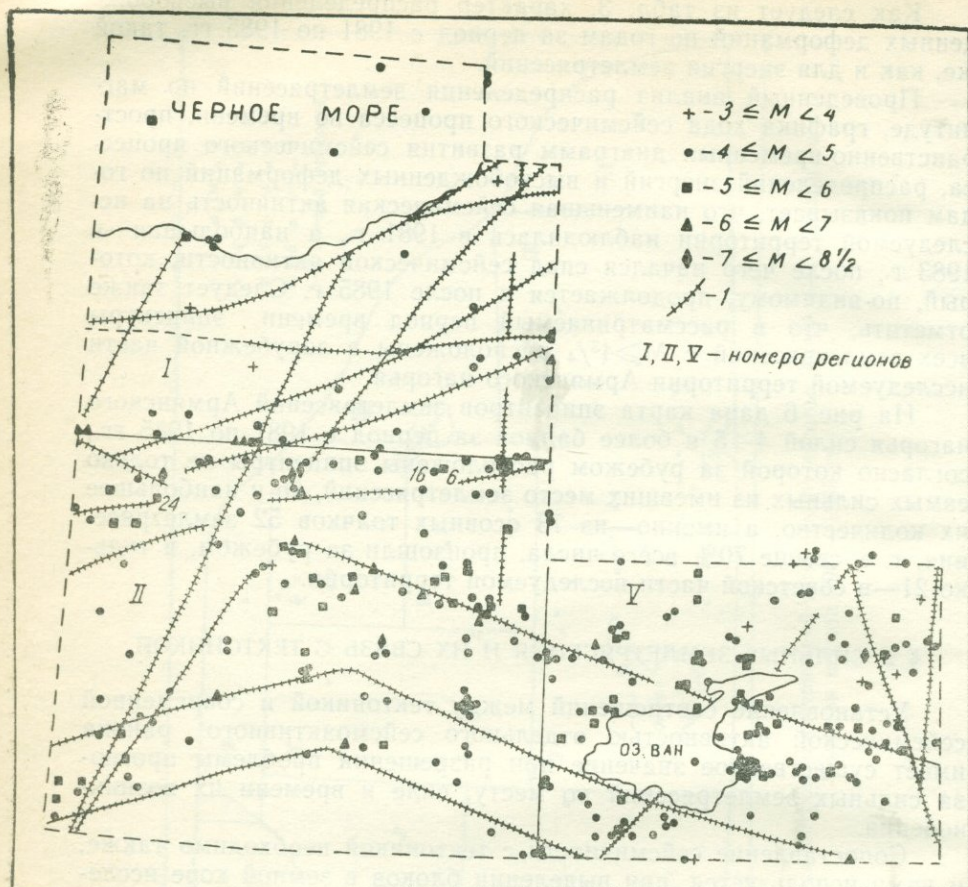


Рис. 7. Карта эпицентров сильных землетрясений Черноморско-Байбуртского, Эрзинджан-Бингёльского и Ванского регионов. I—основные линеаменты.

второй (рис. 8)—Аджаро-Триалетского, Ардахан-Карс-Хорасанского, Ленинанканского и Ереванского регионов и на третьей карте (рис. 9)—Варденис-Кировабадского, Зангезурского и Талышского регионов.

Составлена также карта эпицентров основных землетрясений, ощущавшихся на поверхности земли с силой 7, 8 и 9 баллов, которая представлена на рис. 10. Всего за весь период наблюдений с 6 в. до н. э. по 1985 г. было отмечено 191 основное землетрясение.

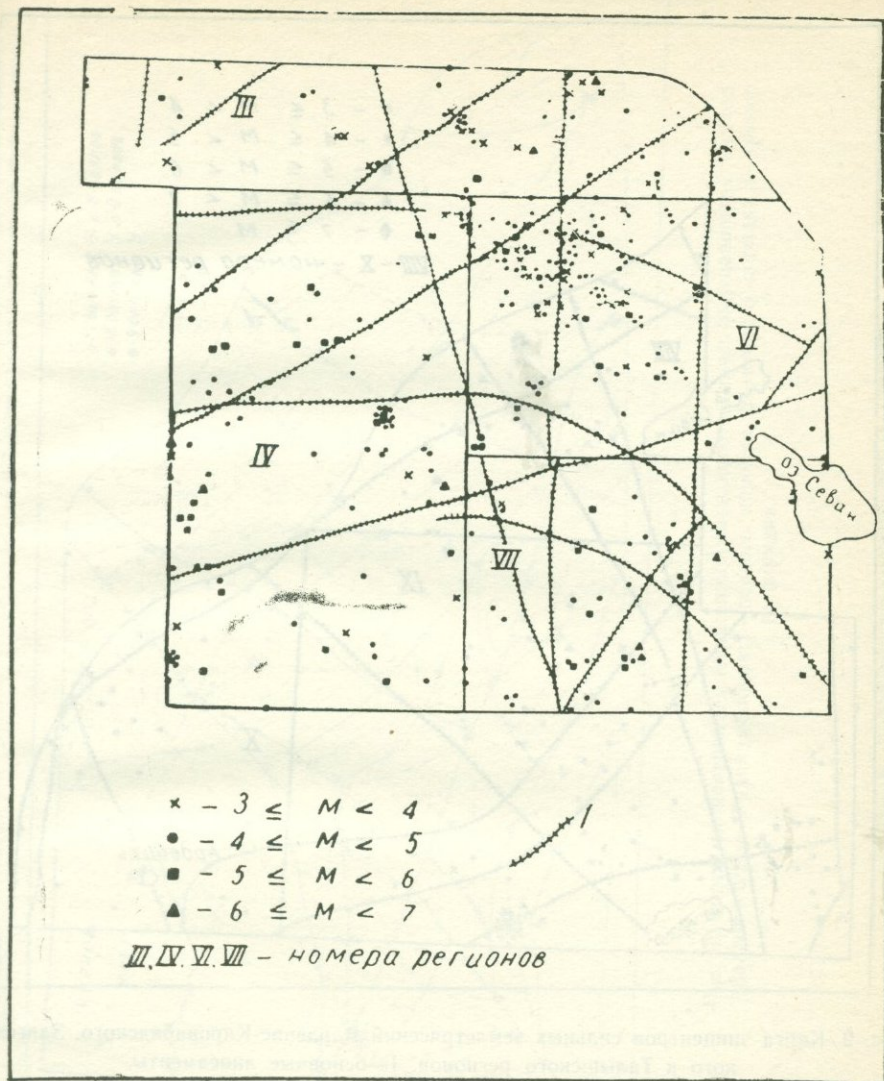


Рис. 8. Карта эпицентров сильных землетрясений Аджаро-Триалетского, Ардахан-Карс-Хорасанского, Ленинаканского и Ереванского регионов. I—основные линеаменты.

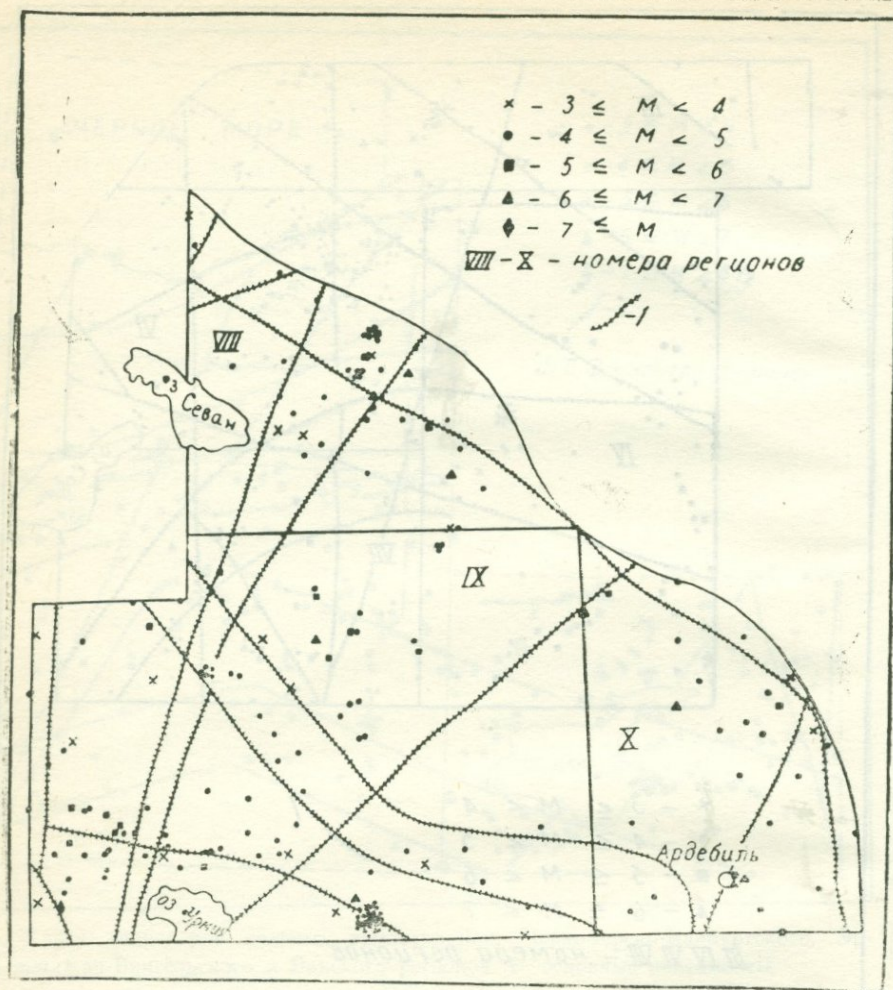


Рис. 9. Карта эпицентров сильных землетрясений Вardenis-Кировабадского, Зангезурского и Талышского регионов, I—основные линейменты.

трясение такой силы, причем 99 землетрясений ощущались на земной поверхности силой 7 баллов, 70—8 баллов и 22 землетрясения с силой 9 и более баллов. Крупные землетрясения в советской части исследуемой территории происходили реже, чем в зарубежной, а именно—за весь указанный период здесь имели

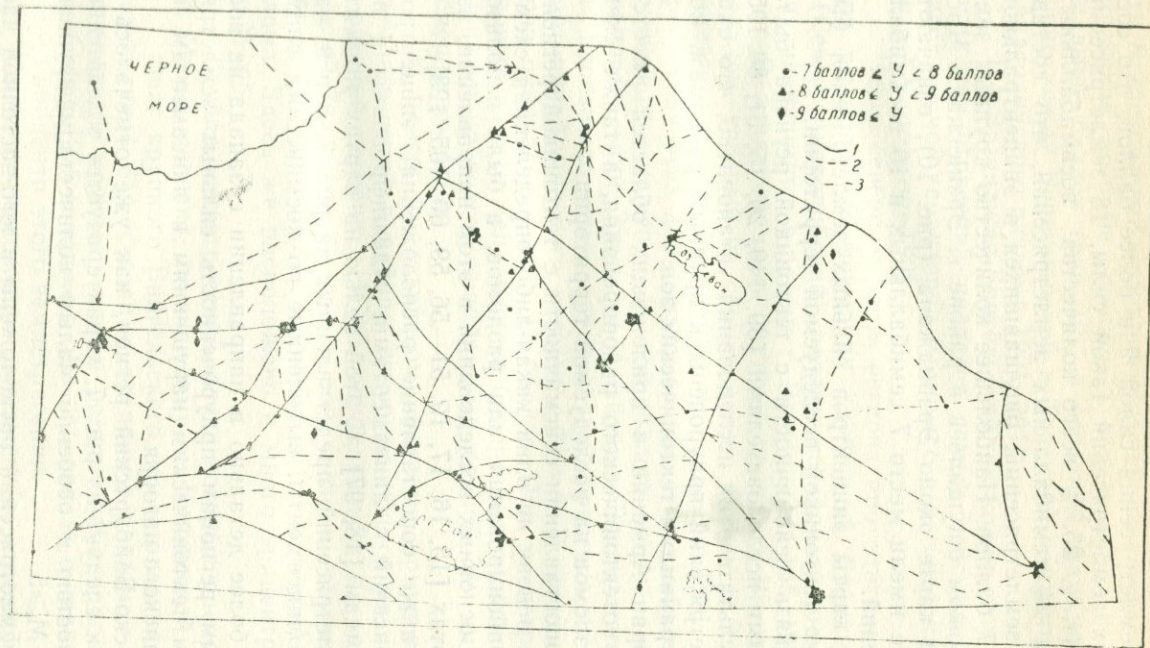


Рис. 10. Карта эпицентров землетрясений Армянского нагорья, ощущавшихся с силой 7 баллов и более. Границы блоков: 1—первого порядка, 2—второго порядка, 3—третьего порядка.

место только 2 землетрясения силой 9 и более баллов, что составляет 9,5% всех землетрясений такой силы, 18 землетрясений силой 8 баллов (т. е. 25,7% всего количества восьмibalльных землетрясений) и 24 семibalльных землетрясений, что составляет 24,7% всех землетрясений, ощущавшихся в эпицентральной области силой в 7 баллов. Наибольшее количество крупных землетрясений зарубежом ощущалось в районе г. Эрзинджана. Числа, указанные на карте около Эрзинджана (рис. 10), означают, что в Эрзинджане имели место 7 семibalльных и 10 восьмibalльных землетрясений.

Построенные карты эпицентров сильных землетрясений были сопоставлены с тектоникой исследуемой территории.

Очевидная связь сейсмичности с тектоникой региона была определена многими исследователями [39, 140, 26, 15, 51, 80, 105, 27 и др.]. В результате этих исследований установлено, что очаги сильных землетрясений приурочены к крупным разломам, которые являются границами тектонических зон.

Для территории Армении и прилегающих областей имеется несколько схем геотектонического районирования, а также схем расположения разломов на исследуемой территории.

Нами при сопоставлении сейсмичности с тектоникой региона была принята за основу не одна какая-либо определенная схема тектонического районирования, или разломов, а были использованы результаты основных исследований в этом направлении, изложенные в работах [15, 16, 17, 19, 51—56, 59, 60, 105, 123].

Проведено также сопоставление расположения эпицентров сильных землетрясений с линеаментами, отдешифрованными по космическим снимкам [18, 97]. С этой целью на картах эпицентров сильных землетрясений, представленных на рис. 7, 8 и 9, нанесены основные линеаменты, выявленные по космическим снимкам [18, 97].

Рассмотрим более детально в направлении с запада на восток по отдельным регионам приуроченность сильных землетрясений к крупным тектоническим нарушениям и линеаментам на территории Армянского нагорья.

1—Черноморско-Байбуртский регион, как уже отмечалось в работе [90] и как следует из рис. 7, характеризуется малой сейсмической активностью и особенно малым количеством крупных землетрясений с $M \geq 5$.

Эпицентры землетрясений расположены в юго-восточной части Черноморской плиты. Согласно схеме линеаментов, отдешифрованных по космическим снимкам (КС), через регион проходят Северо-Анатолийский линеамент и Мерсин-Аграханская линеаментная серия [18], к которым, по-видимому, и приурочены оча-

28

ти землетрясений этого региона. Очаги наиболее крупных землетрясений, которые ощущались в эпицентральной области силой 7 и выше баллов (рис. 10), в основном, находятся в пограничной зоне между Черноморской и Турецкой плитами в районе Северо-Анатолийского разлома [201, 204].

II—Эрзинджан-Бингёльский, по количеству и силе происшедших землетрясений является самым сейсмоактивным регионом исследуемой территории Армянского нагорья как в прошлом, так и в XX столетии [90].

Через северную часть региона проходит контролирующей зону офиолитовой формации глубинный Главный Анатолийский (Северо-Анатолийский) разлом со своими тремя ответвлениями, начинающимися в районе г. Эрзинджана [55, 19].

В западной части региона проходит Восточно-Анатолийский разлом, который на северо-западе, вблизи г. Эрзинджана пересекается с Северо-Анатолийским разломом [201, 204]. Область пересечения этих двух разломов является наиболее опасной в сейсмическом отношении. В этой области отмечено свыше 30 сильных землетрясений. Здесь же в районе г. Эрзинджана 26 декабря 1939 г. произошло самое крупное землетрясение на исследуемой территории Армянского нагорья с $M=8$. В эпицентральной области оно ощущалось силой 11 баллов. При землетрясении на земной поверхности в направлении Северо-Анатолийского разлома образовался правосторонний разрыв длиной 340 км и максимальным смещением 4,2 м.

К Северо-Анатолийскому разлому приурочены также очаги землетрясений в районе Эрзурума. Очаги ряда крупных землетрясений региона с $M \geq 5$, ощущавшихся на земной поверхности силой 7 и выше баллов, в том числе и землетрясения в Варто (рис. 10), приурочены к южной ветви Северо-Анатолийского разлома. Здесь же расположено и много эпицентров землетрясений с $M < 5$.

Группа землетрясений, очаги которых расположены в районе г. Муша, связана, по-видимому, с Битлисской шовной зоной.

Очаг крупного Бингёльского землетрясения 22 мая 1971 г. с магнитудой $6^{3/4}$ связан с активным разломом «Гойнюк». Очаг последнего крупного в этом регионе землетрясения в г. Лидже 6 сентября 1975 г. также с $M=6^{3/4}$ связан с надвигом, проходящим через эпицентр этого землетрясения.

Схема расположения линейментов, отдешифрованных по космическим снимкам [18], в основном совпадает с тектоническими разрывными нарушениями на территории региона.

Представленный на рис. 7 V регион—Ванский—является также весьма сейсмоактивным. Как следует из этого рисунка, эпи-

центры землетрясений с $M \geq 4$ расположены по побережью оз. Ван, а также в северо-восточной, восточной, южной и западной частях региона, т. е. практически весь регион является сейсмоактивным. Примерно так же расположены очаги крупных землетрясений региона, ощущавшихся силой 7 и выше баллов (рис. 10).

Через регион проходит южная ветвь Северо-Анатолийского разлома, к которому приурочены очаги ряда сильных и крупных землетрясений. Однако очаги землетрясений в районе г. Вана находятся южнее этого разлома. Через регион проходит также Транскавказская субмеридиональная зона разломов [55], в южной части которой на северо-западном побережье оз. Ван были отмечены сильные землетрясения.

Согласно схеме расположения линеаментов по КС, через регион проходят Северо-Анатолийский линеамент и в районе южного побережья оз. Ван Загросско-Анатолийская линеаментная зона, которая затем соединяется с Северо-Анатолийским линеаментом, образуя при этом единую линеаментную зону [18]. Очаги землетрясений южного побережья оз. Ван, по-видимому, связаны с Загросско-Анатолийской линеаментной зоной. Через северо-восточную часть региона проходит Насирия-Ставропольский линеамент субмеридионального простираения [18], к которому, возможно, приурочены очаги землетрясений этой области Ванского региона.

В северо-восточной части Ванского региона в районе г. Маку 29 апреля 1968 г. имело место крупное Бедавлинское землетрясение с магнитудой $5\frac{1}{2}$. Согласно Берберяну [190], очаг этого землетрясения приурочен к Бедавлинскому глубинному разлому, который расположен в 20 км западнее и северо-западнее от г. Маку, вблизи деревни Бедавли и прослеживается в направлении с северо-запада на юго-восток. Основная часть Бедавлинского разлома имеет длину 35 км, а полная длина разлома с его ветвями—около 80 км. Этот разлом, как предполагает Берберян, возможно, является северо-западным продолжением Северного Тавризского разлома [190].

24 ноября 1976 г. в районе г. Чалдырана произошло землетрясение с магнитудой порядка 7,0, которое явилось самым крупным сейсмическим событием в Ванском регионе за все историческое время. Во время землетрясения образовался разрыв, который ранее не был отмечен на геологических и тектонических картах Турции, а также на схеме линеаментов, составленной по данным КС. Этот Чалдыранский разрыв простирается на протяжении 53 км в СЗ-ЮВ направлении с азимутом порядка 110° и лежит примерно в 30 км севернее известного Северо-Анатолийского разлома.

III—Аджаро-Триалетский регион характерен малым количеством крупных землетрясений (рис. 8). Территория региона охватывает, в основном, Аджаро-Триалетскую складчатую систему, вытянутую в широтном направлении от юго-восточного побережья Черного моря до долины реки Иори [56]. Аджаро-Триалетская складчатая система ограничена с севера и юга двумя крупными продольными глубинными разломами: северным и южным разломами Аджаро-Триалетской системы. В регионе между указанными разломами имеются еще два глубинных разлома: первый—Аджаро-Гурийский—ответвляется в Гурии от северного разлома и протягивается в юго-западном направлении, второй—Ахалцихский—проходит вдоль северного края Ахалцихской котловины [163].

На исследуемой территории имеются выявленные по космическим снимкам линеаменты разных направлений [97]. Поти-Тбилисский широтный линеамент является северной границей Аджаро-Триалетского региона. Вдоль южной границы проходит Хопа-Агдамская линеаментная зона, которая в пределах региона имеет широтное направление. В восточной части региона протягиваются две линеаментные зоны меридионального простираания: Джавахетский хребет—Ленинакан—Турция и Тбилиси—Ереван—гора Арарат. В центральной части региона проходит крупный Насирия-Ставропольский линеамент север-северо-западного простираания. Через регион проходит также Чорох-Дзирульская группа линеаментов северо-восточного простираания.

Как следует из рис. 8, эпицентры сильных землетрясений расположены в основном в центральной и восточной частях региона и приурочены к Чорох-Дзирульской группе линеаментов, к Насирия-Ставропольскому линеаменту, а также к двум меридиональным линеаментам, проходящим через регион. Особенно большое сгущение эпицентров землетрясений наблюдается в области пересечения этих линеаментов с Хопа-Агдамской линеаментной зоной, проходящей по южной границе Аджаро-Триалетского региона.

За все время, начиная с 1275 г., когда произошло самое крупное в этом регионе Мцхетское землетрясение с $M=6\frac{3}{4}$, и по 1985 г. включительно, как следует из рис. 10, было отмечено 8 землетрясений, которые ощущались в эпицентральной области силой 7, 8 и 8—9 баллов. Очаги этих землетрясений связаны с основными линеаменстами, проходящими через территорию Аджаро-Триалетского региона. Очаги 8- и 8—9-балльных землетрясений расположены восточнее меридиана 43° восточной долготы. В XX столетии в регионе произошли всего четыре крупных земле-

трясения с $M > 5$: землетрясение 20 апреля 1913 г. в районе Манглиси с $M = 5\frac{1}{2}$, разрушительное Картлийское землетрясение 20 февраля 1920 г. в районе г. Гори с $M = 6$. Табакурское землетрясение 7 мая 1940 г. с $M = 6$ и Аджаро-Гурийское землетрясение 20 мая 1959 г. с $M = 5\frac{1}{4}$. Как было установлено нами ранее [90], имеет место миграция очагов этих крупных землетрясений с востока на запад со средней скоростью, примерно 4,4 км/год. При этом коэффициент корреляции равен 0,94.

IV—Ардахан-Карс-Хорасанский регион, как следует из рис. 8, является полностью сейсмоактивным. Однако наибольшее сгущение эпицентров наблюдается в окружении городов Карс, Хорасан, Ардахан, Олту, Геоле, Дигор, Каракёсе. Крупные землетрясения, которые ощущались в эпицентральной области силой 7 и выше баллов, имели место не во всех областях региона. Как видно из рис. 10, в северо-западной, юго-восточной и в центральной частях региона крупные землетрясения не были вообще отмечены. Самое крупное землетрясение региона за все историческое время, Эрзурум-Карское, с магнитудой $6\frac{3}{4}$, произошло 30 октября 1983 г. вблизи западной границы Ардахан-Карс-Хорасанского региона.

Важнейшими глубинными разломами, проходящими через регион, являются Северо-Анатолийский трансформный разлом и Транскавказская субмеридиональная зона разломов, которая протягивается вдоль восточной границы региона. Здесь проходит также Базумо-Севанская зона разломов глубокого заложения, которая протягивается с востока на запад через Ардаганское плато в восточную часть Понтида, где соединяется с Северо-Анатолийским разломом [55].

Согласно схеме линеаментов, полученных по КС [18], в регионе имеются линеаменты разных направлений: ветви Северо-Анатолийского линеамента, которые в пределах региона имеют близширотное направление, Мерсин-Аграханский линеамент северо-восточного простирания и Насирия-Ставропольский линеамент субмеридионального направления.

Очаги не всех землетрясений приурочены к указанным основным разломам и линеаментам, имеющимся в регионе. К их числу относятся землетрясения с $M \geq 4$, очаги которых расположены в южной части региона, ряд Эрзурум-Карских землетрясений с $M > 5$, происшедших в 1868 г. в западной части региона, а также указанное выше самое крупное Эрзурум-Карское землетрясение, которое имело место в этом регионе 30 октября 1983 г. Региональный разлом северо-восточного простирания, прослеживающийся по полосе Тортум—Олты—Геле [15], расположен в 40 км

севернее эпицентров Эрзурум-Карских землетрясений, в связи с чем не представляется возможным приурочивать очаги этих землетрясений к указанному разлому.

VI—Ленинakanский регион является областью высокой сейсмичности. При этом западная часть региона значительно сейсмo-активнее, чем восточная. Как следует из рис. 8 и 10, очаги как сильных землетрясений с $M \geq 4$, так и крупных, ощущавшихся в эпицентральной области силой 7 и более баллов, в основном расположены западнее меридиана $44,5^\circ$ восточной долготы. Северо-западную часть региона занимает высокосейсмичное как в прошлом, так и в настоящее время Ахалкалакское (Джавахетское) нагорье. Здесь сосредоточена основная масса всех землетрясений региона.

Вдоль северной границы региона проходит крупный продольный Южный глубинный разлом Аджаро-Триалетской системы, который является границей между Артвино-Болнисской глыбой и Аджаро-Триалетской складчатой системой. В южной части Ахалкалакского нагорья проходит второй продольный Локско-Агdamский глубинный разлом, который служит границей между Локско-Карабахской зоной и Артвино-Болнисской глыбой [56, 59]. В пределах Артвино-Болнисской глыбы проходят два крупных меридионального направления глубинных разлома—Абул-Самсарский и Кечутский. Третий субмеридиональный Сакиро-Привольненский глубинный разлом проходит в крайней восточной части Ахалкалакского нагорья [56, 59, 66]. Кроме указанных крупных разломов, на территории Ахалкалакского нагорья имеется несколько более коротких по протяжению разломов [66].

Согласно «Схеме разломов Армянской ССР», составленной А. А. Габриеляном, О. А. Саркисяном и Г. П. Симоняном, на территории Ленинаканского региона имеются разломы различного характера и направления [55]. Согласно этой схеме, в регионе проходят два крупных, примерно параллельных, разлома—шовных зон: Базумо-Севанская зона разломов глубокого заложения в направлении вдоль Севано-Амасийского офиолитового пояса и Анкаван-Сюникский глубинный разлом. При этом Базумо-Севанская зона разломов состоит из двух крупных параллельных разломов.

В регионе, согласно этой же схеме, имеются также крупные сквозные поперечные разломы, а именно—Арагац-Спитак-Привольненский, Тежсар-Шамлугский, Раздан-Хаштаракский и Джавахетский (Кечутский) разломы.

Кроме указанных крупных разломов, через регион протягивается ряд других региональных разломов: Северомургузский разлом сбросового характера, Южномургузский взбросо-надвиг, Де-

бедский сброс, Дебедашен-Кохбский, Санаин-Привольненский, Памбак-Дзкнагетский, Сарыкаинский и др. разломы.

В пределах Ленинанканского региона проходят выделенные А. Т. Асланяном Ширакско-Зангезурская, Ани-Ордубадская и Кировабадская зоны разломов глубокого заложения, которые являются границами тектонических зон [15, 16]. Кировабадская зона разломов протягивается вдоль предгорий Малого Кавказа и отделяет Предмалокавказскую (Прикуринскую) интрагеосинклинальную зону от Сомхето-Карабахской (Алавердской) интрагеоантиклинальной зоны. Этот разлом прослеживается в крайней северо-восточной части Ленинанканского региона в районе Ноемберяна. Ширакско-Зангезурский глубинный разлом отделяет Мисхано-Зангезурскую тектоническую зону от Присеванской и Кафанской тектонических зон. В пределах региона этот разлом протягивается вдоль полосы Ленинанкан—Кировакан—Севан. Ани-Ордубадский глубинный разлом является границей между Еревано-Ордубадской интрагеосинклинальной и Мисхано-Зангезурской интрагеоантиклинальной зонами. В пределах Ленинанканского региона разлом прослеживается в своей северо-западной части вдоль полосы Ани—Артик—Алапарс.

Согласно схеме линеаментов, выявленных по КС [97], на территории Ленинанканского региона имеются линеаменты разных направлений: Хопа-Агдамская, Присеванская и Северосеванская линеаментные зоны общекавказского простиранья, Приереванская линеаментная зона северо-западного простиранья, две меридионально направленные линеаментные зоны, проходящие по Джавахетскому хребту—Ленинанкан—Турция и по линии Тбилиси—Ереван—гора Арарат, а также три линеамента северо-восточного простиранья, а именно—крайний южный линеамент Чорох-Дзирульской группы, Ереван-Севанская зона и крупный Арагацский линеамент. При этом области пересечения разнонаправленных линеаментов характеризуются высокой сейсмической активностью. Так, в районе Ленинанкана пересекаются меридиональный линеамент, проходящий через Ахалкалакское нагорье к Ленинанкану, Приереванская линеаментная зона северо-западного простиранья и Присеванский линеамент общекавказского простиранья, а на высокосейсмичном Ахалкалакском нагорье тот же меридиональный линеамент пересекается с Чорох-Дзирульской линеаментной зоной северо-восточного простиранья и с Хопа-Агдамским линеаментом общекавказского простиранья.

Выявленные по КС крупные линеаменты, проходящие через Ленинанканский регион, в основном совпадают с глубинными разломами, установленными по геолого-геофизическим данным [16, 18, 55, 97, 123].

При сопоставлении карты эпицентров со схемами разломов и линеаментов можно отметить, что между степенью сейсмической активности и числом пересекающихся линеаментов существует прямая зависимость, а именно—Ахалкалакское нагорье, район г. Ленинакана и др., где пересекаются три крупных линеамента, являются более сейсмоактивными, чем районы, где пересекаются два линеамента, как, например, в районе пересечения Ереван-Севанского линеамента (Иджеван-Казахского поперечного разрыва [181]) с Хопа-Агдямской линеаментной зоной или же в районе пересечения Хопа-Агдямской линеаментной зоны с меридиональным линеаментом по линии Тбилиси—Ереван—гора Арарат и др. Однако эпицентры сильных землетрясений приурочены не только к узлам (областям пересечений) линеаментов, но и к отдельным крупным линеаментам—разломам глубокого заложения. Например, очаги крупных Анийских землетрясений с $M > 5$ приурочены к Транскавказскому линеаменту северо-западного простираия, который проходит по крайней юго-западной части—границе Ленинаканского региона.

Следует также отметить, что основные линеаменты—глубинные разломы в пределах Ленинаканского региона не по всему своему протяжению сейсмоактивны.

VII—Ереванский регион характерен очень сильными землетрясениями с $M \geq 5\frac{1}{2}$ в прошлом, до конца XIX столетия, и менее сильными землетрясениями с $M \leq 5\frac{1}{4}$ в XX столетии. Детальное изучение сейсмичности Ереванского региона по инструментальным и макросейсмическим данным нами проведено ранее [86, 90]. На рис. 8 дано расположение эпицентров землетрясений силой 5 и более баллов за период с VI в. до н. э. по 1985 г., а на рис. 10—расположение эпицентров крупных землетрясений силой 7 и более баллов за тот же период наблюдений. Как следует из рис. 8 и 10, расположение эпицентров как сильных, так и крупных землетрясений на территории региона неравномерное. Северная, северо-восточная и восточная части Ереванского региона отличаются малой сейсмической активностью. Наибольшее количество эпицентров землетрясений и очаги наиболее крупных землетрясений расположены в центральной части региона.

На территории региона имеется несколько крупных глубинных разломов различных направлений. Согласно А. Т. Асланяну, через территорию региона проходят в направлении с северо-запада на юг Ереванский и Ани-Ордубадский глубинные разломы кавказского простираия, которые являются границами Еревано-Ордубадской интрагеосинклинальной зоны, а крайний северо-восток региона пересекает Ширак-Зангезурский глубинный разлом того же простираия, который служит северо-восточной границей

Мисхано-Зангезурской (Разданской) интрагеоантиклинальной зоны [16]. В юго-западной части региона вдоль долины р. Аракс и северного склона хр. Агрыдаг проходит Араратский глубинный разлом, который вместе с Ереванским глубинным разломом ограничивает с обеих сторон Приараксинскую интрагеоантиклинальную зону, шириной 30—35 км [15, 16].

Согласно схеме разломов Армянской ССР, составленной А. А. Габриеляном, О. А. Саркисяном и Г. П. Симоняном, на исследуемой территории региона имеются разломы как северо-западного (кавказского), так и северо-восточного (поперечного) и субмеридионального направлений [55]. Через территорию региона протягиваются зоны Анкаван-Сюникского (Ширако-Зангезурского по А. Т. Асланяну [16]) и Ереванского глубинных разломов. Кроме этих разломов—шовных зон, на этой схеме через территорию региона проходит ряд крупных разрывных нарушений: в Приараксинской тектонической зоне в основном общекавказского простираания (Араксинский, Амбердский, Ани-Ордубадский и другие разломы), Арагац-Спитак-Привольненский разлом субмеридионального направления, Раздан-Хаштаракский и Азат-Норадуз-Красносельский разломы антикавказского направления. На территории региона имеется также большое количество относительно мелких разрывных нарушений различных направлений [55].

На территории региона отмечаются выявленные по космическим снимкам линеаменты разных направлений: Приереванская линеаментная зона общекавказского простираания, Барда-Октемберянский линеамент северо-восточного направления, Ереван-Севанская линеаментная зона север-северо-восточного простираания, две меридиональные линеаментные зоны, проходящие по линии Тбилиси—Ереван—гора Арарат и по линии Джавахетский хребет—Ленинакан и далее Турция, а также ряд других менее крупных линеаментов [97].

Очаги сильных землетрясений Ереванского региона (рис. 8) приурочены в основном к Ереванскому, Раздан-Хаштаракскому, Ани-Ордубадскому и Араратскому глубинным разломам. С этими же разломами связаны и очаги крупных землетрясений с $M \geq 5$ (рис. 10), имевших место в регионе как в прошлом, так и в XX столетии.

VIII—Варденис-Кировабадский регион расположен в восточной части исследуемой территории. Согласно рис. 9, на котором дано расположение эпицентров землетрясений на территории региона за период с 427 по 1985 гг., южная и западная пограничные зоны региона асейсмичные, а наибольшая плотность эпицентров

наблюдается в полосе Варденис—Зурнабад—Кировабад и в полосе Кировабад—хр. Мров-даг—Шуша. В регионе имели место землетрясения, в основном, с $M < 5$. За весь указанный выше период наблюдений было отмечено всего шесть землетрясений с $M \geq 5$, из которых три землетрясения с $M \geq 6$.

Через Варденис-Кировабадский регион проходят следующие крупные разломы общекавказского простираения: Кировабадская зона разломов глубокого заложения по линии Акстафа—Шамхор—Кировабад [16], глубинный разлом, отделяющий Сомхето-Карабахскую интрагеоантиклиналь от Присеванской интрагеосинклинали [16], он же Алаверди-Арцахшенский глубинный разлом, установленный по геофизическим данным [10, 127, 123], Базумо-Севанская зона разломов глубокого заложения, которая протягивается вдоль Севано-Амасийского офиолитового пояса [55], или Севано-Акеринский глубинный разлом по Г. В. Егоркиной и др. [67], или же Севанский глубинный разлом по геофизическим данным [123], глубинный разлом, проходящий, согласно А. Т. Асланяну, несколько юго-восточнее этой зоны разломов и отделяющий Кафанскую моноклиналь от Присеванской интрагеосинклинали [16] и, наконец, Ширак-Зангезурский глубинный разлом [16] (Анкавано-Сюникский по А. А. Gabrielyan [55]). В регионе имеются также разломы антикавказского простираения. К числу их относятся Азат-Норадуз-Красносельский разлом север-северо-восточного простираения [55]. Согласно геофизическим данным, через регион проходят Арарат-Севанский [142, 10, 67, 123] и Ерасх-Варденисский [10, 67, 55, 123] глубинные разломы северо-восточного простираения. В субширотном направлении через регион протягивается Гарни-Варденисский разлом [123]. В регионе на территории Азербайджанской ССР имеются также продольный Мровдагский разлом и два поперечных, примерно параллельных, разлома: Тертерский и трансформный Гянджачайский [60, 181].

Согласно схеме линеаментов Малого Кавказа, отдешифрованных по космическим снимкам [97], через Варденис-Кировабадский регион проходят Рионо-Куринский линеамент по линии Акстафа—Шамхор—Кировабад, Севан-Зангезурский линеамент, Хопа-Агдамская, Присеванская и Северо-севанская линеаментные зоны общекавказского простираения, а также Ереван-Севанский, Арагацский, Барда-Октемберянский, Нахичеван-Шамхорский и Джульфа-Кировабадский линеаменты северо-восточного простираения.

Очаги землетрясений Варденис-Кировабадского региона с $M \geq 4$ в основном приурочены к Кировабадской зоне разломов (Рионо-Куринскому линеаменту по КС), Алаверди-Арцахшенскому разлому (Хопа-Агдамскому линеаменту), к Базумо-Севанской

зоне разломов (Севано-Акеринскому разлому), а также к Джульфа-Кировабадской линеаментной зоне. Менее сейсмоактивными являются глубинный разлом, отделяющий Присеванскую тектоническую зону от Кафанской, Арарат-Севанский разлом северо-восточного простираения и Нахичезан-Шамхорская линеаментная зона. Наименьшую сейсмическую активность в пределах региона проявляют Ереван-Севанская линеаментная зона север-северо-восточного простираения и Арагацкий линеамент северо-восточного простираения. Вообще асейсмичным (в смысле сильных землетрясений с $M \geq 4$) в пределах Варденис-Кировабадского региона является Ширак-Зангезурский разлом (Севан-Зангезурский линеамент). За все историческое время здесь не были отмечены землетрясения с $M \geq 4$.

IX регион назван нами Зангезурским условно, так как регион охватывает территорию значительно большую, чем район Зангезура. В регион, кроме Зангезурского, входят территории Карабаха, Нахичевана, а также северные и северо-западные части Ирана с районами городов Тебриз, Меренд, Ахар, Хой и северной части оз. Резайе.

Зангезурский регион известен разрушительными землетрясениями. Начиная с 735 г., когда произошло разрушительное Вайоцзорское землетрясение [157, 121, 38, 158], в регионе неоднократно отмечались сильные землетрясения. На рис. 9 дано расположение эпицентров землетрясений, ощущавшихся силой 5 и более баллов, а на рис. 10—силой 7 и более баллов. Как следует из рис. 9 и 10, очаги крупных землетрясений с $M \geq 5$ расположены в районе Зангезура и Иранских городов Тебриза, Хоя, Сельмаса и Меренда, очаги же сильных землетрясений с $M \geq 4$ расположены по всему региону. Однако на территории региона имеются также асейсмичные области, где за все историческое время не были отмечены землетрясения силой 5 и более баллов. Асейсмичными в регионе являются восточная, пограничная с Талышским регионом, полоса шириной примерно 50 км (за исключением северо-востока, где в 1861 г. произошло Южно-Азербайджанское землетрясение с $M=6$), а также полоса территории, расположенная между городами Хой и Мерген, которая протягивается от западной границы региона почти на 80 км в близширотном направлении.

Согласно А. Т. Асланяну [16], через регион проходит Арагатская зона разломов, Ереванский глубинный разлом, Ани-Ордубадская зона разломов, глубинный разлом, отделяющий Кафанскую тектоническую зону от Присеванской интрагеосинклинали, а также Ширак-Зангезурский глубинный разлом (Анкаван-Сюникский по А. А. Габриеляну [55]). Анкавано-Сюникская зона разломов в районе Зангезура имеет ширину 15—20 км и

представлена тремя параллельными разломами с протяжением от р. Аракс на юге и до р. Воротан на северо-западе. Это Хуступ-Гиратахский взбросового, Таштунский (Дебаклинский) сбросового типа и Гехинский взбросо-надвигового характера разломы [55].

Кроме этих крупных глубинных разломов общекавказского простиранья, через регион проходит также ряд других региональных разломов. К их числу относятся взбросо-надвигового типа Кавартский, сбросового характера Горисский и Воротанский разломы, которые протягиваются в северо-западном направлении, а также проходящий по р. Вохчи в субширотном направлении разлом взбросо-сдвигового типа [55]. Последний разлом был прослежен по геофизическим данным сначала на территории Армянской ССР, а затем и в Нахичеванской АССР и назван Нахичеван-Кафанским. Вдоль северной границы Зангезурского региона по территории Армянской ССР и Нахичеванской АССР, согласно геофизическим данным, проходит также субширотный Арени-Джермукский разлом [10, 123]. Согласно геофизическим данным, южнее Арени-Джермукского разлома проходит еще один субширотный, Карабахлар-Горисский разлом, а в субмеридиональном направлении через регион протягивается Джульфа-Иджеванский глубинный разлом [123].

В зарубежной части Зангезурского региона через территорию Ирана проходит Пальмиро-Апшеронский разлом северо-восточного простиранья, имеющий сдвига-сбросовый характер [55]. К западу от этого разлома, согласно А. А. Габриеляну, О. А. Саркисяну и Г. П. Симоняну, прослеживается крупный разлом, проходящий западнее оз. Ван, через вулканы Немрут, Сипан и Тендурек и далее к северо-востоку по направлению к Воротанскому сдвигу [55]. На юго-западе региона по территории Ирана проходят Салмасский и Северо-Тавризский разломы северо-западного простиранья и разлом Дерик северо-восточного простиранья [190].

На территории Зангезурского региона имеются полученные при дешифрировании космических снимков линеаменты различных направлений, из которых основными являются имеющие общекавказское простиранье Присеванская и Северосеванская линеаментные зоны, Севан-Зангезурский линеамент, входящий в Эльбурс-Закавказскую линеаментную серию, и Приереванская линеаментная зона, а также имеющие северо-восточное простиранье Пальмиро-Апшеронский линеамент, Джульфа-Кировабадская линеаментная зона и Урмия-Махачкалинский линеамент, в который входит Нахичеван-Шамхорская линеаментная зона [18, 97].

Землетрясения Зангезурского региона в основном приурочены к Анкавано-Сюникскому, Пальмиро-Апшеронскому, Ани-Ордубадскому и Ереванскому глубинным разломам, а также к юж-

ной ветви Северо-Анатолийского разлома на территории Ирана и к Северному Тавризскому разлому, который, возможно, является юго-восточным продолжением южной ветви Северо-Анатолийского разлома. При этом очаги наиболее сильных землетрясений с $M \geq 5$ и наибольшая их плотность отмечаются вдоль южной ветви Северо-Анатолийского разлома и Северного Тавризского разлома. Самым крупным сейсмическим событием в регионе за все историческое время было Дилманское землетрясение 6 мая 1930 г. с магнитудой $7\frac{1}{4}$ [90]. Очаг этого землетрясения приурочен к Салмасскому разлому.

X—Талышский регион, как нами было отмечено ранее [90], характеризуется малым количеством землетрясений с $M \geq 4$. За все время наблюдений, начиная с 893 г., когда произошло первое разрушительное Ардебильское землетрясение, и по 1985 г. в регионе было отмечено всего 29 землетрясений силой 5 и более баллов, из которых 28 были основными толчками. При этом за последние пять лет (1981—1985 гг.) рассматриваемого периода в регионе было отмечено всего одно землетрясение такой силы. Расположение эпицентров основных землетрясений дано на рис. 9, а эпицентры крупных землетрясений, ощущавшихся с силой 7 и более баллов, показаны на рис. 10. Как следует из этих рисунков, очаги землетрясений в регионе располагаются двумя полосами шириной примерно 50 км каждая: одна в широтном направлении, проходящая через г. Арdebиль, а другая—вдоль северной и восточной границы региона параллельно линии раздела между Малым Кавказом и Куринской низменностью. Западная часть региона (за исключением северо-запада, где на границе с Зангезурским регионом в 1861 г. произошло Южно-Азербайджанское землетрясение) является асейсмичной. Как было сказано выше, в соседнем Зангезурском регионе восточная часть именно в этой области является асейсмичной. Таким образом, два асейсмичных района в двух соседних регионах, по-видимому, представляют одну общую асейсмичную область, на северной, восточной и юго-восточной границе которой имели место крупные землетрясения с $M \geq 6$.

На территории Талышского региона имеются разломы различных направлений. Через крайний северо-запад региона проходит Пальмиро-Апшеронский разлом северо-восточного простираения, с которым в районе г. Солтанлы сочленяется Дашт-Могханский разлом широтного простираения, вдоль северо-восточной и восточной границы региона проходит разлом Астара, юго-западнее которого протягиваются Херовабадский и Восточный Ардебильский разломы [190]. Три последних разлома в районе г. Астара мак-

симально сближаются, а затем расходятся и тянутся в северо-западном направлении.

Согласно схеме линеаментов, полученных при дешифрировании космических снимков [18], через Талышский регион проходят крупные Пальмиро-Апшеронский линеамент северо-восточного простираения, Эльбурс-Закавказская линеаментная серия северо-западного простираения и Бушир-Дербентский линеамент также северо-западного простираения.

В регионе за все историческое время были отмечены четыре землетрясения с $M \geq 6$, в том числе три Ардебильских и одно Южно-Азербайджанское. Очаги Ардебильских землетрясений приурочены к Восточному Ардебильскому разлому, а очаг Южно-Азербайджанского землетрясения—возможно, к Дашт-Могханскому разлому. Очаги землетрясений с $M \geq 5$ в северной части региона, по-видимому, приурочены к Пальмиро-Апшеронскому разлому. Полоса эпицентров землетрясений, тянущаяся вдоль северной и восточной границ региона, расположена между разломами Астара, Херсвабадским и Восточным Ардебильским. К этим разломам, по всей вероятности, и приурочены очаги указанных землетрясений.

Проведенный нами анализ сейсмических условий ранее [90] и в настоящей главе, а также сопоставление расположения сильных землетрясений с разломами на территории Армянского нагорья, рассматриваемыми как возможные границы блоков в земной коре исследуемой территории, показало, что не все, даже крупные, разломы являются сейсмичными и при этом отдельные разломы сейсмичны в определенных участках, а не по всей длине. Окончательные выводы о приуроченности землетрясений к тем или иным разломам будут нами приведены во II и III главах настоящей работы после определения механизма очагов землетрясений Армянского нагорья и использования их с этой целью.

На рис. 10 показаны предварительные границы блоков земной коры на исследуемой территории. При этом сплошными линиями показаны границы блоков первого порядка, проведенные нами согласно расположению эпицентров землетрясений силой 8 и выше баллов, пунктирными линиями—границы блоков второго порядка, проведенные по данным семибалльных землетрясений, а штрих-пунктирными линиями—границы блоков третьего порядка, проведенные по данным землетрясений силой 6 и менее баллов. Эти границы блоков будут уточнены после определения механизма очагов землетрясений, и в III главе настоящей работы будет дана блоковая схема строения земной коры Армянского нагорья.

ГЛАВА II

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ОЧАГАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ МЕХАНИЗМ

Изучение механизма очагов землетрясений и установление напряженного состояния в них имеет большое значение при решении проблем механизма возникновения и прогноза землетрясений.

В настоящей главе приводятся результаты проводившихся нами многолетних исследований по определению напряженного состояния в очагах землетрясений. При этих исследованиях нами использованы два метода: 1) метод В. И. Кейлис-Борока, основанный на классической теории мультиполей и плоских волн, а также на работах по функционально-инвариантным решениям уравнений теории упругости; 2) метод А. В. Введенской, основанный на теории дислокаций. По методу В. И. Кейлис-Борока определены динамические параметры очагов 10 землетрясений, происшедших в Армении и прилегающих областях Азербайджана, Грузии, Ирана и Турции в период с 1946 по 1953 гг. По методу А. В. Введенской определены механизмы очагов свыше 150 землетрясений Армянского нагорья за период с 1954 по 1985 гг. При этом анализ полученных данных проводится по отдельным сейсмоактивным регионам, а затем для всей исследуемой территории Армянского нагорья в целом.

§ 1. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЕНИИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ОБЛАСТЕЙ АЗЕРБАЙДЖАНА, ГРУЗИИ, ИРАНА И ТУРЦИИ

Метод изучения процессов в очаге землетрясения путем определения динамических параметров очага был предложен В. И. Кейлис-Бороком [101, 102].

Согласно этому методу, математическая модель очага представляется в виде точечного источника, который, будучи помещенным

в очаге землетрясения, вызвал бы в точке наблюдения заданные колебания. При этом среда, в которой распространяются волны (между очагом и станциями), должна быть однородной, изотропной и идеально упругой, а линейные размеры очага должны быть малы по сравнению с гипоцентральной расстоянием и длинами волн. Очаги принимаются соответствующими различным точечным источникам [103].

Этот метод определения динамических параметров очага землетрясения позволяет установить характер, величину и направление сил, действующих в очаге, и, следовательно, характер разрыва, ориентацию плоскости разрыва и направление подвижки.

Метод В. И. Кейлис-Борока использован нами при интерпретации сейсмических наблюдений над землетрясениями Армении и прилегающих областей Азербайджана, Грузии, Ирана и Турции, происшедших в период с 1946 по 1953 гг. Определить динамические параметры очагов всех землетрясений исследуемого региона за этот период оказалось невозможным вследствие недостаточности материала по отдельным землетрясениям. Для этой цели было отобрано десять землетрясений с достаточно четкой записью колебаний [79].

Динамические характеристики очагов этих землетрясений были определены по знакам смещения от продольной волны P и по отношениям амплитуд смещения земной поверхности при вступлении сейсмических волн: P/S и P/S_n , где P —продольная волна, S —поперечная волна, а S_n —компонента поперечной волны, перпендикулярная плоскости падения. Знаки смещения от остальных волн нами не использованы как менее достоверные.

В результате обработки во всех десяти случаях получены две нодальные линии. Следовательно, исключено действие простой силы, соответствующей толчку в одном направлении. Так как смещение от продольной волны во всех рассмотренных случаях по меньшей мере один раз меняет знак, то действие двойной силы без момента, соответствующего трещине отрыва, также исключено. Действие центра вращения, соответствующего приближенно разрывному смещению с вращением крыльев в плоскости сместителя, также невозможно, так как поперечные волны не во всех точках значительно интенсивнее продольных [103]. Таким образом, во всех десяти случаях оказалось, что действует двойная сила с моментом. Это указывает на то, что в очаге произошло разрывное смещение.

Для сильных землетрясений 15 августа 1947 г., 2 ноября 1951 г. и 13 августа 1951 г. был применен способ определения динамических параметров очага по записям удаленных станций, предложенный А. В. Введенской, а также использованы знаки смеще-

ний по записям близких станций. Как для близких, так и для далеких станций построения велись на сетке Вульфа [49]. Удобное расположение станций Советского Союза по отношению к эпицентрам отобранных землетрясений позволило достаточно точно провести нодальные линии, на которых равны нулю смещения от продольных и поперечных волн (или от отдельных компонент поперечной волны). Так как для двойной силы с моментом плоскость $y=0$, на которой смещения в продольных и поперечных волнах обращаются в нуль, совпадает с плоскостью разрыва в очаге, то, следовательно, построив нодальную линию $y=0$, можно определить ориентацию этой плоскости в очаге и направление ее смещения.

Результаты обработки сведены в табл. 4. На рис. 11 показано расположение следов плоскостей разрывов на земной поверхности.

Таблица 4

Динамические параметры очагов землетрясений Армении и прилегающих областей Азербайджана, Грузии, Ирана и Турции

№№ п/п	Дата землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Действующая сила в очаге	Азимут прости- рания плоско- сти разры- ва, град.	Угол падения плоско- сти разры- ва, град.	Направлен. смещения со стороны висячего крыла	Угол между висячим кры- лом и гори- зонтальной плоскостью, град.
1	15.VIII 1947 04 11	Двойная сила с моментом	100	74	ЮЗ, вниз	71
2	15/VIII 1947 04 58	— " —	107	72	ЮЗ, вниз	62
3	13/VIII 1951 18 58	— " —	70	80	СЗ, вверх	14
4	20/X 1951 23 22	— " —	21	84	ЮВ, вверх	62
5	21/X 1951 00 14	— " —	22	84	ЮВ, вверх	62
6	21/X 1951 03 10	— " —	69	52	ЮВ, вверх	46
7	2.XI 1951 21 55	— " —	107	80	ЮЗ, вниз	74
8	12.XI 1951 17 55	— " —	78	34	ЮВ, вверх	29
9	4/I 1952 15 01	— " —	102	80	ЮЗ, вверх	76
10	18/IV 1952 05 26	— " —	152	29	ЮЗ, вверх	20

Точность определения азимутов простираения плоскостей разрывов в очагах, указанных выше трех сильных землетрясений, когда динамические параметры определялись по наблюдениям региональных и телесейсмических станций, равна $\pm 10-15^\circ$. В ос-

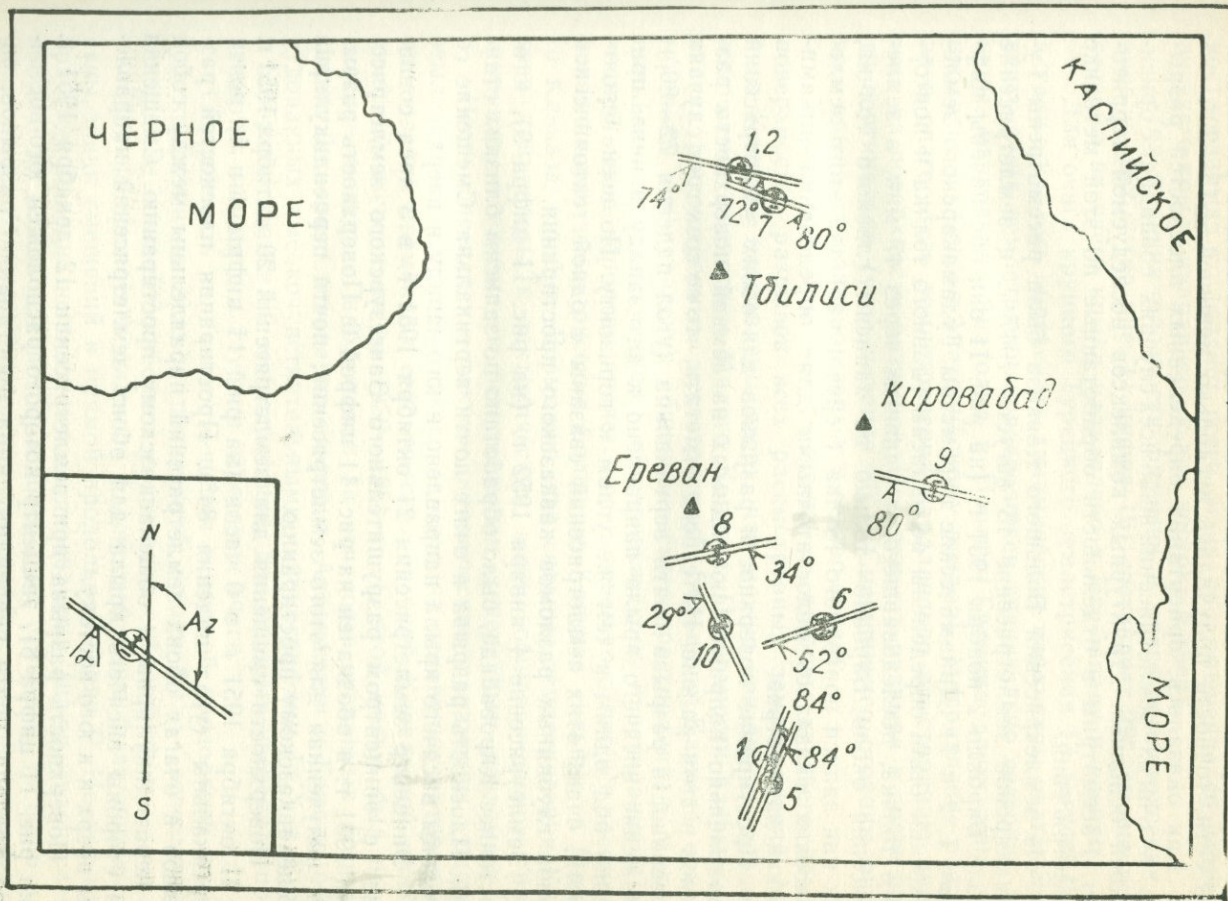


Рис. 11. Расположение следов плоскостей разрывов на земной поверхности. A_z — азимут простирания плоскости разрыва в очаге, α — угол падения плоскости разрыва, + движение крыла вверх, — движение крыла вниз.

тальных случаях, когда использовались данные только региональной сети, точность получалась несколько меньшей $\pm 15-20^\circ$.

Как оказалось, ориентация определенных плоскостей разрывов в очагах землетрясений не во всех случаях совпадает с ориентацией основных структурных комплексов исследуемой территории. Рассмотрим в отдельности обработанные по этой методике землетрясения.

Из землетрясений Большого Кавказа были рассмотрены Гудамарское землетрясение 15 августа 1947 г. и землетрясение около Барбало 2 ноября 1951 г. (на рис. 11 они обозначены цифрами 1, 2 и 7). Динамические параметры Гудамарского землетрясения были определены по записям главного толчка и повторного толчка, следовавшего за главным через 47 мин, а землетрясения около Барбало—только по записям главного толчка, так как записи повторного толчка (через 1 час) для этого землетрясения оказались недостаточными для определения динамических параметров.

Простираание поверхности разрывов для обоих землетрясений параллельно направлению видимых на земной поверхности разрывов в этом районе. Интересно отметить, что во всех трех случаях поверхность разрыва почти вертикальна (угол падения $72-80^\circ$); движение висячего крыла направлено к юго-западу и вниз, примерно под одним и тем же углом к горизонту. По всей вероятности, очаги этих землетрясений связаны с одной тектонической зоной глубинных разломов кавказского простираания.

Землетрясение 4 января 1952 г. (на рис. 11 цифра 9), юго-восточнее Кировабада, было обработано по записям близких станций. Плоскость разрыва в очаге почти вертикальна. Смещение со стороны висячего крыла направлено к юго-западу и вверх.

Эпицентр землетрясения 21 октября 1951 г. в 3 часа совпадает с эпицентром разрушительного Зангезурского землетрясения 1931 г. и обозначен на рис. 11 цифрой 6. Поверхность разрыва, полученная для этого землетрясения, почти перпендикулярна общекавказскому простираанию.

Поверхности смещения для землетрясений 20 октября 1951 г. и 21 октября 1951 г. в 0 часов (на рис. 11 цифры 4 и 5) почти вертикальны (угол падения 84°). Простираания плоскостей разрывов в очагах обоих землетрясений параллельны между собой и перпендикулярны к общекавказскому простираанию. Смещения со стороны висячего крыла для обоих землетрясений направлены вверх и к юго-востоку.

Поверхность разрыва при землетрясении 12 декабря 1951 г. (на рис. 11 цифра 8), эпицентр которого расположен юго-восточнее Еревана, почти перпендикулярна простираанию разрывов, ви-

димых на земной поверхности в этом районе. Угол падения плоскости разрыва составляет всего лишь 34° , смещение со стороны висячего крыла направлено к юго-востоку и вверх.

Угол падения плоскости разрыва в очаге землетрясения 18 апреля 1952 г. (на рис. 11 цифра 10) составляет 29° , смещение со стороны висячего крыла направлено к юго-западу и вверх.

Для очага крупного Турецкого землетрясения 13 августа 1951 г. также удалось определить динамические параметры очага. Эпицентр этого землетрясения расположен значительно севернее Анкары, на границе Анатолид и Понтид. Граница двух этих зон проходит по Северо-Анатолийскому разлому. Направление разрыва в очаге этого землетрясения параллельно простиранию видимых на поверхности разрывов. Поверхность разрыва в очаге почти вертикальна (угол падения 80°). Смещение со стороны висячего крыла направлено вверх и к северо-западу.

Можно отметить, что смещения со стороны висячего крыла поверхностей разрывов всех рассмотренных землетрясений Малого Кавказа направлены вверх, что можно связать с продолжающимся поднятием Малого Кавказа. Поверхности разрывов в очагах рассмотренных землетрясений Большого Кавказа ориентированы в направлении общекавказского простирания, а Малого Кавказа—перпендикулярно к общекавказскому простиранию. Последний вывод, вероятно, является следствием того, что все рассмотренные нами землетрясения Большого Кавказа сильные, а Малого Кавказа—слабые. Возможно, что сильные землетрясения Кавказа приурочены к тектоническим зонам общекавказского простирания, а слабые—к региональным поперечным разломам.

Нами определены также динамические параметры очагов землетрясений Ахалкалакского нагорья на основании материалов наблюдений временных сейсмических станций Кавказской геофизической экспедиции за 1950—1951 гг. С этой целью был пересмотрен материал наблюдений за эти годы временных станций Цихис-Джвари, Степанаван, Вардзия, Ахалкалаки и Гандза, оборудованных высокочувствительными сейсмографами ГСХ и ВСХ, и отобраны записи 22 землетрясений, для которых уверенно определяются эпицентр и глубина залегания очага.

Определив величину смещения в прямой продольной волне и в компонентах прямой поперечной волны было невозможно вследствие незнания рабочего увеличения сейсмографов.

Для построения нодальных плоскостей нами были использованы знаки смещений в прямой продольной волне Р. Но так как при этом решение не получается однозначным (из-за малочисленности и не всегда удачного расположения станций), то было решено привлечь также отношение смещений в прямой продольной

Динамические параметры очагов землетрясений Ахалкалакского нагорья

№ п/п	Дата землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Действующая сила в очаге	Азимут простира- ния плос- кости разрыва, град	Угол падения плоскост. разрыва, град.	Направление смещения со- стороны висячего крыла	Угол между висячим кры- лом и гори- зонтальной плоскостью град.
1	11/VIII 1950 21 28	Двойная сила с моментом	116	70	СВ, вверх	70
2	17/VIII 1950 22 27	— „ —	150	74	СВ, вверх	70
3	24/VIII 1950 09 01	— „ —	131	50	ЮЗ, вниз	50
4	6 IX 1950 03 06	— „ —	121	60	СВ, вверх	60
5	10 IX 1950 05 31	— „ —	108	75	СВ, вниз	74
6	13 IX 1950 07 50	— „ —	107	72	СВ, вверх	70
7	23 IX 1950 03 52	— „ —	159	20	ЮЗ, вверх	18
8	24 IX 1950 18 37	— „ —	134	50	СВ, вниз	49
9	30 IX 1950 01 41	Прост. сила или двойная сила с мом	204 123	80	СВ, вверх	80
10	16 X 1950 08 54	Двойная сила с моментом	125	60	СВ, вниз	60
11	14 XI 1950	Прост. сила или двойная сила с мом	63 144	20	ЮЗ, вниз	20
12	6 XII 1950 00 46	Двойная сила с моментом	129	54	СВ, вверх	50
13	11 XII 1950 13 59	Прост. сила или двойная сила с мом	228 126	20	СВ, вверх	20
14	20 XII 1950 12 22	Двойная сила с моментом	163	31	ЮЗ, вниз	30
15	24 XII 1950 20 35	Прост. сила или двойная сила с мом	223 129	70	СВ, вверх	70
16	17 I 1951 04 36	Двойная сила с моментом	142	56	ЮЗ, вверх	48
17	17 I 1951 10 44	Прост. сила или двойная сила с мом	232 136	50	СВ, вниз	50
18	19 I 1951 01 43	Двойная сила с моментом	109	64	СЗ, вниз	60
19	21 I 1951 23 38	Прост. сила или двойная сила с мом	210 136	60	СВ, вниз	60
20	4 IV 1951 12 21	Двойная сила с моментом	154	84	СВ, вверх	84
21	26 IV 1951 15 35	— „ —	174	30	СВ, вверх	
22	27 IV 1951 23 19	— „ —	107	26	СВ, вниз	20

к прямой поперечной волне на каждой станции. Это отношение берется приближенным; следовательно, полученные динамические параметры очагов являются ориентировочными.

Определенные таким путем динамические параметры сведены

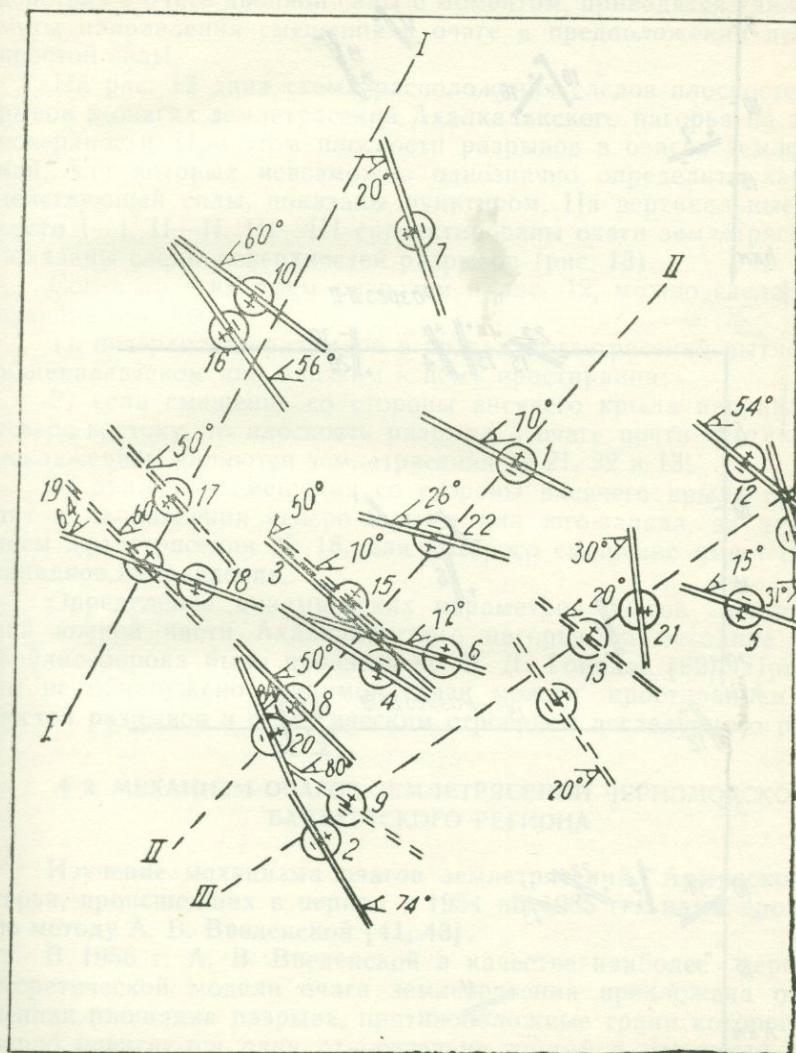


Рис. 12. Расположение следов плоскостей разрывов в очагах землетрясений Ахал-калакского нагорья на земной поверхности.

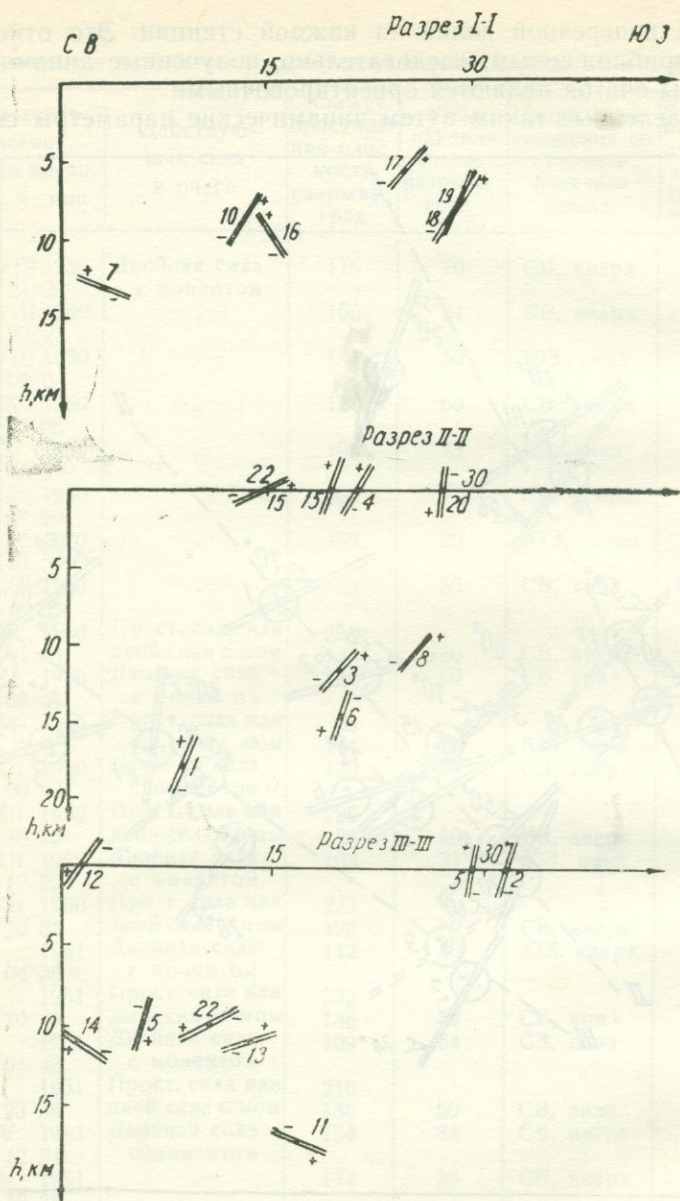


Рис. 13. Расположение следов плоскостей разрывов в очагах землетрясений Ахалкалакского нагорья на вертикальных плоскостях I—I, II—II, III—III.

в табл. 5. В 16 из 22 случаев удалось однозначно определить, что очаг эквивалентен двойной силе с моментом; в 6 случаях можно предположить как действие двойной силы с моментом, так и простой силы. В этих случаях в табл. 5, кроме данных для случая действия в очаге двойной силы с моментом, приводятся также азимуты направления смещения в очаге в предположении действия простой силы.

На рис. 12 дана схема расположения следов плоскостей разрывов в очагах землетрясений Ахалкалакского нагорья на земной поверхности. При этом плоскости разрывов в очагах землетрясений, для которых невозможно однозначно определить характер действующей силы, показаны пунктиром. На вертикальные плоскости I—I, II—II, III—III спроектированы очаги землетрясений и показаны следы поверхностей разрывов (рис. 13).

Согласно этим трем разрезам и рис. 12, можно сделать следующие выводы:

1) поверхности разрывов в очагах землетрясений вытянуты в общекавказском или близком к нему простирании;

2) если смещение со стороны висячего крыла направлено к северо-востоку, то плоскость разрыва в очаге почти вертикальна; исключением являются землетрясения № 21, 22 и 13;

3) движение смещения со стороны висячего крыла происходит в направлении северо-востока или юго-запада, за исключением землетрясения № 18, для которого смещение имеет северо-западное направление.

Определение динамических параметров очагов землетрясений южной части Ахалкалакского нагорья по методике В. И. Кейлис-Борока было произведено О. Д. Гоцадзе [62]. При этом им не обнаружено видимой связи между простиранием плоскостей разрывов и геологическим строением исследуемого района.

§ 2. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЧЕРНОМОРСКО-БАЙБУРТСКОГО РЕГИОНА

Изучение механизма очагов землетрясений Армянского нагорья, происшедших в период с 1954 по 1985 гг., нами проведено по методу А. В. Введенской [41, 43].

В 1956 г. А. В. Введенской в качестве наиболее вероятной теоретической модели очага землетрясения предложена ограниченная площадка разрыва, противоположные грани которого внезапно сдвигаются одна относительно другой в плоскости скольжения. Пользуясь теорией дислокаций, А. В. Введенская показала, что поле смещений для такого источника будет аналогично

полю смещений двух равных по величине взаимно перпендикулярных двойных сил растяжения и сжатия без момента, направленных под углом 45° к плоскости разрыва. Согласно А. В. Введенской, эти силы равны и противоположны по направлению тем силам, которые до появления разрыва определяли в сплошной среде в каждой точке будущего разрыва тензор напряжений, снимаемых в момент появления разрыва, и, следовательно, эта система сил в пределах каждой элементарной площадки образует тензор. Система двух равных по величине перпендикулярных двойных сил без момента, полученная А. В. Введенской на основании теории дислокаций, и предложена ею в качестве силовой модели очага.

Изучены механизмы очагов свыше 150 землетрясений Армянского нагорья. Определение положения двух возможных плоскостей разрывов и ориентаций осей главных напряжений в очагах землетрясений осуществлялось по распределению знаков смещений в первых вступлениях продольных волн. Учитывая, что характер проявления сейсмичности и механизм очагов для всей исследуемой территории могут быть не однозначными, анализ проводится по отдельным сейсмоактивным регионам. В настоящем параграфе приводятся результаты определения и анализа механизма очагов землетрясений Черноморско-Байбуртского региона.

При исследовании механизма очагов землетрясений этого региона как и всех остальных 9 регионов исследуемой территории Армянского нагорья (результаты которых приведены в последующих параграфах настоящей главы) все построения велись на сетке Вульфа в проекции верхней полусферы [49, 144]. В результате этих построений определены ориентации двух возможных плоскостей разрывов, компоненты подвижки в этих плоскостях, а также ориентации осей главных напряжений в очагах землетрясений. Полученные результаты сведены в соответствующие таблицы. Плоскость I в этих таблицах является плоскостью разрыва в очаге землетрясения. Ее простирание в основном совпадает с направлением известных тектонических разломов на исследуемой территории или линеаментов, выявленных по космическим снимкам, с направлением вытянутости афтершоковой области, а также с направлением большей оси первой изосейсты, определенной по макросейсмическим данным. В случаях, когда по имеющимся данным невозможно однозначное проведение нодальных плоскостей, в таблицах даны все возможные варианты для этих землетрясений. При этом в первой строке приведены результаты того варианта, который принят в качестве решения.

Нами исследованы механизмы очагов трех землетрясений Черноморско-Байбуртского региона [92]. При этом два землетрясения—19 января 1979 г. и 18 октября 1980 г.—отмечены у Севе-

ро-Анатолийского разлома при двух его ветвях в районе Чифтли-ка и Байбурта, а третье землетрясение произошло 12 августа 1976 г. в Хопа-Агдамской линеаментной зоне в 30 км северо-западнее г. Артвина в районе г. Хопы. Основные параметры этих землетрясений приведены в табл. 6. Полученные результаты по исследованию механизмов очагов землетрясений Черноморско-Байбуртского региона даны в табл. 7. Согласно этой таблице, плоскости разрыва в очагах землетрясений 19 января 1979 г. и 18 октября 1980 г. круто падают к юго-востоку (углы падения равны соответственно 88° и 80°) и имеют широтное простирание, совпадающее с направлением Северо-Анатолийского разлома. В очагах этих землетрясений имел место чистый сдвиг. При этом в очаге землетрясения 19 января 1979 г. произошел левосторонний сдвиг, а в очаге землетрясения 18 октября 1980 г.—правосторонний сдвиг. Различное направление сдвигов, по-видимому, можно объяснить тем, что очаги этих землетрясений приурочены к разным ветвям Северо-Анатолийского разлома.

Плоскость разрыва в очаге землетрясения 12 августа 1976 г. также имеет широтное простирание и по направлению совпадает с Хопа-Агдамской линеаментной зоной [97]. Плоскость разрыва в очаге этого землетрясения также падает к юго-востоку, но менее круто (угол падения составляет 60°), чем в двух предыдущих случаях. В очаге землетрясения 12 августа 1976 г. произошел сброс со значительной долей правостороннего сдвига, т. е. сбросо-сдвиг.

На рис. 14 на сетке Вульфа дана ориентация осей главных напряжений в очагах рассмотренных землетрясений Черноморско-Байбуртского региона. Из этого рисунка и табл. 7 следует, что оси напряжений сжатия ориентированы в северо-восточном или юго-восточном направлениях примерно под углом 45° к направлению разломов или линеаментов, к которым приурочены очаги этих землетрясений. При этом для землетрясений Северо-Анатолийского разлома оси сжатия направлены горизонтально, а для землетрясения Хопа-Агдамской линеаментной зоны—близвертикально. Обратная картина наблюдается для осей промежуточного напряжения, а именно—эти оси для Северо-Анатолийских землетрясений близвертикальны, для землетрясения Хопа-Агдамской линеаментной зоны—близгоризонтальны. Оси промежуточных напряжений ориентированы в северном или северо-западном направлениях. Оси напряжений растяжения для всех трех землетрясений имеют близгоризонтальное направление. Следует отметить, что оси напряжений растяжения в очагах двух Северо-Анатолийских землетрясений имеют почти одинаковые углы падения,

Таблица 6

Основные параметры землетрясений Черноморско-Байбуртского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
		φ° N	λ° E				
1	12/VIII 1976 09 37	41 24	41 36	10	3 ³ / ₄	10 - 11	30 км к СЗ от Артвина Чифтлик Байбурга
2	19/I 1979 23 33	40 01	39 26	5	4 ³ / ₄	—	
3	18/X 1980 03 14	40 02	40 15	15	4 ³ / ₄	12 - 13	

Таблица 7

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Черноморско-Байбуртского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
		вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки		сжатия		промежуточное		растяжения	
		A°	e°	по простиранию	по падению	A°	e°	по простиранию	по падению	A°	e°	A°	e°	A°	e°
1	12/VIII 1976 09 37	179	60	+0,43	-0,87	47	40	-0,66	-0,75	132	63	285	25	20	11
2	19/I 1979 23 36	179	88	-1,00	+0,07	89	86	+1,00	+0,03	44	1	293	86	135	4
3	18/X 1980 03 14	170	80	+1,00	+0,03	260	88	-0,98	+0,17	123	6	1	80	215	9

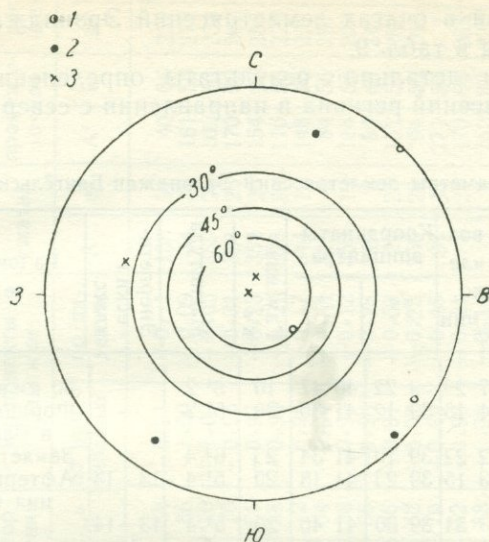


Рис. 14. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Черноморско-Байбуртского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

но взаимно перпендикулярны. Это относится и к осям напряжений сжатия, а также к осям промежуточных напряжений.

§ 3. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЭРЗИНДЖАН-БИНГЕЛЬСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 18 землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона [92]. При этом 8 землетрясений являются основными толчками, а 10—афтершоками. Исследованы очаги крупных землетрясений с $M \geq 5$, отмеченных в районе Карлыовы, Киги и Черме, а также разрушительных землетрясений с $M = 6^{3/4}$, происшедших в Варто, Бингёле и Лидже. Основные параметры рассмотренных землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона приведены в табл. 8. Как следует из этой таблицы, магнитуда как основных толчков, так и афтершоков $M \geq 4^{1/2}$. Следовательно, энергетический класс рассмотренных землетрясений $K \geq 12$.

Результаты определения ориентаций разрывов и осей глав-

ных напряжений в очагах землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона даны в табл. 9.

Рассмотрим детально результаты определения механизма очагов землетрясений региона в направлении с севера на юг.

Таблица 8

Основные параметры землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона

№№ п п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, , мин	Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
		$\phi^{\circ}N'$	$\lambda^{\circ}E'$				
1	31/VIII 1965 07 29	39 22	40 47	10	5 ¹ / ₂	—	30 км к СЗ от Карлыова
2	7/III 1966 01 16	39 12	41 36	20	5 ¹ / ₂	—	Форшок землетрясения в Варто
3	19/VIII 1966 12 22	39 10	41 34	25	6 ³ / ₄	—	Землетрясение в Варто
4	19/VIII 1966 13 15	39 25	41 18	20	5 ¹ / ₄	13—14	Афтершок землетрясения в Варто
5	19/VIII 1966 13 54	39 00	41 46	20	5 ¹ / ₄	13—14	— " —
6	19/VIII 1966 14 17	39 20	41 15	25	5	13	— " —
7	19/VIII 1966 18 41	39 03	41 29	20	4 ³ / ₄	12—13	— " —
8	20/VIII 1966 11 59	39 25	40 59	30	6 ¹ / ₄	—	— " —
9	20/VIII 1966 12 01	39 10	40 42	30	5 ¹ / ₂	—	— " —
10	26/VII 1967 18 53	39 32	40 23	25	6	—	Черме
11	18/IX 1968 06 17	39 49	40 14	20	4 ¹ / ₂	12	30 км к СВ от Селепюра
12	24/IX 1968 04 19	39 11	40 17	10	5	—	Киги
13	25/IX 1968 20 52	39 14	40 17	20	4 ¹ / ₂	12	Афтершок землетрясения в Киги
14	10/IX 1969 12 14	39 15	41 23	25	5 ¹ / ₄	—	Карлыова
15	22/V 1971 16 44	38 51	40 31	15	6 ³ / ₄	—	Бингёльское
16	6 IX 1975 09 20	38 31	40 49	20	6 ³ / ₄	—	Землетрясение в Лидже
17	6/IX 1975 10 52	38 28	40 49	25	5	—	Афтершок землетрясения в Лидже
18	6/IX 1975 12 10	38 20	40 34	5	4 ³ / ₄	—	— " —

Нами исследован очаг землетрясения 18 сентября 1968 г. с $M=4\frac{1}{2}$, расположенный в северной части региона в долине р. Карасу, в районе пересечения Северо-Анатолийского и Восточно-Анатолийского разломов. Простираение разрыва в очаге этого землетрясения имеет 64° и совпадает по направлению с Восточно-Анатолийским разломом. Падение плоскости разрыва к северо-западу под углом 54° . В очаге произошел левосторонний сдвиг. Оси напряжения сжатия и промежуточного напряжения ориентированы в близмеридиональном направлении, а ось напряжения растяжения в близширотном направлении. При этом оси напряжений сжатия и растяжения близгоризонтальны.

Таблица 9

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона

№№ п п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
		вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки		сжатия		промежуточное		растяжения	
		А°	е°	по прос- ираию	по па- дению	А°	е°	по про- тиранию	по па- дению	А°	е°	А°	е°	А°	е°
1	31 VIII 1965 07 29	202	66	+0.99	+0.14	296	84	-0.91	+0.1	158	11	40	66	252	21
2	7/III 1966 01 16	334	50	+0.63	-0.78	68	86	-1.00	-0.09	34	36	161	50	279	29
3	19/VIII 1966 12 22	16	88	+0.77	-0.64	284	50	-1.00	-0.05	339	29	109	51	233	25
4	19/VIII 1966 13 15	44	74	+0.93	-0.37	309	70	-0.95	-0.31	358	26	170	63	267	3
5	19/VIII 1966 13 54	37	78	+0.91	-0.42	302	66	-0.97	-0.23	352	26	154	63	258	7
6	19/VIII 1966 14 17	10	80	+0.85	-0.53	274	58	-0.98	-0.21	328	30	116	56	229	14
7	19.V.II 1966 18 41	28	80	+0.95	-0.31	296	72	-0.98	-0.17	344	19	148	70	252	4
8	20/VIII 1966 11 59	204	72	+0.88	+0.47	304	64	-0.94	+0.34	346	5	84	56	251	33
9	20/VIII 1966 12 01	216	84	+0.82	+0.57	310	56	-0.99	+0.12	358	19	118	55	257	23
10	26/VII 1967 18 53	202	76	+0.91	+0.41	298	66	-0.96	+0.28	342	6	84	62	248	27
11	18/IX 1968 06 17	334	54	-1.00	+0.63	242	88	+0.81	+0.59	24	23	151	54	282	26
12	24 IX 1968 4 19	204	78	-0.87	-0.48	301	62	+0.97	-0.23	250	28	94	59	346	11
13	25/IX 1968 20 52	48	64	-0.93	-0.37	148	70	+0.89	-0.46	99	33	271	57	7	4
14	10 IX 1969 12 14	46	78	+0.95	-0.33	312	72	-0.98	-0.21	1	21	170	68	268	4
15	22 V 1971 16 44	318	82	-1.00	-0.63	48	88	+0.99	-0.14	3	7	152	82	273	4
16	6/IX 1975 09 20	353	54	-0.55	+0.83	222	48	+0.62	+0.79	196	3	105	27	293	62
17	6/IX 1975 10 5	353	54	-0.90	+0.43	248	70	+0.78	+0.62	33	9	135	47	295	41
18	6/IX 1975 12 10	348	74	-0.82	+0.57	247	56	+0.95	+0.33	204	11	100	52	302	36

К югу и юго-востоку от эпицентра землетрясения 18 сентября 1968 г. расположена группа из четырех землетрясений, очаги которых приурочены к южной ветви Северо-Анатолийского разлома. Рассмотрим механизмы очагов этих землетрясений в направлении с северо-запада на юго-восток вдоль южной ветви Северо-Анатолийского разлома.

Первое землетрясение произошло 26 июля 1967 г. в районе г. Черме и имело $M=6$. Плоскость разрыва в очаге этого землетрясения круто (угол падения равен 76°) падает к юго-западу и имеет азимут простирания 112° . Во время землетрясения произошел правосторонний сдвиг со значительной долей взброса. Ось напряжения сжатия ориентирована в близмеридиональном, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения в близширотном направлениях. При этом оси напряжений сжатия и растяжения близгоризонтальны, а ось промежуточного напряжения — близвертикальна.

Второе землетрясение произошло в районе Карлыовы 31 августа 1965 г. и имело магнитуду $M=5\frac{1}{2}$. Плоскость разрыва в очаге этого землетрясения имеет те же параметры, что и в предыдущем случае, а именно — плоскость разрыва в очаге круто падает к юго-западу и имеет азимут простирания $A=112^\circ$. При этом землетрясении также имел место правосторонний сдвиг, но с незначительной долей взброса. Ось напряжения сжатия ориентирована в близмеридиональном, а ось напряжения растяжения — в близширотном направлениях. Обе эти оси близгоризонтальны, а ось промежуточного напряжения близвертикальна.

Очаг третьего землетрясения, которое произошло 10 сентября 1969 г. и имело $M=5\frac{1}{4}$, расположен в 50 км юго-западнее очага предыдущего землетрясения. Плоскость разрыва в очаге этого землетрясения круто падает к северо-востоку и имеет азимут простирания 136° . При этом землетрясении также произошел правосторонний сдвиг с некоторой долей сброса. Оси напряжения сжатия и промежуточного напряжения ориентированы в меридиональном, а ось напряжения растяжения — в широтном направлениях. Оси напряжений сжатия и растяжения направлены горизонтально, а ось промежуточного напряжения — близвертикально.

Четвертое, последнее в этой группе землетрясение произошло 19 августа 1966 г. в районе г. Варто и имело $M=6\frac{3}{4}$. Азимут простирания плоскости разрыва в очаге этого землетрясения определен нами как по инструментальным данным при исследовании механизма очага, так и по макросейсмическим данным по вытянутости максимальной девятибалльной изосейсты [185]. Согласно инструментальным данным, азимут простирания плоскости

разрыва в очаге землетрясения в Варто равен 106° , а по макросейсмическим данным— 114° . Плоскость разрыва круто (угол падения равен 88°) падает к северо-востоку, как и при предыдущем землетрясении. При землетрясении в Варто имел место правосторонний сдвиг, но с весьма значительной долей сброса. Ось напряжения сжатия ориентирована в близмеридиональном, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—в близширотном направлениях. Оси напряжений сжатия и растяжения имеют близгоризонтальное направление.

Для землетрясения в Варто кроме основного толчка нами исследованы также механизмы очагов форшока и шести афтершоков. На рис. 15 даны ориентации плоскостей разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясения в Варто, его форшока и афтершоков. Механизм очагов афтершоков примерно аналогичен механизму очага основного толчка. Очаг этого землетрясения, как уже было отмечено выше, приурочен к южной ветви Северо-Анатолийского разлома. Но при исследовании механизма очага форшока ($M=5\frac{1}{2}$), который произошел за 5 месяцев и 12 дней до основного толчка, нами установлено, что обе возможные плоскости разрыва в очаге составляют значительный угол с направлением Северо-Анатолийского разлома. При этом наблюдается хорошее соответствие между направлениями разрыва в очаге форшока и распределением повреждений зданий [185].

Согласно дислокационной теории разрушения при повышенной скорости деформирования сейсмоактивного района происходит хрупкое разрушение, которое является прогностическим признаком появления повторного сильного землетрясения [47, 48]. Несовпадение плоскости разрыва в очаге форшока с фокальной поверхностью (Северо-Анатолийский разлом) свидетельствует о том, что происходило хрупкое разрушение среды, а это означает, что происходит нарастание скорости деформации района землетрясения и следует ожидать землетрясения такой или большей силы. Действительно, землетрясение в Варто имело магнитуду $M=6\frac{3}{4}$.

Очаг следующего землетрясения расположен северо-западнее г. Варто в районе Киги. Оно было отмечено 24 сентября 1968 г. и имело магнитуду $M=5$. Судя по простиранию плоскости разрыва в очаге, это землетрясение приурочено к Битлисской шовной зоне. В очаге землетрясения произошел левосторонний сдвиг со значительной долей сброса. Ориентация осей напряжений сжатия и растяжения при этом землетрясении отличается от остальных землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона, а именно, ось напряжения сжатия ориентирована в близширотном направ-

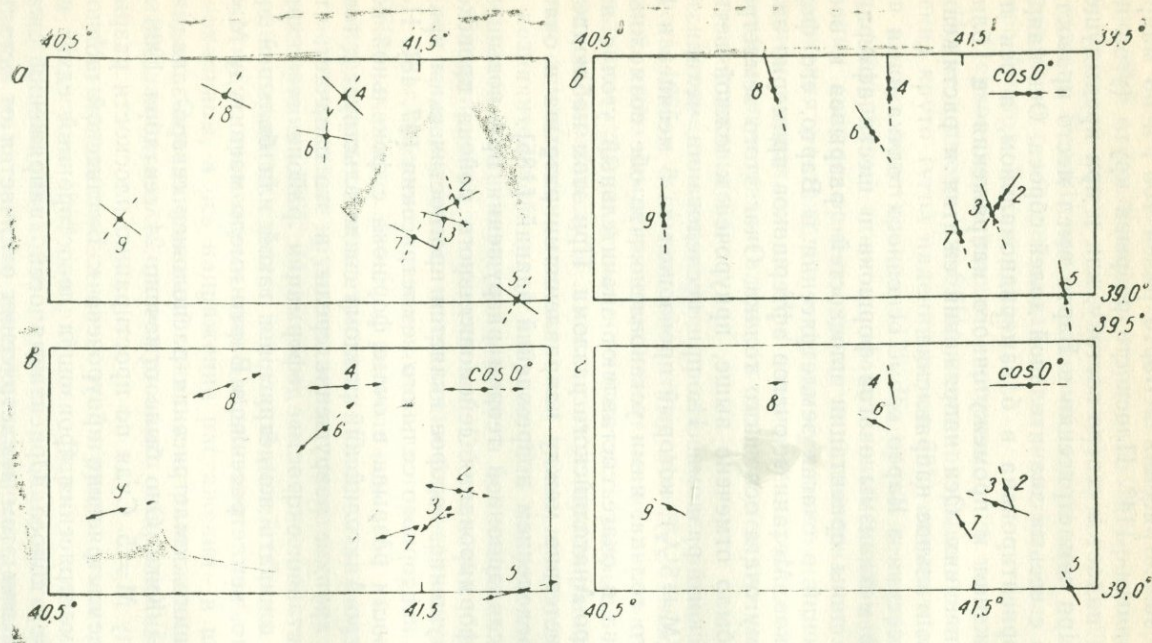


Рис. 15. Ориентация плоскостей разрывов и главных напряжений в очагах землетрясения в Варто, его форшока и афтершоков: а) ориентация плоскостей разрывов в очагах; б) ориентация напряжений сжатия; в) ориентация напряжений растяжения; г) ориентация промежуточных напряжений.

лении, а ось напряжения растяжения—в близмеридиональном направлении, но обе оси, как и в остальных случаях, направлены близгоризонтально. Ось промежуточного напряжения ориентирована близшироотно в близвертикальном направлении.

Юго-восточнее эпицентра этого землетрясения расположен очаг разрушительного Бингёльского землетрясения, которое произошло 22 мая 1971 г. с $M=6\frac{3}{4}$. Определенный нами разрыв в очаге Бингёльского землетрясения совпадает с направлением большой оси первой изосейсты и направлением активного разлома «Гойнюк», с которым связан очаг этого землетрясения [188, 196]. В очаге Бингёльского землетрясения произошел левосторонний сдвиг. Ось напряжения сжатия ориентирована в меридиональном, а ось напряжения растяжения—в широтном направлениях. Обе оси горизонтальны. Ось промежуточного напряжения ориентирована близмеридионально в вертикальном направлении.

Последнее, из рассмотренных для этого региона, землетрясение произошло 6 сентября 1975 г. в районе г. Лидже. Плоскость разрыва в очаге имеет широтное простирание. В очаге произошел надвиг или взброс со значительной долей левостороннего сдвига. Надвиг, полученный для очага землетрясения в Лидже, совпадает с направлением большой оси первой изосейсты и направлением надвига, проходящего через эпицентр этого землетрясения. Ось напряжения сжатия ориентирована близмеридионально в горизонтальном направлении, а ось напряжения растяжения—близшироотно в близвертикальном направлении.

Подвижка по разрыву в очагах рассмотренных землетрясений в Эрзинджан-Бингёльском регионе (кроме землетрясения в Лидже) имеет значительную сдвиговую компоненту. При этом, как следует из табл. 9 и проведенного анализа, в одних случаях происходил левосторонний, а в других—правосторонний сдвиг.

На рис. 16 на сетке Вульфа дана ориентация осей главных напряжений в очагах рассмотренных основных землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона. Как следует из этого рисунка и проведенного выше анализа, оси напряжения сжатия ориентированы меридионально или близмеридионально (кроме землетрясения 24 сентября 1968 г.) в горизонтальном или близгоризонтальном направлении. Угол падения этих осей для основных землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона составляет от 3 до 29°.

Оси напряжения растяжения, в основном, ориентированы близшироотно (кроме землетрясения 24 сентября 1968 г.), в горизонтальном или близгоризонтальном направлении (кроме землетрясения 6 сентября 1975 г. в Лидже).

Оси промежуточного напряжения для землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона имеют углы падения более 50° . Исключением является землетрясение в Лидже.

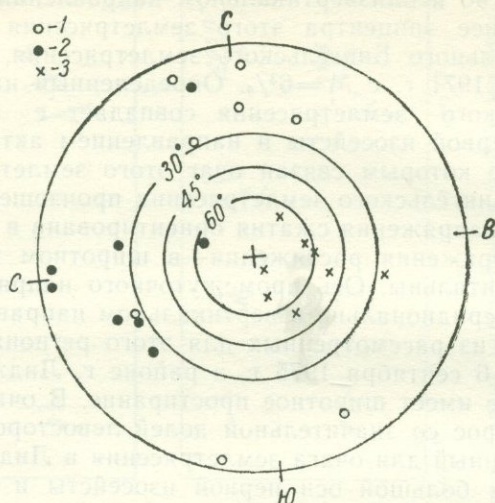


Рис. 16. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения, 3—оси промежуточных напряжений.

§ 4. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ АДЖАРО-ТРИАЛЕТСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 14 землетрясений Аджаро-Триалетского региона [95]. Исследованы очаги всех крупных землетрясений с $M > 4$, которые имели место в регионе, начиная с 1950 г.,—Аджаро-Гурийского, Боржомского и Горийского. Определены также механизмы очагов некоторых несильных землетрясений с $M < 4$. Основные данные о рассмотренных землетрясениях приведены в табл. 10.

Полученные результаты определения ориентаций двух возможных плоскостей разрывов, компонент подвижки в этих плоскостях, а также ориентаций осей главных напряжений в очагах землетрясений этого региона сведены в табл. 11.

Рассмотрим детально результаты, полученные по механизмам очагов исследованных землетрясений региона в направлении с востока на запад.

Основные параметры землетрясений Аджаро-Триалетского региона

№№ п п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
1	24/I	1959 16 58	41 50 43 57	10	3 ¹ / ₂	—	Гори
2	21/V	1959 19 49	41 52 41 52	15	5 ¹ / ₄	—	Аджаро-Гурийское
3	31/XII	1969 12 06	41 46 43 29	10	4	10—11	Форшок Боржомского землетрясения
4	3/I	1970 06 54	41 49 43 23	10	4 ³ / ₄	12	Боржомское
5	21/V	1970 10 14	41 49 43 30	10	4 ¹ / ₄	11—12	Афтершок Боржомского землетрясения
6	6/IX	1973 10 04	41 48 43 07	5	—	10	Ахалцихе
7	6/IX	1973 10 11	41 43 43 07	5	—	10	Ахалцихе
8	7/VI	1974 19 31	41 47 43 11	5	—	10	Боржом
9	27/X	1974 09 52	41 39 43 50	10	—	10	Бакуриани
10	1/XII	1974 13 54	41 43 44 19	28	—	10	Гори
11	18/VI	1977 14 32	41 50 43 53	15	4	11	Гори
12	5/VII	1977 01 04	41 56 42 05	10	—	9	Махарадзе
13	5/VII	1977 01 12	41 48 42 03	10	—	9	Махарадзе
14	22/VII	1978 22 48	41 50 44 00	10	4 ¹ / ₄	11—12	Горийское

В восточной части региона расположены эпицентры четырех землетрясений, которые произошли в районе г. Гори. Для этой группы землетрясений характерно широтное или близширотное простиранье разрыва в очаге. Однако только очаг Горийского землетрясения 22 августа 1978 г. приурочен к продольному северному глубинному разлому Аджаро-Триалетской складчатой системы. Азимут простиранья плоскости разрыва в очаге этого землетрясения равен 94°. Такой же азимут имеет и направление вытянутости первой изосейсты на карте изосейст, построенной О. М. Майсурадзе и Е. И. Патарая по макросейсмическим данным [136]. Падение плоскости разрыва в очаге направлено к северу и с горизонтальной плоскостью составляет угол 46°. Компоненты подвижки по простиранью и по падению плоскости разрыва мало отличаются. В очаге произошел правосторонний сдвиг с взбросо-надвигом. Оси сжатия ориентированы близмеридионально в горизонтальном, а оси растяжения—близширотны в близвертикальном направлениях.

К зоне продольного северного разлома Аджаро-Триалетской складчатой системы приурочены также очаги двух крупных землетрясений прошлых лет: Мцхетского 14 апреля 1275 г. [38, 125] и Картлийского 20 февраля 1920 г. [8, 38, 125, 177]. Азимуты про-

Таблица 11

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Аджаро-Триалетского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения число, месяц, год, ч, мин		Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
			вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки		сжатия		промежу- точное		растя- жения	
А°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	А°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	А°	е°	А°	е°	А°	е°			
1	24/I	1959 16 58	156	40	-0,10	-0,99	329	51	+0,07	-1,00	304	83	62	3	152	5
2	20/V	1959 19 49	124	48	-0,99	+0,10	30	86	+0,74	+0,67	175	25	296	48	69	32
3	31/XII	1969 12 06	43	16	+0,86	+0,1	164	82	-0,24	+0,97	356	36	256	14	149	51
4	3/I	1970 06 54	340	56	-0,94	+0,34	238	74	+0,81	+0,59	22	11	126	51	282	37
5	21/V	1970 10 14	338	44	-0,91	+0,41	230	74	+0,66	+0,75	20	19	126	39	271	45
6	6/IX	1973 10 04	59	52	+0,89	-0,45	312	70	-0,76	-0,65	358	42	200	45	99	11
7	6/IX	1973 10 11	51	54	+0,91	-0,42	306	70	-0,79	-0,62	353	41	192	47	92	10
8	7/VI	1974 19 31	242	64	+0,64	+0,77	0	46	-0,79	+0,62	34	10	132	35	291	52
9	27/X	1974 09 52	176	28	+0,97	+0,23	278	84	-0,45	+0,89	121	34	11	27	252	45
10	1/XII	1974 13 54	152	58	-0,57	-0,82	280	46	+0,68	-0,73	206	60	42	29	309	7
11	18/VI	1977 14 32	340	78	-0,95	-0,31	74	72	+0,97	-0,23	26	22	216	68	118	4
12	5/VII	1977 01 04	124	46	+0,19	+0,98	287	45	-0,21	+0,98	296	1	25	8	198	82
13	5/VII	1977 01 12	128	46	+0,45	+0,89	274	50	-0,42	+0,91	111	2	20	19	205	71
14	22/VIII	1978 22 48	4	46	+0,74	+0,67	126	61	-0,62	+0,79	333	9	237	32	75	57

стирания большой оси первой изосейсты этих землетрясений равны, соответственно, 114° и 112° . При этом следует отметить, что Картлийское землетрясение имело форшок силой в 6 баллов ($M=4^{3/4}$) примерно за 12 часов до основного толчка. Большая ось первой изосейсты форшока имеет азимут 30° и сильно отличается от направления северного глубинного разлома, к которому приурочен очаг Картлийского землетрясения [8, 38, 125, 164]. Следовательно, шестибалльный форшок служил прогностическим признаком появления разрушительного землетрясения. И, действительно, Картлийское землетрясение проявилось в эпицентральной области с силой 8—9 баллов ($M=6$).

Остальные три землетрясения этой группы (24.I.1959 г., 1.XII.1974 г. и 18. VI. 1977 г.) приурочены к Чорох-Дзирульской группе линеаментов [97]. Азимут простираения разрыва в очаге этих землетрясений составляет $62-70^\circ$. При этом падение плоскости разрыва в очаге землетрясения 18 июня 1977 г. с $M=4$ направлено к северо-западу, а в очагах землетрясений 24 января 1959 г. и 1 декабря 1974 г. с $M<4$ —к юго-востоку. В первом случае произошел, в основном, левосторонний сдвиг, а в двух последних—сброс. В первом, когда магнитуда землетрясения $M=4$, ось сжатия ориентирована в близмеридиональном, а ось растяжения—в близширотном направлениях. При этом обе оси близгоризонтальны. В двух последних случаях, когда магнитуда землетрясений $M<4$, ось сжатия близвертикальна, а ось растяжения горизонтальна.

К этой линеаментной зоне, по-видимому, приурочены также очаги 8-балльного Табакурского землетрясения 7 мая 1940 г. [38, 110, 125, 164] и землетрясения 27 октября 1974 г. в районе Бакуриани. Землетрясение 27 октября 1974 г. с энергетическим классом $K=10$ характерно тем, что оси как сжатия, так и растяжения ориентированы в близширотном направлении и с горизонтальной плоскостью составляют угол $30^\circ < e \leq 45^\circ$. При этом землетрясении произошел правосторонний сдвиг.

С этой же Чорох-Дзирульской группой линеаментов связан очаг Боржомского землетрясения 3 января 1970 г. Имеется хорошее соответствие между азимутами простираения разрыва в очаге землетрясения ($A=70^\circ$) и направлением большой оси первой шести-семибалльной изосейсты ($A=68^\circ$), построенной нами по данным макросейсмических обследований [9, 68, 173]. Падение плоскости разрыва в очаге направлено к северо-западу. Ось сжатия ориентирована в близмеридиональном направлении, а ось растяжения—в близширотном. В очаге землетрясения произошел, в основном, левосторонний сдвиг.

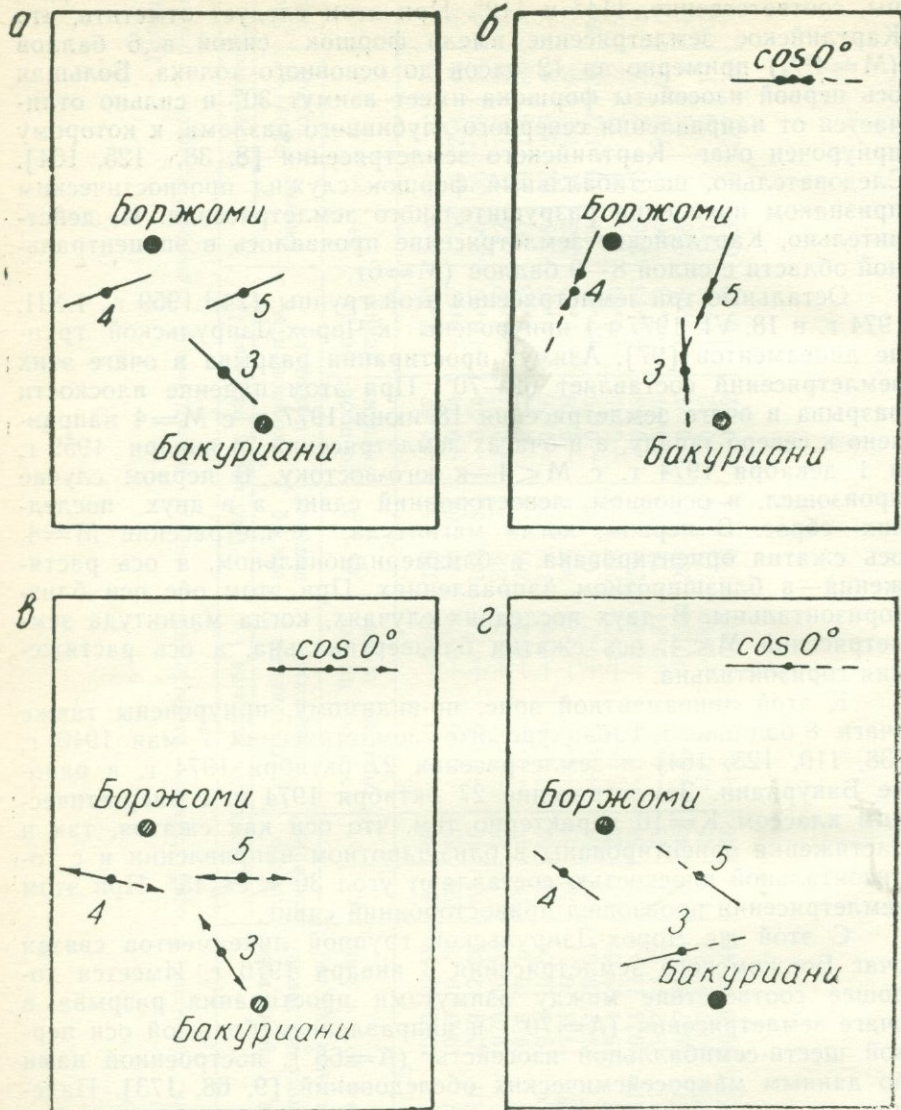


Рис. 17. Ориентация плоскостей разрывов и главных напряжений в очагах Боржомского землетрясения, его форшока и афтершоков: а) ориентация плоскостей разрывов в очагах; б) ориентация напряжений сжатия; в) ориентация напряжений растяжения; г) ориентация промежуточных напряжений.

На рис. 17 приведены результаты изучения механизма очагов Боржомского землетрясения 3 января 1970 г., его форшока 31 декабря 1969 г. и афтершока 21 мая 1970 г., а именно — даны направления разрывов и осей главных напряжений в плане. Цифры на рис. 17 соответствуют порядковым номерам землетрясений в табл. 10. Как следует из этого рисунка, динамические параметры очагов основного толчка и афтершока практически совпадают и сильно отличаются от динамических параметров очага форшока.

Азимут простираения плоскости разрыва в очаге форшока равен 133° , а азимут направления большой оси первой изосейсты, построенной нами по макросейсмическим наблюдениям [125, 173], равен 142° . Таким образом, направление разрыва в очаге форшока сильно отличается от направления Чорох-Дзирульского линеймента, к которому приурочен очаг Боржомского землетрясения. Следовательно, пятибалльный форшок ($M=4$) Боржомского землетрясения служит прогностическим признаком для основного семибалльного ($M=4^{3/4}$) толчка.

Западнее эпицентра Боржомского землетрясения расположено Ахалцихско-Боржомская группа исследованных нами землетрясений. В эту группу входят три землетрясения с энергетическим классом $K=10$. Два из этих землетрясений имели место 6 сентября 1973 г. и одно — 7 июня 1974 г. Плоскость разрыва в очагах этих землетрясений ($A=141-152^\circ$) примерно совпадает с Транскавказским Насирия-Ставропольским линейментом [18]. Плоскости разрыва в очагах землетрясений 6 сентября 1973 г. падают к северо-востоку под углом $52-54^\circ$, а в очаге землетрясения 7 июня 1974 г. — к юго-западу под углом 64° к горизонту. Во всех трех случаях оси сжатия ориентированы в близмеридиональном, а оси растяжения — в близширотном направлениях. В очагах землетрясений 6 сентября 1973 г. произошел в основном правосторонний сдвиг, а в очаге землетрясения 7 июня 1974 г. — взброс с правосторонним сдвигом.

Следующая группа землетрясений, механизм очагов которых нами исследован, является самой западной в Аджаро-Триалетском регионе. В эту группу входят Аджаро-Гурийское землетрясение 20 мая 1959 г. с $M=5^{1/4}$ и два землетрясения, происшедшие 5 июля 1977 г. в районе Махарадзе. Очаги этих землетрясений приурочены к Аджаро-Гурийскому глубинному разлому [163]. Азимут простираения плоскости разрыва в очагах равен $34-38^\circ$. Падение плоскости разрыва направлено к юго-востоку под углом $46-48^\circ$ к горизонтальной плоскости.

Азимут простираения большой оси первой изосейсты Аджаро-Гурийского землетрясения, построенной нами по макросейсмичес-

ким данным [125, 166, 173], равен 37° . Ось сжатия в очаге ориентирована в меридиональном, а ось растяжения—в близширотном направлениях. Обе оси близгоризонтальны. В очаге этого землетрясения имел место левосторонний сдвиг.

При землетрясениях 5 июля 1977 г. оси сжатия ориентированы горизонтально в близширотном направлении, а оси растяжения—вертикально в близмеридиональном направлении. В очагах землетрясений 5 июля 1977 г. произошел взбросо-надвиг.

На рис. 18 на сетке Вульфа дана ориентация осей главных напряжений в очагах землетрясений Аджаро-Триалетского регио-

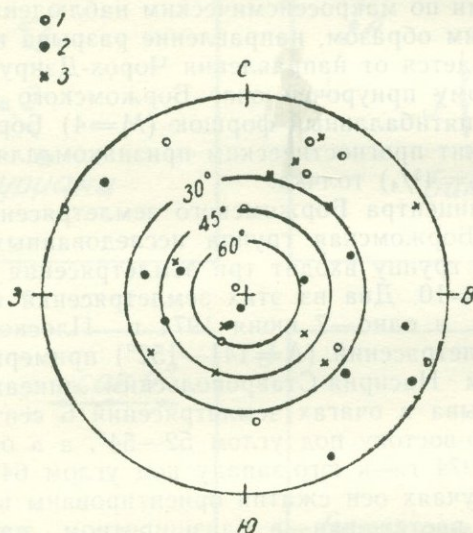


рис. 18. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Аджаро-Триалетского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа: 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений).

на. Как следует из этого рисунка, оси главных напряжений в общем не имеют преимущественного направления. Однако проведенный анализ по отдельным землетрясениям показывает, что оси сжатия для сильных землетрясений с $M \geq 4$ ориентированы близгоризонтально в меридиональном или близмеридиональном направлении, а оси растяжения—под различными углами к горизонту в широтном или близширотном направлении.

При землетрясениях с $M < 4$ такой ориентации осей главных напряжений в очагах землетрясений Аджаро-Триалетского региона не наблюдается.

§ 5. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРДАХАН-КАРС-ХОРАСАНСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 18 землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона [94]. При этом 9 землетрясений были основными толчками, 9—афтершоками или форшоками. Основные данные об этих землетрясениях приведены в табл. 12, где, как и в случае остальных регионов, указывается также, является ли данное землетрясение форшоком или афтершоком. В случае основного толчка дается название землетрясения или район, где оно имело место. Полученные результаты определения ориентаций двух возможных плоскостей разрывов, компонент подвижки в этих плоскостях, а также ориентаций осей главных напряжений в очагах землетрясений этого региона сведены в табл. 13.

Таблица 12

Основные параметры землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
		С N °	А E °				
1	29/III 1961 07 29	40 47	42 30	10	4 ¹ / ₂	—	Мерденика
2	9/X 1963 04 36	40 00	43 00	20	4 ¹ / ₂	12	Кахиз-Чана
3	25/V 1968 00 29	40 44	42 12	10	4 ³ / ₄	12	Олгу
4	26/V 1968 05 34	40 46	42 14	15	4 ¹ / ₂	11—12	Афтершок землетрясения в Олгу
5	22/III 1972 00 51	40 24	42 12	15	4 ¹ / ₂	12	Сарыкамыш
6	21/II 1973 00 24	40 18	42 18	15	3 ³ / ₄	10—11	Афтершок землетрясения в Сарыкамыше
7	25/III 1976 11 55	41 01	42 57	10	4 ³ / ₄	12—13	Форшок Ардаханского землетрясения
8	21/IV 1975 21 58	40 46	42 08	25	4 ¹ / ₂	11—12	Олгу
9	29/IV 1976 22 18	40 55	42 49	5	5	13	Ардаханское II
10	29/IV 1976 23 23	40 50	42 53	10	4 ¹ / ₂	12	Афтершок Ардаханского землетрясения
11	4/VI 1976 05 08	40 49	42 56	15	4 ¹ / ₂	12	—
12	6/II 1977 04 9	40 48	42 55	10	3 ³ / ₄	11	—
13	25/V 1981 00 57	40 41	42 18	10	4	11	Олгу
14	1/V 1980 22 46	40 03	42 00	10	—	10—11	Хорасана
15	3/X 1983 04 12	40 20	42 11	12	6 ³ / ₄	—	Эрзурум-Карское
16	30/X 1983 08 13	40 27	42 18	10	4 ¹ / ₂	—	Афтершок Эрзурум-Карского землетрясения
17	30/X 1983 09 31	40 14	42 01	10	—	10	—
18	30/X 1983 12 40	40 20	42 10	17	5 ¹ / ₄	—	—

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений
Ардахан-Карс-Хорасанского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
		вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки		сжатия		промежуточное		растяжения	
		А°	е°	по простиранию	по падению	А°	е°	по простиранию	по падению	А°	е°	А°	е°	А°	е°
1	29/III 1961 07 29	140	80	— 0,86	— 0,51	236	60	+1,00	— 0,03	184	28	33	58	282	14
		310	30	— 0,82	— 0,57	71	74	+0,39	— 0,92	42	55	168	24	270	26
		314	80	— 0,98	+0,19	222	80	+0,98	+0,19	178	0	88	75	268	15
2	9/X 1963 04 36	124	24	— 0,10	+0,99	310	66	+0,04	+1,00	129	21	219	2	315	69
3	25/V 1968 00 29	313	72	— 1,00	— 0,07	44	86	— 0,95	— 0,31	0	15	146	72	268	9
4	26/V 1968 05 34	94	86	— 0,20	— 0,98	202	12	+0,95	— 0,33	106	48	3	11	263	40
5	22/III 1972 00 51	5	80	+0,97	+0,24	97	76	— 0,98	+0,18	142	3	239	72	51	17
6	21/II 1973 00 24	4	50	+1,00	+0,04	96	88	— 0,77	+0,64	314	2	188	49	58	29
7	25/III 1976 11 55	127	80	— 0,87	+0,50	31	60	+0,98	+0,19	346	13	233	58	83	29
8	21/IV 1976 21 53	315	52	— 0,58	— 0,81	86	50	+0,59	— 0,80	19	63	201	27	111	1
9	29/IV 1976 22 18	154	76	— 0,88	+0,48	57	62	— 0,97	+0,26	14	10	268	59	109	30
10	29/IV 1976 23 23	158	72	— 0,87	+0,48	58	62	+0,94	+0,34	16	6	277	56	110	33
11	4/VI 1976 05 08	158	80	— 0,87	+0,50	63	60	+0,98	+0,19	18	14	265	58	115	28
12	6/II 1977 04 49	158	70	— 0,87	— 0,49	57	52	— 0,92	+0,38	16	6	280	55	110	35
13	25/IV 1980 00 57	130	60	— 1,00	— 0,03	222	86	+0,87	— 0,49	80	24	320	60	81	17
14	1/VI 1980 22 46	351	84	— 0,94	+0,34	259	70	+0,99	+0,11	214	9	97	69	307	19
		3	76	— 0,18	— 0,93	221	18	+0,59	+0,80	192	31	96	11	359	57
15	30 X 1983 04 12	304	74	— 0,99	+0,14	211	82	+0,96	+0,28	349	6	95	72	257	17
16	30 X 1983 08 13	310	60	+0,62	— 0,78	187	48	— 0,73	— 0,68	256	56	62	33	156	7
17	30 X 1983 09 31	304	72	— 0,29	+0,96	162	23	+0,59	+0,81	137	25	38	13	281	59
18	30 X 1983 12 40	42	84	+1,00	— 0,07	312	86	— 0,99	— 0,10	356	7	188	3	87	1

Первое из рассмотренных землетрясений произошло 29 марта 1961 г. в районе Мерденика. Вследствие малочисленности данных возможны три варианта проведения нодальных линий по первым смещениям в продольной волне. В качестве решения нами выбран первый вариант, как наиболее соответствующий тектонике этого района. В очаге произошел круто ($e=80^\circ$) падающий к юго-востоку разрыв, азимут простираения которого равен 50° . Чорох-Дзирульская группа линейментов, к которой приурочен эпицентр этого землетрясения, имеет азимут примерно 58° и с осью сжатия составляет угол 54° . Ось сжатия ориентирована в меридиональном, ось нулевых напряжений—в близмеридиональном, а ось растяжения—в широтном направлениях. При этом оси сжатия и растяжения горизонтальны. Подвижка по разрыву в очаге этого землетрясения имеет характер левостороннего сдвига со значительной долей сброса.

Западнее Мерденика на расстоянии 20—30 км в районе Олту расположены эпицентры рассмотренных землетрясений 25 мая 1968 г., 21 апреля 1976 г. и 25 апреля 1980 г. Согласно простираанию плоскости разрыва в очагах этих землетрясений они приурочены к Чорох-Дзирульской группе линейментов. Азимут простираения разрыва в очагах этих землетрясений получился равным $40-45^\circ$, а угол, составленный плоскостью разрыва с горизонтальной плоскостью,— $52-72^\circ$. Подвижка по разрыву в очагах землетрясений 25 мая 1968 г. и 25 апреля 1980 г. имела характер левостороннего сдвига, а в очаге землетрясения 21 апреля 1976 г.—сброса со значительной компонентой левостороннего сдвига. Во всех трех случаях оси сжатия ориентированы в меридиональном, а оси растяжения—в широтном направлениях. Но в указанных выше двух первых случаях (25.V.1968 г. и 25.IV.1980 г.) как оси сжатия, так и оси растяжения направлены горизонтально, в то время как при третьем землетрясении ось сжатия направлена вертикально, а ось растяжения—горизонтально.

Землетрясение 25 мая 1968 г. сопровождалось 26 мая 1968 г. афтершоком с $M=4\frac{1}{4}$, механизм очага которого сильно отличается от механизма очага основного толчка, а именно—разрыв в очаге ориентирован в меридиональном направлении, подвижка по разрыву—сброс, оси сжатия и растяжения ориентированы в широтном направлении под углом $40-48^\circ$ к горизонту, а ось промежуточного напряжения—в меридиональном направлении под углом 3° к горизонту.

Примерно в 60 км северо-восточнее от землетрясений в районе Олту расположен очаг I Ардаханского землетрясения 9 января 1925 г., которое в эпицентральной зоне проявилось с силой 8 баллов. Согласно семибалльной изосейсте, построенной нами по

макросейсмическим данным [38, 125, 164], азимут разрыва равен 53° .

Эпицентр II Ардаханского землетрясения 29 апреля 1976 г. с $M=5$ расположен в 20 км юго-восточнее эпицентра I Ардаханского землетрясения и приурочен к тому же Чорох-Дзиркульскому линеаменту, что и землетрясение 29 марта 1961 г. в районе Мерденика. Азимут простираения линеамента в области II Ардаханского землетрясения составляет 61° . Механизм очага этого землетрясения нами исследован по знакам первых смещений в продольной волне на сейсмограммах 58 сейсмических станций. Разрыв в очаге имеет азимут простираения 64° . Падение плоскости разрыва крутое ($e=76^\circ$) и направлено к юго-востоку. Ось сжатия ориентирована в меридиональном направлении, а оси растяжения и нулевых напряжений—в широтном направлении. Оси сжатия и растяжения близгоризонтальны: угол осей с горизонтальной плоскостью равен, соответственно, 14° и 30° . Промежуточная ось—близвертикальна. В очаге землетрясения произошел левосторонний сдвиг с некоторой долей взброса.

При Ардаханском II землетрясении за один месяц и 4,5 суток до основного толчка был отмечен форшок с $M=4\frac{3}{4}$. Следует отметить, что ни одна из возможных плоскостей разрыва в очаге форшока, полученных по данным 40 сейсмических станций, не совпадает с направлением линеамента в этом районе. Следовательно, в данном случае также подтверждается наличие прогностического признака возникновения сильного землетрясения по механизму очага форшока, отмеченного нами при изучении механизма очагов землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона [92]. Следует отметить, что в очаге форшока имеет место поворот азимутов всех осей главных напряжений примерно на 30° относительно аналогичных осей в очаге основного толчка. При этом углы, составленные этими осями с горизонтальной плоскостью, для форшока и основного толчка остаются неизменными.

Нами исследованы также механизмы очагов трех афтершоков Ардаханского II землетрясения, которые получились подобными механизму очага основного толчка, а именно—плоскость разрыва в очаге круто ($e=70-80^\circ$) падает в направлении к юго-востоку и во всех трех случаях имеет азимут простираения 68° , оси сжатия ориентированы горизонтально в меридиональном направлении, а промежуточные оси близвертикально, оси растяжения близгоризонтально—в широтном направлении. В очагах афтершоков, как и в очаге основного толчка, имел место левосторонний сдвиг с некоторой долей взброса.

Плоскости разрыва в очагах двух землетрясений в районе Сарыкамышы 22 марта 1972 г. (а также его афтершока) и в

районе Хорасана 1 июня 1980 г. имеют широтное направление ($A=81-95^\circ$) и крутое падение к северу. Оси сжатия и растяжения в очагах землетрясений ориентированы близгоризонтально в среднем между меридиональным и широтным направлением, а промежуточные оси—близвертикально в широтном направлении. В очагах этих землетрясений имел место сдвиг: в первом случае—правосторонний, во втором—левосторонний. Очаги этих землетрясений приурочены, по-видимому, к не крупным разрывам в земной коре, не отраженным на карте линеаментов.

То же самое можно сказать и о землетрясении в районе Казымана, которое произошло 9 октября 1963 г. Оси главных напряжений в очаге этого землетрясения, как и в предыдущем случае, ориентированы в среднем между меридиональным и широтным направлениями, но ось сжатия близгоризонтальна, ось растяжения близвертикальна, а промежуточная ось—горизонтальна. Азимут простирации плоскости разрыва в очаге равен 34° . В очаге имел место надвиг.

30 октября 1983 г. в 4 часа 12 мин Гринвичского времени произошло разрушительное Эрзурум-Карское землетрясение с магнитудой порядка $6\frac{3}{4}$, определенной по поверхностной волне. Оно сопровождалось многочисленными афтершоками.

Нами исследован механизм очага основного толчка и трех афтершоков.

Для построения нодальных плоскостей при Эрзурум-Карском землетрясении использованы знаки первых смещений в продольной волне по данным сейсмологических бюллетеней Обнинска и USCGS, а также знаки первых смещений на сейсмограммах сейсмических станций Кавказа. Всего использовано 215 знаков первых смещений, записанных на близких и удаленных сейсмостанциях мира. Полученные сведения о двух плоскостях разрывов и о главных напряжениях в очаге этого землетрясения даны в табл. 13. Согласно этим данным, простираение плоскости разрыва в очаге имеет азимут 34° . Плоскость разрыва круто падает к северо-западу под углом 74° к горизонту. Ось сжатия ориентирована в меридиональном направлении, а промежуточная ось и ось растяжения—в широтном направлении. При этом оси сжатия и растяжения близгоризонтальны, а промежуточная ось близвертикальна. В очаге землетрясения имел место левосторонний сдвиг с некоторой долей взброса.

Полученные нами данные хорошо согласуются с полевыми исследованиями в эпицентральной области землетрясения, результаты которых были доложены М. Сали Байрактутаном из Эрзурумского университета на Генеральной Ассамблее геологов в Москве в августе 1984 г. По данным М. Сали Байрактутана, плос-

кость разрыва имеет азимут $30-40^\circ$ и падает под углом 60° к северо-западу. По разрыву произошли поднятие северо-западного крыла на 1 м и левый сдвиг на 0,8 м. Согласно полевым исследованиям, при землетрясении кроме главного разрыва имел место второй разрыв, примерно перпендикулярный к первому. При этом если по первому разрыву произошел левый взбросо-сдвиг, то по второму—правый сбросо-сдвиг. Оба разрыва прерывистые, с длиной отдельных участков в 500—600 м. Общая длина первого, главного разрыва определена по афтершокам в 25 км.

Нами исследованы механизмы трех афтершоков, которые произошли через 4, 5,3 и 8,5 часов после основного толчка. При

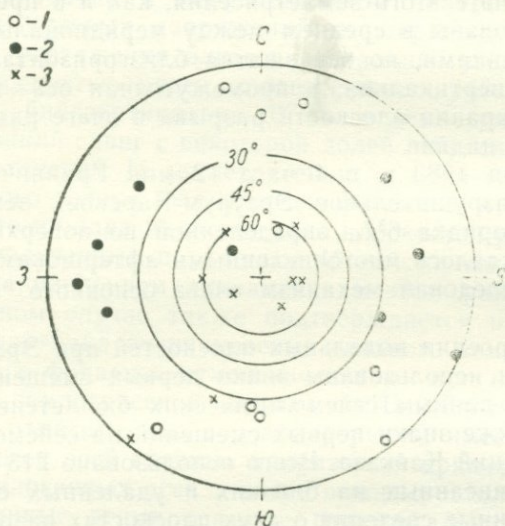


Рис. 19. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

этом результаты определения механизма очага последнего афтершока с $M=5\frac{1}{4}$, координаты эпицентра которого совпадают с координатами эпицентра основного толчка, соответствуют полевым исследованиям второго разрыва. При исследовании механизма очага указанного афтершока нами использованы данные 85 сейсмических станций. Плоскость разрыва в очаге имеет азимут 132°

и круто ($\epsilon=84^\circ$) падает к северо-востоку. Ось сжатия и промежуточная ось ориентированы в меридиональном направлении, а ось растяжения—в широтном. Оси сжатия и растяжения горизонтальны, а промежуточная ось вертикальна. В очаге произошел правосторонний сдвиг с незначительной долей сброса.

Сопоставление полученных результатов по механизму очага разрушительного Эрзурум-Карского землетрясения с линеаментами показывает, что очаг этого землетрясения не приурочен ни к одному из линеаментов, выявленных по космическим снимкам, а также к видимым на земной поверхности разломам.

Ориентация осей главных напряжений в очагах основных землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона на сетке Вульфа дана на рис. 19. Как следует из этого рисунка, оси напряжения в основном ориентированы близмеридионально (кроме землетрясения 9 октября 1963 г.) в близгоризонтальном направлении (кроме землетрясения 21 апреля 1976 г.). Оси растяжения (кроме землетрясения 9 октября 1963 г.) ориентированы близшироотно в близгоризонтальном направлении.

§ 6. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВАНСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 23 землетрясений Ванского региона [87]. При этом 8 землетрясений были основными толчками, а 15—афтершоками, в основном, Чалдыранского землетрясения. Основные параметры исследованных землетрясений с указанием района их возникновения даны в табл. 14, где также указано, является ли данное землетрясение основным толчком или афтершоком.

Результаты определения положения двух возможных плоскостей разрывов и ориентации осей главных напряжений в очагах землетрясений приведены в табл. 15.

Рассмотрим детально полученные результаты исследований механизмов очагов землетрясений Ванского региона в хронологическом порядке.

Первое из рассмотренных землетрясений произошло 5 июня 1964 г. в районе Эрджиша и имело магнитуду $4\frac{3}{4}$. Плоскость разрыва в очаге этого землетрясения имеет близширотное простирание и круто, под углом 70° , падает к северо-западу. Очевидно, очаг этого землетрясения приурочен к крупному разлому, проходящему западнее оз. Ван, через вулканы Немрут, Сипан и Тендурек [55]. В очаге землетрясения произошел взброс со значительной долей правостороннего сдвига. Оси напряжений сжатия и растяжения ориентированы ближе к меридиональному (азиму-

Основные параметры землетрясений Ванского региона

№№ п/п	Дата и время воз- никновения земле- трясения, число, месяц, год, ч, мин	Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергети- ческий класс	Район или название землетрясения
		φ°N	λ°E				
1	24/XI 1976 12 22	39 03	44 02	15	7	—	Чалдыранское землетр.
2	24/XI 1976 12 36	39 06	44 12	30	5 ¹ / ₂	14	Афтершок Чалдыранско- го землетрясения
3	24/XI 1976 13 18	39 05	43 43	25	5	13	— " —
4	24/XI 1976 15 04	39 11	43 43	15	4 ³ / ₄	12—13	— " —
5	24/XI 1976 15 11	39 00	44 11	30	5	13	— " —
6	24/XI 1976 20 46	39 05	44 08	25	5	13	— " —
7	25/XI 1976 09 49	38 58	44 17	30	5 ¹ / ₄	14	— " —
8	4/XII 1976 04 10	39 19	43 40	20	4 ¹ / ₂	12	— " —
9	12/XII 1976 07 54	39 00	44 16	30	5	13	— " —
10	25/XII 1976 22 19	39 00	44 18	25	4 ³ / ₄	12	— " —
11	28/XII 1976 17 55	39 28	43 38	20	4 ¹ / ₄	11—12	— " —
12	17/I 1977 05 19	39 16	43 42	25	5 ¹ / ₄	13—14	— " —
13	4/II 1977 20 47	38 56	44 03	20	4 ¹ / ₂	12	— " —
14	15/IX 1977 15 19	38 54	43 54	15	4	11	— " —
15	11/IV 1979 12 14	39 08	43 50	5	4 ¹ / ₂	12	— " —
16	5/VI 1964 00 11	39 08	43 12	30	4 ³ / ₄	12—13	Эрджиша
17	27/IV 1966 19 48	38 08	42 31	20	5	13	Битлисское
18	2/V 1966 23 12	38 06	42 30	25	4 ³ / ₄	12—13	Афтершок Битлисского землетрясения
19	29/IV 1968 17 01	39 14	44 14	25	5 ¹ / ₂	—	Бедалинское
20	17/II 1970 02 59	38 39	43 22	20	4 ¹ / ₂	12	Вана
21	16/VII 1972 02 46	38 14	43 22	35	4 ³ / ₄	—	Вана
22	12/III 1974 06 53	38 25	43 58	35	4 ¹ / ₂	—	50 км к ЮВ от Вана
23	12/I 1976 22 41	38 37	43 10	25	4 ³ / ₄	—	Вана

ты равны соответственно 145 и 34°), а ось промежуточного напряжения—к близширотному направлениям. При этом ось сжатия направлена близгоризонтально, а направление осей напряжения сжатия и промежуточного напряжения—среднее между горизонтальным и вертикальным.

Второе землетрясение, Битлисское, 27 апреля 1966 г. с магнитудой, равной 5. Нами исследованы механизмы очагов основного толчка и последовавшего за ним через 5 суток афтершока. Механизмы очагов основного толчка и афтершока не идентичны. Согласно простиранию плоскости разрыва в очаге этого землетрясения, оно приурочено к Битлисской шовной зоне. При землетрясении произошел правосторонний сдвиг со значительной долей сброса. Оси напряжения сжатия и промежуточного напряжения

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Ванского региона

№ № п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
										сжатия		промежу- точное		растя- жения	
										А°	е°	А°	е°	А°	е°
			вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки						
			А°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	А°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	А°	е°	А°	е°	А°
1	24/XI	1976 12 22	211	74	+0,90	+0,44	309	65	-0,96	+0,29	352	6	93	60	258
2	24/XI	1976 12 36	220	86	+0,90	+0,44	312	64	-0,99	+0,09	359	16	122	64	233
3	24/XI	1976 13 18	220	86	+0,88	+0,47	312	62	-0,99	+0,09	359	17	123	62	263
4	24/XI	1976 15 04	219	80	-0,75	+0,66	121	50	+0,97	+0,23	74	19	321	48	178
5	24/XI	1976 15 11	204	86	+0,94	+0,34	295	70	-0,99	+0,07	342	11	104	70	248
6	24/XI	1976 20 46	224	89	+0,89	+0,45	315	64	-1,00	+0,02	3	17	133	64	267
7	25/XI	1976 09 49	183	68	-0,88	+0,47	82	64	+0,91	+0,41	42	3	309	55	134
8	4/XII	1976 04 10	37	64	+0,52	-0,86	272	40	-0,73	-0,68	354	59	142	27	240
9	12/XII	1976 07 54	222	86	+0,99	+0,10	313	84	-0,99	+0,67	358	1	97	83	268
10	25/XII	1976 22 19	222	86	+0,94	+0,34	314	70	-0,99	+0,67	360	11	123	70	267
11	28/XII	1976 17 55	2	84	-0,94	-0,33	94	70	+0,99	-0,10	47	18	257	69	140
12	17/I	1977 05 19	340	54	+0,54	+0,84	111	47	-0,60	+0,80	137	4	2,8	26	39
13	4/II	1977 20 47	175	66	+0,90	-0,44	74	66	-0,90	-0,44	121	35	304	55	34
14	15/IX	1977 15 19	5	58	-0,81	-0,59	117	60	+0,79	-0,62	3	47	23,4	43	331
15	11/IV	1979 12 14	358	62	+0,89	+0,46	102	66	-0,86	+0,52	320	3	225	51	51
16	5/VI	1964 00 11	352	70	+0,60	+0,80	107	42	-0,86	+0,52	145	17	248	35	34
17	27/IV	1966 19 48	40	82	+0,90	-0,44	307	64	-0,99	-0,16	35,3	24	147	62	262
18	2/V	1966 23 12	348	68	-0,98	+0,19	254	80	+0,92	+0,9	32	8	139	65	239
19	29/IV	1968 17 01	59	68	+0,99	+0,16	152	82	-0,92	+0,39	14	9	261	66	108
20	17/II	1970 02 59	192	82	+0,98	+0,19	232	80	-1,00	+0,05	328	5	64	77	236
21	16/VII	1972 02 46	172	50	+0,98	+0,19	268	82	-0,78	+0,63	125	10	7	49	228
22	12/III	1974 06 53	108	46	-0,45	+0,89	325	50	+0,42	+0,91	127	2	217	19	31
23	12 I	1976 22 41	330	54	-0,97	+0,24	231	78	+0,80	+0,60	15	16	125	51	275

ориентированы близмеридионально, а ось напряжения растяжения—близширно. При этом оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, а ось промежуточного напряжения—близвертикально.

Следующее землетрясение, очаг которого нами исследован, Бедавлинское, имело место 29 апреля 1968 г. и, за исключением Чалдыранского землетрясения, самое крупное ($M=5\frac{1}{2}$) из рассмотренных нами основных землетрясений Ванского региона. Плоскость разрыва в очаге землетрясения круто падает к северо-востоку. В очаге произошел правосторонний сдвиг. Имеется хорошее соответствие между величинами азимутов простираания плоскости разрыва в очаге Бедавлинского землетрясения, определенными по инструментальным данным ($A=149^\circ$) и по вытянутости максимальной семибалльной изосейсты ($A=155^\circ$), а также с направлением Бедавлинского разлома, к которому приурочен очаг этого землетрясения [190, 205]. Ось напряжения сжатия ориентирована близмеридионально, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—близширно. При этом оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, а ось промежуточного напряжения—близвертикально.

Плоскость разрыва в очаге землетрясения 17 февраля 1970 г., эпицентр которого расположен у восточного побережья оз. Ван, имеет широтное простираание. Очаг землетрясения приурочен, по-видимому, к предразломной зоне южной ветви Северо-Анатолийского разлома. Плоскость разрыва в очаге землетрясения круто (угол падения равен 82°) падает к юго-западу. Во время землетрясения произошел правосторонний сдвиг. Оси напряжений сжатия и растяжения близгоризонтальны, а ось промежуточного напряжения—близвертикальна.

Эпицентр землетрясения 16 июля 1972 г. также расположен у восточного побережья оз. Ван, но южнее эпицентра землетрясения 17 февраля 1970 г., в Загросско-Анатолийской линейной зоне [18]. Судя по широтному простираанию разрыва в очаге землетрясения, оно приурочено к этой линейной зоне. В очаге землетрясения произошел правосторонний сдвиг. Преимущественного направления в ориентации осей главных напряжений для этого землетрясения не отмечается.

Плоскость разрыва в очаге следующего землетрясения 12 марта 1974 г. имеет субмеридиональное простираание, и, очевидно, очаг этого землетрясения приурочен к Насирия-Ставропольскому линейному элементу также субмеридионального простираания. В очаге этого землетрясения произошел надвиг или взброс со значительной долей левостороннего сдвига. Направление осей напря-

жения растяжения и промежуточного напряжения ближе к меридиональному, а оси напряжения сжатия—к широтному. При этом оси напряжения сжатия и промежуточного напряжения направлены близгоризонтально, а ось напряжения растяжения—близвертикально.

Землетрясение 12 января 1976 г. произошло в районе Вана и имело магнитуду $4\frac{3}{4}$. Для простирания плоскости разрыва в очаге этого землетрясения азимут получился равным 60° , что находится в хорошем соответствии с данными Ереван-Севанской линейной зоны, проходящей от г. Казах по р. Агстев к Еревану и в Турцию к оз. Ван [97]. К этой линейной зоне и приурочен, по-видимому, очаг землетрясения 12 января 1976 г. Плоскость разрыва в очаге падает к северо-западу под углом 54° . Ось напряжения сжатия ориентирована в близмеридиональном, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—в близширотном направлениях. При этом ось напряжения сжатия направлена близгоризонтально, ось напряжения растяжения—ближе к горизонтальному, а ось промежуточного напряжения—ближе к вертикальному.

Нами исследован механизм очага Чалдыранского землетрясения и его 14 сильных афтершоков. Чалдыранское землетрясение произошло 24 ноября 1976 г. и явилось одним из сильнейших землетрясений Армянского нагорья. Магнитуда землетрясения, определенная по поверхностной волне, равна 7,0 [88].

Эпицентр Чалдыранского землетрясения на рис. 20 отмечен цифрой 1, а эпицентры афтершоков, механизм которых исследован, цифрами 2—15.

При проведении нодальных линий для основного толчка использованы знаки первых смещений в продольных волнах на сейсмограммах 160 станций сейсмической сети мира. Правильность проведенных нодальных линий была подтверждена путем построения нодальных линий SV и SH и сопоставления наблюдаемых знаков смещений в поперечных волнах на станциях «Иркутск» и «Пулково» с теоретически возможными смещениями в этих точках.

Направление одной из определенных нами возможных плоскостей разрывов в очаге Чалдыранского землетрясения получилось субширотным и примерно совпадающим с направлением афтершоковой области, с направлением вытянутости максимальных девяти- и восьмибалльных изосейст, а также с Чалдыранским разрывом, образовавшимся при этом землетрясении. Все это дает нам основание считать эту плоскость плоскостью разрыва в очаге Чалдыранского землетрясения. Падение этой плоскости, как и у Чалдыранского разрыва, крутое и имеет направление к ЮЗ, а

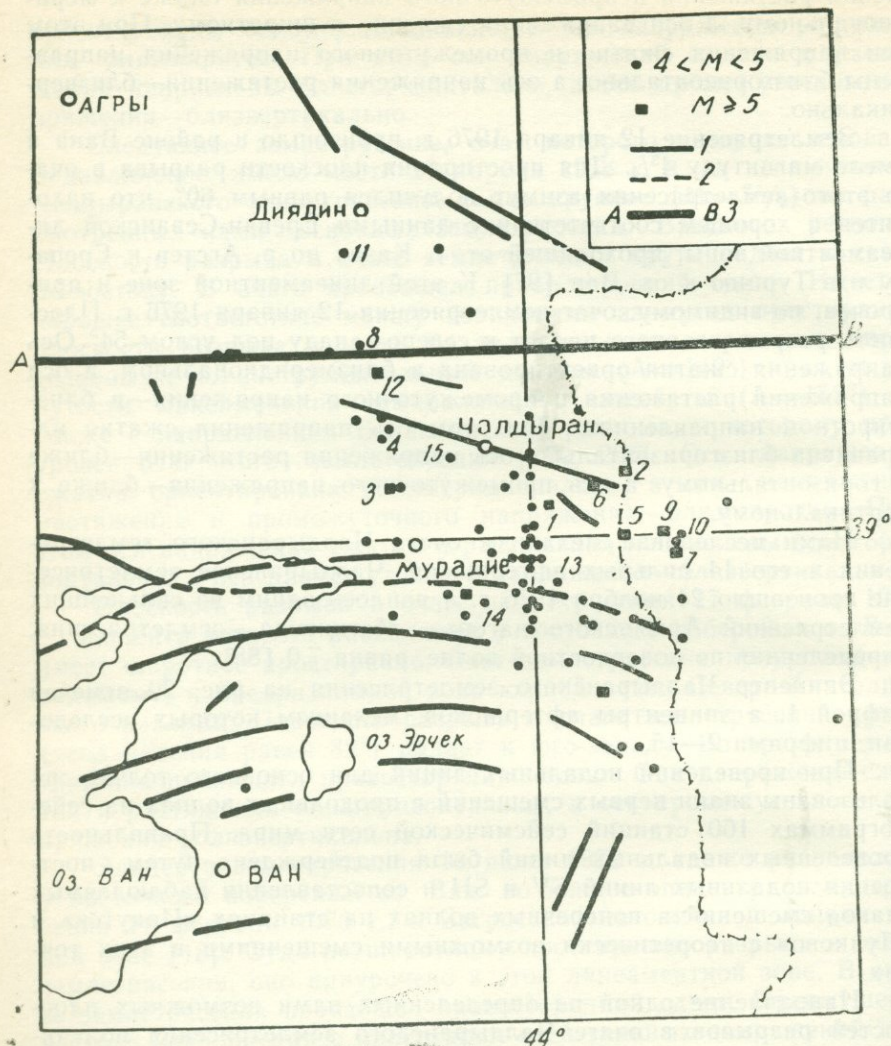


Рис. 20. Карта эпицентров Чалдыранского землетрясения и его афтершоков: 1—разломы, 2—предполагаемые разломы, 3—границы тектонических зон [201].

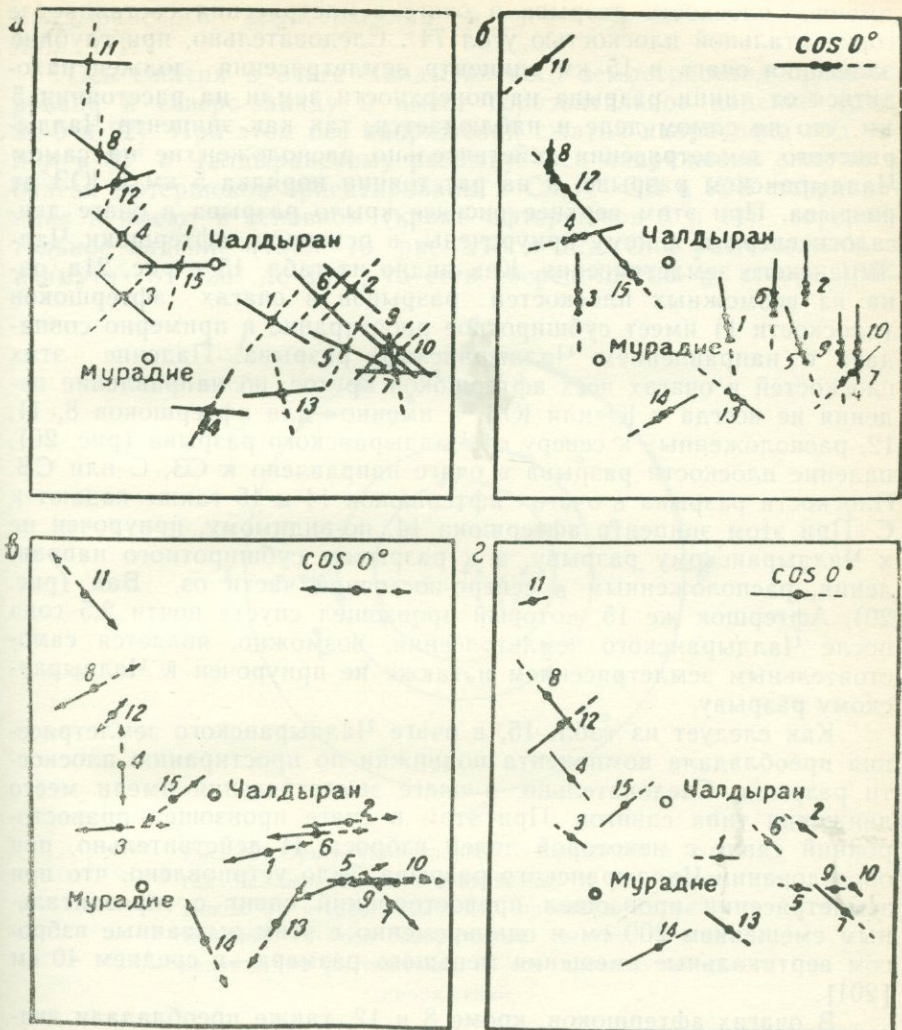


Рис. 21. Ориентация плоскостей разрывов и главных напряжений в очагах Чалдыранского землетрясения и его афтершоков: а) ориентация плоскостей разрывов в очагах; б) ориентация напряжений сжатия; в) ориентация напряжений растяжения; г) ориентация промежуточных напряжений.

именно—плоскость разрыва в очаге землетрясения составляет с горизонтальной плоскостью угол 74° . Следовательно, при глубине залегания очага в 15 км эпицентр землетрясения должен находиться от линии разрыва на поверхности земли на расстоянии 5 км, что на самом деле и наблюдается, так как эпицентр Чалдыранского землетрясения действительно расположен не на самом Чалдыранском разрыве, а на расстоянии порядка 5 км к ЮЗ от разрыва. При этом верхнее висячее крыло разрыва в очаге двигалось вверх и к нему приурочены, в основном, афтершоки Чалдыранского землетрясения. Как видно из табл. 15 и рис. 21а, одна из возможных плоскостей разрывов в очагах афтершоков (плоскости 1) имеет субширотное простирание и примерно совпадает с направлением Чалдыранского разрыва. Падение этих плоскостей в очагах всех афтершоков крутое, но направление падения не всегда к Ю или ЮЗ, а именно—для афтершоков 8, 11, 12, расположенных к северу от Чалдыранского разрыва (рис. 20), падение плоскости разрыва в очаге направлено к СЗ, С или СВ. Плоскости разрыва в очагах афтершоков 14 и 15 также падают к С. При этом эпицентр афтершока 14, по-видимому, приурочен не к Чалдыранскому разрыву, а к разрывам субширотного направления, расположенным в северо-восточной части оз. Ван (рис. 20). Афтершок же 15, который произошел спустя почти 2,5 года после Чалдыранского землетрясения, возможно, является самостоятельным землетрясением и также не приурочен к Чалдыранскому разрыву.

Как следует из табл. 15, в очаге Чалдыранского землетрясения преобладала компонента подвижки по простиранию плоскости разрыва. Следовательно, в очаге землетрясения имели место движения типа сдвигов. При этом в очаге произошел правосторонний сдвиг с некоторой долей взброса. И действительно, при обследовании Чалдыранского разрыва было установлено, что при землетрясении произошел правосторонний сдвиг с горизонтальным смещением 200 см и одновременно с этим вызванные взбросом вертикальные смещения меньшего размера—в среднем 40 см [201].

В очагах афтершоков, кроме 8 и 12, также преобладали движения типа сдвигов. В очаге афтершока 8 преобладали движения типа сброса, а в очаге афтершока 12—взброса. В очагах обоих этих афтершоков имелась также определенная доля правосторонних сдвиговых движений. В очагах афтершоков имели место, в основном, правосторонние сдвиги. Только в очагах афтершоков 4, 7, 11 и 14 сдвиги были левосторонними.

Определены направления осей главных напряжений в очаге

Чалдыранского землетрясения и его афтершоков (рис. 22, табл. 15).

Ось сжатия в очаге Чалдыранского землетрясения ориентирована к северо-западу и имеет горизонтальное падение (рис. 21 б и 22). При этом ось напряжений сжатия направлена под углом в 62° к Чалдыранскому разрыву. Оси напряжений сжатий в очагах афтершоков ориентированы в СЗ, С СВ и ЮВ направлениях и имеют в основном (кроме афтершоков 8 и 14) горизонтальное падение (табл. 15, рис. 21б и 22). Они расположены в азимутах от 320° до 140° , то есть сосредоточены в створе 180° .

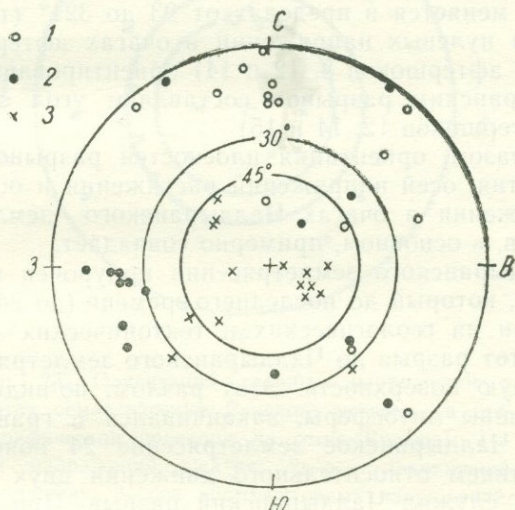


Рис. 22. Ориентация главных напряжений в очагах Чалдыранского землетрясения и его афтершоков (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

Оси напряжений сжатий в очагах афтершоков, происшедших до января 1977 г., составляют с Чалдыранским разрывом углы больше 50° (кроме афтершока 4), а начиная с января 1977 г. эти углы меньше 50° .

Ось напряжений растяжения в очаге Чалдыранского землетрясения направлена к юго-западу, имеет близгоризонтальное падение и с Чалдыранским разрывом составляет угол в 32° (табл. 15, рис. 21в и 22). Оси напряжений растяжения в очагах афтер-

шоков ориентированы в разных направлениях (азимуты осей изменяются в пределах от 34 до 331°) и кроме афтершока 12 имеют падение, близкое к горизонтальному (рис. 21в и 22, табл. 15). Оси напряжений растяжения в очагах последующих толчков Чалдыранского землетрясения, кроме афтершоков 4, 8, 12, 13 и 15, составляют с Чалдыранским разрывом углы меньше 50°.

Ось нулевых или промежуточных напряжений в очаге Чалдыранского землетрясения направлена к востоку, имеет вертикальное падение и с Чалдыранским разрывом составляет угол в 17° (табл. 15, рис. 21г и 22). Оси нулевых или промежуточных напряжений в очагах афтершоков направлены к В, ЮВ, ЮЗ и СЗ. Азимут этих осей меняется в пределах от 93 до 321° (табл. 15, рис. 21г и 22). Оси нулевых напряжений в очагах афтершоков в основном (кроме афтершоков 8, 12 и 14) ориентированы вертикально и с Чалдыранским разрывом составляют угол $\leq 33^\circ$ (за исключением афтершоков 12, 14 и 15).

Таким образом, ориентация плоскостей разрывов, осей напряжений сжатия, осей напряжений растяжения и осей промежуточного напряжения в очагах Чалдыранского землетрясения и его афтершоков, в основном, примерно совпадает.

Очаг Чалдыранского землетрясения приурочен к Чалдыранскому разрыву, который до последнего времени (до 24. XI. 1976 г.) не был отмечен на геологических и тектонических картах Турции, так как этот разрыв до Чалдыранского землетрясения не выходил на земную поверхность. Этот разлом, по-видимому, начинаясь от подошвы литосферы, заканчивался в гранитном слое земной коры. Чалдыранское землетрясение 24 ноября 1976 г. явилось следствием относительного движения двух блоков, границей которых служил Чалдыранский разрыв. При этом движении разрыв вышел на земную поверхность.

По сейсмограмме Чалдыранского землетрясения, записанной длиннопериодной, широкополосной аппаратурой СКД на сейсмической станции «Петропавловск», нами изучен механизм процесса развития очага этого землетрясения. При этом очаг землетрясения, т. е. источник колебаний, принят в форме расширяющейся площадки скольжения [44, 45].

По записи S-волны на указанной сейсмограмме определены продолжительность всего процесса вспарывания в очаге Чалдыранского землетрясения $\tau = 23$ сек и скорость вспарывания $v = 0,9$ км/сек. Радиус круговой площадки, где процесс происходил мгновенно, получился $\rho' = 45$ км, а радиус очага, то есть длина разрыва в очаге землетрясения $\rho = 65$ км. Таким образом, полученное значение для длины разрыва в очаге землетрясения

превосходит длину Чалдыранского разрыва на поверхности земли всего на 12 км.

На рис. 23 дана ориентация осей главных напряжений в очагах землетрясений Ванского региона. Как следует из этого рисунка, оси напряжения сжатия ориентированы горизонтально (угол

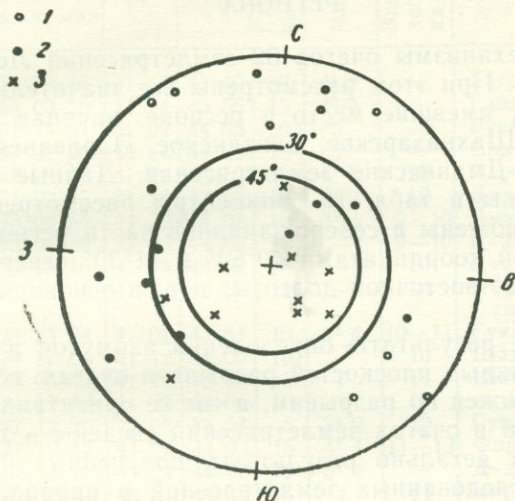


Рис. 23. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Ванского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

падения осей составляет от 2 до 24°) и расположены в азимутах от 320 до 145° , т. е. они сосредоточены в створе 185° .

Оси напряжения растяжения в основном ориентированы горизонтально (кроме землетрясений 16 и 22), но имеют несколько больший угол падения (от 8 до 39°), чем оси напряжения сжатия и находятся во всех азимутах.

Оси промежуточного напряжения (рис. 23) в основном ориентированы вертикально (кроме землетрясений 16 и 22) и расположены во всех квадрантах.

Подвижка по разрыву в очагах рассмотренных землетрясений (кроме землетрясений 16 и 22) имеет значительную сдвиговую компоненту. При этом в очагах землетрясений 18 и 23 произошел левосторонний, а во всех остальных случаях—правосторон-

ний сдвиг. В очагах землетрясений 16 и 22 произошли взброс и взбросо-надвиг с некоторой долей сдвига.

§ 7. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЛЕНИНАКАНСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 32 землетрясений Ленинаканского региона [93]. При этом рассмотрены все значительные сейсмические события, имевшие место в регионе, начиная с 1958 г., в числе которых Шахназарское, Спитакское, Параванское, а также Гукасянские и Дманисские землетрясения. Данные о землетрясениях приведены в табл. 16. Эпицентры рассмотренных землетрясений расположены в северо-западной части региона, в области, ограниченной координатами $40^{\circ}50'$ и $41^{\circ}30'$ северной широты и $43^{\circ}45'$ и $44^{\circ}25'$ восточной долготы, т. е. в основном на Джавахетском нагорье.

Полученные результаты определения азимутов и углов падения двух возможных плоскостей разрыва в очагах, величин и направления подвижек по разрывам, а также ориентаций осей главных напряжений в очагах землетрясений сведены в табл. 17.

Рассмотрим детально результаты, полученные по механизмам очагов исследованных землетрясений в направлении с юга на север.

На юге рассматриваемой территории расположены эпицентры Кироваканского ($M=4$) и Спитакского ($M=5$) землетрясений. По данным макросейсмических обследований [21, 125, 173] нами построена изосейста 5—6 баллов при Спитакском землетрясении 30 января 1967 г., согласно которой азимут направления вытянутости изосейсты (что соответствует направлению разрыва) равен 110° . При исследовании механизма очага нами были использованы знаки первых смещений на 53 сейсмических станциях. Азимут разрыва в очаге получился равным 124° . На карте линеаментов эпицентр землетрясения расположен в Присеванской и Северосеванской линеаментной зоне, которая на этом участке имеет близширотное простирание с азимутом 110° [97]. К этому же линеаменту приурочен очаг землетрясения в районе г. Кировакана 17 января 1978 г., эпицентр которого расположен в 22 км юго-восточнее от эпицентра Спитакского землетрясения. Азимут простирания разрыва в очаге этого землетрясения составляет 110° .

Согласно простиранию плоскостей разрывов в очагах Кироваканского и Спитакского землетрясений, очаги этих землетрясений приурочены к Ширако-Зангезурскому глубинному разлому [16].

Основные параметры землетрясений Ленинканского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин			Координаты эпицентра		Глубина км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
				φ°	λ°				
1	16 V	1958	09 18	41 14	43 49	20	4 ¹ / ₂	—	Богдановки
2	31 V	1958	03 50	41 24	43 55	15	4 ³ / ₄	—	Гандзы
3	3 XII	1961	18 31	41 02	44 05	20	5	—	Гукасянское I
4	30 I	1967	01 20	40 54	44 09	20	5	—	Спитакское
5	23 VI	1967	08 22	41 24	43 52	10	4 ¹ / ₂	12	Параванское
6	8 IX	1971	22 35	41 16	43 59	15	4 ¹ / ₂	12	Дманиское I
7	11/III	1973	08 55	41 22	44 02	10	3 ¹ / ₄	9—10	Дманиси
8	11/III	1973	08 59	41 25	44 05	10	—	9—10	Дманиси
9	14 V	1973	15 10	41 18	44 03	10	—	10	Дманиси
10	1 VI	1973	09 35	41 22	43 58	10	—	10	Форшок Шахназарского землетрясения
11	27 VI	1973	23 24	41 02	43 51	10	3 ³ / ₄	10—11	Гукасянское II
12	10 I	1974	17 05	41 12	44 00	10	—	10	Шахназар
13	30 III	1974	00 34	41 24	43 58	5	4	11	Шахназарское
14	12 VII	1974	17 42	41 21	44 00	10	—	10	г. Агрикар
15	10 I	1977	12 26	41 06	43 54	5	3 ¹ / ₂	10	Гукасяна
16	14/III	1977	19 42	41 20	44 01	15	4 ¹ / ₄	11—12	Форшок Дман II землетр.
17	2 I	1978	06 31	41 24	44 07	10	5 ¹ / ₄	—	Дманское II
18	17 I	1978	19 12	40 51	44 24	15	4	11	Кировакана
19	1 III	1978	10 20	41 18	43 58	10	—	10	Афтершок Дманинского II землетрясения
20	20 III	1978	05 29	41 12	44 02	10	3 ³ / ₄	10—11	Афтершок Дманинского II землетрясения
21	14 VI	1978	13 35	41 22	44 00	15	4	11	—
22	17 VI	1978	18 58	41 20	43 54	10	3 ³ / ₄	10—11	—
23	27 VI	1978	04 45	41 08	44 00	15	4	11	—
24	15 VII	1978	09 04	41 14	44 00	15	4 ¹ / ₂	12	—
25	2 IV	1979	07 16	41 16	43 50	15	—	10	Богдановки
26	7 V	1980	03 41	41 10	44 03	18	—	9	Гукасяна
27	23 V	1980	03 18	41 29	43 49	10	—	10	Гандзы
28	23 V	1980	06 37	41 28	43 49	10	—	10	Гандзы
29	23 V	1980	06 39	41 28	43 48	10	—	9	Гандзы
30	23 V	1980	07 03	41 27	43 49	10	—	10	Гандзы
31	27 XI	1980	17 33	41 16	43 49	10	—	10	Богдановки
32	17 XII	1983	00 14	41 12	44 01	20	4 ¹ / ₄	11—12	Гукасяна

Таким образом, два сильных землетрясения с $M \geq 4$ произошли вдоль одного и того же разрыва (линеамента) в разных его частях с интервалом в 11 лет.

Падение плоскости разрыва в очагах Спитакского и Кироваканского землетрясений направлено к юго-западу под углом, соответственно, 64° и 44° . При обоих землетрясениях оси напря-

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Ленинканского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин		Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
			вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки		сжатия		промежу- точное		растя- жения	
A°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	A°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	A°	е°	A°	е°	A°	е°			
1	16.V	1958 09 18	192	28	-0.68	+0.73	59	70	+0.34	+0.94	224	23	323	19	88	60
2	31.V	1958 03 50	25	10	+0.54	+0.84	160	50	-0.55	+0.83	183	1	274	24	93	65
3	3.XII	1961 18 31	99	76	-0.99	+0.14	6	82	+0.97	+0.23	143	4	247	74	52	15
4	30.I	1967 01 20	214	64	+0.59	+0.81	335	44	-0.77	+0.64	9	12	105	33	261	55
5	29.VI	1967 08 22	294	62	-0.97	-0.24	30	78	+0.87	-0.45	346	29	142	58	250	10
6	8.IX	1971 22 35	244	60	+0.95	-0.31	145	74	-0.86	-0.52	191	33	32	55	287	9
7	11.III	1973 08 55	236	14	+0.43	+0.90	339	25	-0.97	+0.24	35	35	144	26	233	45
8	11.III	1973 08 59	227	84	+0.33	+0.94	333	20	-0.95	+0.30	30	37	136	20	248	47
9	14.V	1973 15 10	254	20	+0.98	+0.20	355	86	-0.33	+0.94	192	39	86	19	336	46
10	1.VI	1973 09 35	234	52	+0.94	+0.34	342	80	-0.50	+0.87	186	28	78	30	311	47
11	27.VI	1973 23 24	278	50	-0.34	+0.94	128	44	+0.38	+0.92	112	3	22	15	212	74
12	10.I	1974 17 08	204	30	+0.45	+0.89	354	64	-0.25	+0.97	184	18	91	13	326	68
13	30.III	1974 00 34	330	72	-0.87	+0.49	224	64	+0.85	+0.53	7	1	99	50	276	40
14	12.VII	1974 17 42	289	86	+0.11	+0.99	166	8	-0.84	+0.54	114	41	19	6	283	48
15	10.I	1977 12 25	99	76	+0.45	-0.89	344	30	-0.88	-0.48	68	52	195	26	300	26
16	14.III	1977 19 42	328	44	-0.74	+0.67	204	12	+0.58	+0.81	359	11	97	31	253	57
17	2.I	1978 06 31	246	72	+0.71	+0.70	353	45	-0.91	+0.41	34	15	138	42	290	43
18	17.I	1978 19 12	200	44	+0.78	+0.63	320	64	-0.60	+0.80	166	12	69	33	273	55
19	1.III	1978 10 20	229	62	-0.41	-0.91	5	36	+0.61	-0.79	272	64	127	21	32	14
20	2.III	1978 05 29	254	80	+0.74	+0.67	352	48	-0.97	+0.23	40	20	153	47	294	36
21	14.VI	1978 13 35	252	84	+1.00	+0.03	342	88	-0.99	+0.10	207	3	91	84	298	6
22	17.VI	1978 18 58	253	60	-0.95	+0.32	153	74	+0.85	+0.52	295	9	39	55	199	33
23	27.VI	1978 04 45	253	60	+0.59	-0.81	128	46	-0.71	-0.70	200	58	3	31	98	8
24	15.VIII	1978 09 04	249	70	+0.74	+0.68	356	50	-0.89	+0.45	37	12	139	44	296	44
25	2.IV	1979 07 16	192	60	-0.60	+0.80	68	46	+0.71	+0.70	38	8	304	30	140	58
26	7.V	1980 03 41	273	25	+0.87	+0.50	31	80	-0.30	+0.95	226	33	125	17	11	52
27	23.V	1980 03 18	315	52	-1.00	-0.19	48	86	+0.79	-0.2	9	30	144	52	266	22
28	23.V	1980 06 37	315	70	-0.68	-0.74	66	46	+0.87	-0.48	359	47	206	39	105	14
29	23.V	1980 06 39	316	72	-0.77	-0.64	60	52	+0.92	-0.40	1	41	205	47	102	12
30	23.V	1980 07 03	318	74	-0.75	-0.66	62	50	+0.93	-0.37	2	41	210	46	105	15
31	27.XI	1980 17 33	198	30	-0.67	+0.74	65	68	+0.36	+0.93	229	21	327	19	96	61
32	17.XII	1983 00 14	188	52	+0.43	+0.90	330	45	-0.50	+0.87	351	4	82	20	251	69

жений сжатия ориентированы в меридиональном направлении, горизонтально (угол с горизонтальной плоскостью при обоих землетрясениях равен 12°), оси напряжения растяжения ориентированы в широтном направлении, близвертикально (угол оси с горизонтальной плоскостью в обоих случаях составляет 55°). Характер подвижки: при Спитакском землетрясении—взброс со значительной долей правостороннего сдвига, а при Кироваканском—правосторонний сдвиг с очень большой долей надвига.

Эпицентры следующей группы землетрясений, механизм очагов которых нами исследован, расположены северо-западнее эпицентров Спитакского и Кироваканского землетрясений, в районе Гукасяна. Первое Гукасянское землетрясение произошло 3 декабря 1961 г. и имело магнитуду 5. По материалам макросейсмических исследований последствий землетрясения [173, 125] нами построена 5-балльная изосейста, которая вытянута в меридиональном направлении: азимут большой оси равен 7° . Азимут простирания разрыва в очаге составляет 9° , что хорошо согласуется с макросейсмическими данными. Падение плоскости разрыва в очаге направлено к юго-востоку под углом 76° . Второе Гукасянское землетрясение, эпицентр которого расположен в 15 км западнее первого, произошло 27 июня 1973 г. Первая изосейста, построенная нами по макросейсмическим данным [22, 125, 133], вытянута в меридиональном направлении ($A=8^\circ$). Такое же направление имеет и разрыв в очаге землетрясения. Но падение плоскости разрыва направлено к северо-западу под углом 50° . Отсюда следует заключить, что очаги этих двух землетрясений относятся к двум соседним блокам, разделенным крупной разломной зоной, шириной порядка 15 км. Этим, по-видимому, и объясняется различие в ориентациях осей главных напряжений, действующих в очагах этих землетрясений. Отличаются также и характеры подвижки: при первом землетрясении произошел левосторонний сдвиг, а при втором—взброс. К Гукасянской группе относятся также землетрясения 10 января 1977 г. и 7 мая 1980 г. При этом в обоих случаях плоскость разрыва в очагах имеет меридиональное направление, но падение плоскости разрыва в очаге землетрясения 10 января 1977 г. крутое и направлено к юго-востоку, как при I Гукасянском землетрясении, а в очаге землетрясения 7 мая 1980 г.—к северо-западу, как при II Гукасянском землетрясении.

Согласно простиранию плоскостей разрывов в очагах землетрясений Гукасянской группы, очаги этих землетрясений приурочены к Транскавказской субмеридиональной зоне разломов [55] (Транскавказскому линеаменту, выявленному по КС [18]).

Следующая, Богдановская, группа землетрясений, механизм очагов которых нами исследован, расположена северо-западнее Гукасянской группы и характеризуется широтным простиранием разрыва в очагах землетрясений, падающим к юго-западу. К этой группе относятся землетрясения 16 мая 1958 г., 2 апреля 1979 г. и 27 ноября 1980 г. Во всех трех случаях оси напряжений сжатия и промежуточных напряжений направлены близгоризонтально, а оси напряжений растяжения—близвертикально. Подвижка по разрыву в очагах этих землетрясений имеет взбросовую или надвиговую компоненту с значительной долей левостороннего сдвига. Таким образом, в очагах землетрясений этой группы происходил взбросо-сдвиг или надвиго-сдвиг. Очаги этой группы землетрясений приурочены к продольному Локско-Агдамскому глубинному разлому [56, 59].

Северо-восточнее Богдановской группы расположена Гандза-Дманисская группа землетрясений. В этом районе пересекаются три различно направленных линеамента: меридиональный—Транскавказский, широтный на этом участке—Хопа-Агдамский и северо-восточного простирания с азимутом примерно 55° —Чорох-Дзирульский. Гандза-Дманисская группа землетрясений является наиболее многочисленной из всех рассмотренных в Ленинканском регионе.

Рассмотрим результаты, полученные по механизму очагов этих землетрясений, в хронологическом порядке.

Разрыв в очаге землетрясения 31 мая 1958 г. имеет широтное направление как по макросейсмическим (107°), так и по инструментальным (115°) данным. Следовательно, очаг приурочен к продольному Южному глубинному разлому Аджаро-Триалетской системы. Ось напряжения сжатия имеет меридиональное направление, а ось напряжения растяжения и ось промежуточного напряжения—широтное. При этом ось напряжения сжатия ориентирована горизонтально, ось промежуточного напряжения—близгоризонтально, а ось напряжения растяжения—близвертикально. Подвижка по разрыву имеет характер взброса со значительной долей правостороннего сдвига. Землетрясение 31 мая 1958 г. имело форшок, который произошел днем раньше (30 мая), и в очаге которого, согласно макросейсмическим данным [125, 165, 173] по направленности первой изосейсты, произошел разрыв с азимутом в 40° , т. е. под углом примерно 70° к разрыву в очаге основного толчка. Таким образом, появился прогностический признак, выявленный нами на территории Армянского нагорья при изучении механизма очагов землетрясений Эрзинджап-Бингельского региона [92].

Затем 29 июня 1967 г. произошло Параванское землетрясение, эпицентр которого расположен вблизи Транскавказского меридионального линейного элемента. В очаге этого землетрясения произошел меридиональный разрыв, а подвижка по разрыву имела характер левостороннего сдвига. Ось напряжения сжатия ориентирована в меридиональном, а ось напряжения растяжения—в широтном направлениях. Обе оси близгоризонтальны.

8 сентября 1971 г. имело место первое Дманисское землетрясение, которое не сопровождалось землетрясением равной или большей силы, так как плоскость разрыва в очаге землетрясения имеет меридиональное простираание, как и крупный Кечутский глубинный разлом, проходящий здесь.

Затем в 1973 и 1974 гг. в районе Дманиси и Шахназара произошло несколько землетрясений с $K=9-10$ и 10. При этом землетрясение 1 июня 1973 г. явилось форшоком 6—7-балльного Шахназарского землетрясения 30 марта 1974 г. Азимут разрыва в очаге Шахназарского землетрясения, по макросейсмическим данным, равен 55° , а по инструментальным— 60° , что хорошо соответствует данным о Чорох-Дзирульском линейном элементе. В очаге же форшока этого землетрясения азимут простираания разрыва равен 144° .

2 января 1978 г. произошло второе Дманисское землетрясение с магнитудой $5\frac{1}{4}$. При исследовании механизма очага Дманисского II землетрясения нами использованы данные 74 сейсмических станций. Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками, из которых для шести нами изучен механизм очага. В очагах Дманисского землетрясения и его афтершоков плоскость разрыва ориентирована меридионально и имеет крутое падение к юго-западу. Землетрясение 2 января 1978 г. имело форшок 14 марта 1977 г. с магнитудой $4\frac{1}{4}$. Обе возможные плоскости разрыва в очаге форшока, определенные по данным 30 сейсмических станций, имеют широтное направление, не совпадающее с Кечутским разрывом, с которым связаны Дманисские землетрясения [66]. Следовательно, после 5—6-балльного землетрясения 14 марта 1977 г. должно было последовать более сильное землетрясение. Действительно, 2 января 1978 г. произошло Дманисское II землетрясение, проявившееся в эпицентральной области с силой 8 баллов. Компоненты подвижки имеют одинаковую величину по простираанию и по падению разрыва, то есть произошел правосторонний сдвиг со взбросом.

На рис. 24 даны направления плоскостей разрыва в очагах Дманисского II землетрясения, его форшока и афтершоков. Номера землетрясений на рисунке соответствуют порядковым номерам табл. 16. Из рис. 24 следует, что направления плоскостей

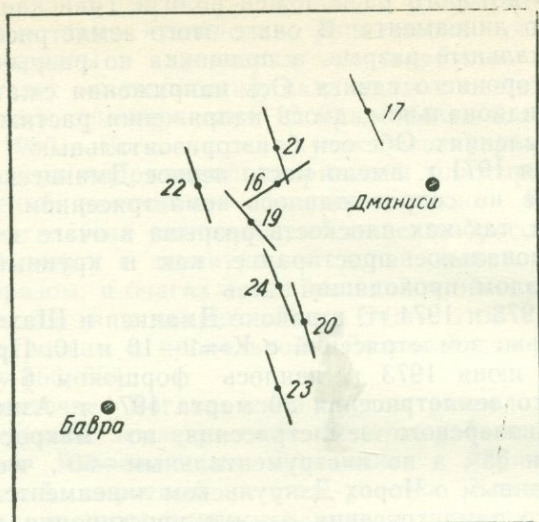


Рис. 24. Ориентация плоскостей разрывов в очагах Дманисского землетрясения 2 января 1978 г., его форшока и афтершоков.

разрыва в очагах форшока и основного землетрясения не совпадают.

Таким образом, выявленный при изучении механизмов очагов землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона прогностический признак возникновения сильного землетрясения подтверждается также при рассмотрении механизмов очагов землетрясений Ленинаканского региона.

Для последней группы землетрясений, которые имели место в районе Гандзы в пограничной с Аджаро-Триалетским регионом зоне 23 мая 1980 г., характерно крутое падение плоскости разрыва в очаге, азимут простираения которого равен $45-48^\circ$. Очаги этих землетрясений приурочены к Чорох-Дзирульской группе линейментов северо-восточного простираения.

Оси напряжения сжатия с горизонтальной плоскостью составляют угол $30-47^\circ$ и имеют меридиональное направление, а оси напряжения растяжения ориентированы горизонтально (угол с горизонтальной плоскостью равен $12-22^\circ$) в широтном направлении.

Как следует из вышеприведенного анализа и из табл. 17, плоскости разрыва в очагах землетрясений Ленинанканского региона в основном совпадают с направлением разломов (линеаментов), но не всегда имеют крутое падение. Из 32 рассмотренных случаев при 24 землетрясениях угол падения плоскости разрыва в очаге $e \geq 50^\circ$, но в восьми случаях этот угол меньше 45° .

На рис. 25 дана ориентация осей главных напряжений в очагах землетрясений Ленинанканского региона в стереографической

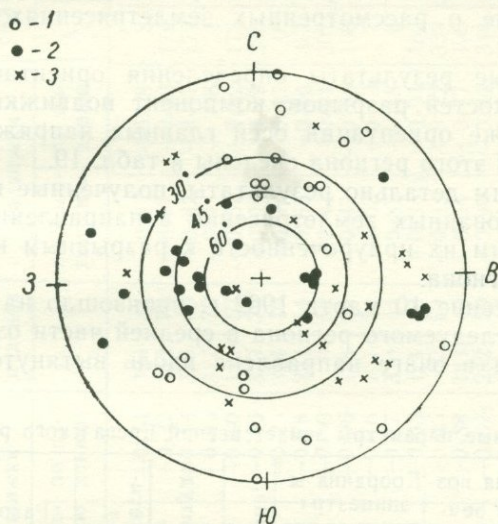


Рис. 25. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Ленинанканского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

проекции. Как следует из этого рисунка, оси напряжений сжатия в девятнадцати случаях составляют с горизонтальной плоскостью угол $e \leq 30^\circ$, в 12 случаях—угол $30^\circ < e < 60^\circ$ и только в одном случае $e \geq 60^\circ$. Оси напряжений растяжения в 11 случаях составляют с горизонтальной плоскостью угол $e \leq 30^\circ$, в пятнадцати случаях $30^\circ < e < 60^\circ$ и в шести случаях $e \geq 60^\circ$. Оси промежуточных напряжений в 15 случаях имеют $e \leq 30^\circ$, в 15 случаях— $30^\circ < e < 60^\circ$ и только в двух случаях $e \geq 60^\circ$.

Полученные данные о различных ориентациях плоскостей разрывов и главных осей напряжений в очагах землетрясений об-

условлены сложным блоковым строением земной коры и наличием разнонаправленных разрывов (линеаментов) на территории Лениканского региона.

§ 8. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЕРЕВАНСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 16 землетрясений, происшедших в разных областях Ереванского региона: в районе Игдыра, оз. Севан, Еревана, Арзни, Норашена, Урцадзора и Арарата [96]. Основные данные о рассмотренных землетрясениях приведены в табл. 18.

Полученные результаты определения ориентаций двух возможных плоскостей разрывов, компонент подвижки в этих плоскостях, а также ориентаций осей главных напряжений в очагах землетрясений этого региона сведены в табл. 19.

Рассмотрим детально результаты, полученные по механизмам очагов исследованных землетрясений в направлении с севера на юг и определим их приуроченность к разрывным нарушениям на территории региона.

Землетрясение 10 марта 1962 г. произошло на крайнем северо-востоке исследуемого региона в средней части оз. Севан. Плоскость разрыва в очаге направлена вдоль вытянутости оз. Севан

Таблица 18

Основные параметры землетрясений Ереванского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин		Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
			°N'	°E'				
1	10/III	1962 07 18	40 27	45 12	37	—	10	оз. Севан
2	4/IX	1962 12 59	39 53	44 06	10	5 ¹ 4	—	Игдырское
3	11/IX	1962 00 17	39 57	44 02	15	4 ¹ 2	—	Афтершок Игдырского землетрясения
4	19 IX	1962 14 13	40 00	44 10	15	4	11	—
5	9 X	1962 06 56	39 36	44 42	15	4	—	Исахана
6	17/IV	1963 16 25	40 14	44 44	23	—	10	Арзни
7	16 VI	1973 08 59	40 15	44 31	10	4	11	Ереванское III
8	2/IV	1976 16 58	39 51	43 41	20	4 ³ 4	12—13	Игдыра
9	30 IX	1977 16 50	39 42	44 45	10	4 ¹ 2	12	Норашена
10	25 II	1978 08 25	40 12	44 24	10	4	11	Ереванское IV
11	8 III	1979 00 00	39 54	44 42	25	—	10	Веди
12	5 VI	1979 14 43	40 02	45 02	6	—	10	Урцадзор
13	6/I	1980 22 38	39 54	45 14	26	—	9	Урцадзора
14	2/XII	1983 10 32	39 40	45 08	16	3 ¹ 2	10	Урцадзора
15	2/VIII	1984 05 52	40 11	44 19	10	4	11	Ереванское V
16	18/IV	1985 16 34	39 43	44 38	15	4	11	Арарата

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Ереванского региона

№№ п/п	Дата и время воз- никновения земле- трясения, число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
		вектор п дения		компоненты по подвижки		вектор п дения		компоненты по подвижки		сжатия		промежу- точное		растя- жения	
		А°	е°	по про- стиранию	по па- дению	А°	е°	по про- стиранию	по па- дению	А°	е°	А°	е°	А°	е°
1	10/III 1962 07 18	218	80	+0,67	+0,74	321	43	-0,95	+0,98	8	22	120	41	253	40
2	4/IX 1962 22 59	224	78	+0,98	+0,22	315	76	-0,97	+0,23	179	1	94	72	271	18
3	11/IX 1962 00 17	203	69	+0,81	+0,53	316	60	-0,82	+0,57	172	1	81	45	261	45
4	19/IX 1962 14 13	223	80	+0,91	+0,35	317	70	-0,98	+0,18	1	7	107	67	238	21
		241	50	+0,61	-0,80	112	52	-0,57	-0,82	175	63	359	23	268	2
5	9/X 1962 06 53	234	80	-0,93	-0,36	329	70	+0,98	-0,19	230	21	122	68	14	7
6	17/IV 1963 16 25	55	89	+0,97	-0,21	324	76	-0,93	-0,17	10	18	182	73	279	3
		60	50	+0,63	-0,78	293	54	-0,60	-0,80	353	61	178	29	87	2
		225	45	+0,44	+0,90	9	50	-0,42	+0,91	207	2	116	19	395	72
7	16/VI 1973 08 59	328	60	-0,29	+0,96	178	34	+0,43	+0,90	160	14	66	14	292	70
8	2/IV 1976 16 58	31	50	+0,65	+0,76	161	54	-0,62	+0,79	7	2	276	30	100	60
9	30/IX 1977 15 50	208	70	+0,64	+0,77	320	44	-0,87	+0,48	0	15	102	38	253	48
10	25/II 1973 08 25	328	52	-0,30	+0,95	174	42	+0,35	+0,94	169	6	69	14	271	76
		118	78	-0,89	+0,45	22	61	+0,93	+0,22	339	9	230	62	73	27
11	8/III 1979 09 00	39	60	+0,47	+0,88	163	40	-0,54	+0,77	190	12	236	24	77	63
		29	70	+0,73	-0,69	282	50	-0,90	-0,44	314	44	139	43	241	12
12	5/VI 1979 14 43	31	81	+0,15	+0,99	161	12	-0,63	+0,74	204	36	301	8	40	54
13	6/I 1980 22 38	30	84	-0,4	-0,99	262	10	-0,78	-0,63	22	51	121	8	217	39
14	2/XII 1983 19 32	60	70	+0,03	-1,00	245	21	-0,07	-1,00	57	65	151	2	242	25
15	2/VIII 1984 05 52	323	44	-0,52	+0,83	185	54	+0,44	+0,90	347	6	79	21	244	68
16	18/IV 1985 16 24	58	82	+0,28	+0,95	173	18	-0,99	+0,44	225	35	326	16	77	51

с крутым падением к юго-западу и совпадает с разрывом, отделяющим Присеванскую интрагеосинклинальную тектоническую зону от Кафанской моноклинальной тектонической зоны [16]. В очаге произошел взброс со значительной долей правостороннего сдвига. Ось напряжений сжатия ориентирована в близмеридиональном, а ось напряжения растяжения—в близширотном направлениях. При этом ось напряжения сжатия близгоризонтальна ($\epsilon=22^\circ$), а ось напряжения растяжения с горизонтальной плоскостью составляет угол $\epsilon=40^\circ$.

Следующую группу землетрясений, механизм очагов которых нами исследован, составляют Ереванские землетрясения. Известны пять землетрясений с энергетическим классом $K \geq 11$, эпицентры которых расположены в районе гор. Еревана.

Первое Ереванское землетрясение с $M=4\frac{1}{2}$ имело место 25 января 1910 г. В Ереване землетрясение ощущалось с силой 6—7 баллов.

Затем, спустя 27 лет, 7 января 1937 г. произошло II Ереванское землетрясение силой 7 баллов. В районе Еревана это было наиболее сильное в XX веке землетрясение. Ему предшествовали 4 толчка. Из них первый имел интенсивность в 6 баллов, который вызвал повреждения и некоторые разрушения в гор. Ереване и прилегающих районах, особенно в селе Паракар. Последующие три толчка были слабее 5 баллов. Затем, через 7 часов 24 мин после первого толчка последовал основной толчок. Землетрясение сопровождалось большим количеством афтершоков, из которых 8 ощущались с силой 5 и более баллов [38, 125]. Магнитудная ступень между II Ереванским землетрясением с $M=4\frac{3}{4}$ и его сильнейшим афтершоком с $M=4\frac{1}{2}$ равна $\frac{1}{4}$.

16 июня 1973 г. произошло III Ереванское землетрясение, которое имело магнитуду порядка 4. Это землетрясение было записано всеми сейсмическими станциями Кавказа и некоторыми телесеизмическими станциями Советского Союза и зарубежных стран. Наибольшая дальность регистрации составляла $25,1^\circ$ (станция «Москва»). Самой близко расположенной к эпицентру станцией являлась сейсмическая станция «Ереван» ($\Delta=9$ км). В Ереване землетрясение проявилось с максимальной силой 5—6 баллов [83, 85].

IV Ереванское землетрясение произошло 25 февраля 1978 г. и имело силу 5—6 баллов.

V Ереванское землетрясение 2 августа 1984 г. в эпицентральной области также проявилось силой в 5—6 баллов. Если три последних землетрясения отнести к третьему сейсмоактивному периоду, началом которого можно считать 1973 год, то средний

период повторения сильных землетрясений с эпицентром в районе Еревана в XX века составит 27—36 лет, т. е. $31,5 \pm 4,5$ лет. Увеличение продолжительности третьего сейсмоактивного периода можно объяснить, по-видимому, тем, что разрядка напряжений здесь произошла не сразу, а тремя землетрясениями меньшей магнитуды, чем при землетрясениях в первом и во втором сейсмоактивных периодах.

Для трех последних Ереванских землетрясений нами по инструментальным данным изучен механизм очага. Согласно проведенному исследованию, напряженное состояние в очагах этих землетрясений идентичное, а именно—при всех трех землетрясениях оси напряжений сжатия ориентированы горизонтально в близмеридиональном, а оси напряжений растяжения и промежуточных напряжений—в близширотном направлениях. При этом оси напряжений растяжения близвертикальны, а оси промежуточных напряжений близгоризонтальны. В очагах землетрясений имели место подвижки в основном типа взбросов или надвигов с поднятием северо-западного крыла. Азимут простираения плоскости разрыва в очагах этих землетрясений получился равным $56-58^\circ$. Во всех трех случаях плоскость разрыва в очаге падает к северо-западу под углом $\epsilon = 44-60^\circ$. Для IV Ереванского землетрясения 25 февраля 1978 г., как следует из табл. 19, возможны два варианта проведения нодальных плоскостей. Нами в качестве решения принят первый вариант, так как он соответствует макросейсмическим данным, а именно—большая ось первой изосейсты имеет азимут $A = 59^\circ$ [136]. Следует отметить, что построенная нами по макросейсмическим данным плоскость разрыва в очаге I Ереванского землетрясения 25 января 1910 г. [31, 142, 158] имеет азимут $A = 58^\circ$. Для II Ереванского землетрясения 7 января 1937 г. [31, 38, 142, 158] при основном толчке азимут простираения плоскости разрыва равен 49° , а при сильных афтершоках ($M = 4 \div 4\frac{1}{2}$)— $52-58^\circ$.

Таким образом, плоскости разрыва в очагах всех пяти сильных Ереванских землетрясений, определенные по макросейсмическим и инструментальным данным, имеют азимут $A = 49-58^\circ$ и, следовательно, они приурочены к одному и тому же разрыву. В указанном направлении А. А. Габриеляном, О. А. Саркисяном и Г. П. Симоняном выделяется Раздан-Хаштаракский разлом, который в своей юго-западной части у сел. Паракар сочленяется с Ереванским глубинным разломом, затем проходит по долинам рек Раздан и Агстев и в западной части Севанской котловины [55]. К этому разлому и приурочены все указанные пять сильных Ереванских землетрясений XX века. Примерно в этом же направлении проходит и Ереван-Севанская линеаментная зона север-се-

ро-восточного простирания, выявленная по космическим снимкам [97].

Согласно составленным нами ранее картам эпицентров землетрясений Ереванского региона, в указанном направлении прослеживается сейсмоактивная зона шириной примерно 50 км, с азимутом 55° , проходящая с юго-запада региона (с центром в гор. Ереване) на северо-восток к северной оконечности оз. Севан [86, 91].

Как было отмечено выше, Ереванскому землетрясению 7 января 1937 г. предшествовал форшок силой 6 баллов. Плоскость разрыва в очаге форшока, определенная нами по макросейсмическим данным [31, 32], имеет азимут 110° , в то время как при основном толчке и афтершоках азимут плоскости разрыва составляет $49-58^\circ$. Таким образом, в данном случае нестандартное для Ереванских землетрясений направление плоскости разрыва в очаге форшока, определенное по макросейсмическим данным, также может служить прогностическим признаком для появления сильного землетрясения, как и в случае, когда плоскость разрыва в очаге форшока определена по инструментальным данным [92]. Следовательно, при отсутствии или малочисленности инструментальных данных, возможно по направлению плоскости разрыва в очаге землетрясения, установленного по макросейсмическим данным, определить вероятность возникновения землетрясения этой же или большей силы.

Эпицентр Арзнинского землетрясения 17 апреля 1963 г. с $K=10$ расположен восточнее Ереванской группы землетрясений. Простирание плоскости разрыва в очаге этого землетрясения, определенное нами по инструментальным данным, имеет азимут 145° , т. е. совпадает по направлению с Ани-Ордубадским глубинным разломом [16], к которому, по-видимому, и приурочен очаг этого землетрясения. Плоскость разрыва в очаге круто ($\epsilon=80^\circ$) падает к северо-востоку. В очаге имели место в основном подвижки типа правостороннего сдвига. Оси промежуточного напряжения и сжатия ориентированы в близмеридиональном, а ось напряжения растяжения в близширотном направлениях. При этом, как следует из табл. 19, оси напряжений сжатия и растяжения близгоризонтальны, а ось промежуточного напряжения—близвертикальна.

Юго-западнее очагов Ереванских землетрясений расположена Игдырская группа землетрясений. Нами исследованы механизмы очагов Игдырского землетрясения 4 сентября 1962 г., двух его афтершоков с $M=4$ и $4\frac{1}{2}$, а также землетрясения 2 апреля 1976 г. с $M=4\frac{3}{4}$.

Игдырское землетрясение 4 сентября 1962 г. силой 7—8 баллов имело магнитуду $5\frac{1}{4}$. Максимальная интенсивность проявилась в районе гор. Игдыра (Турция), расположенного в 50 км к юго-западу от гор. Еревана. Оно ощущалось на значительной части территории Армянской ССР с интенсивностью от 4 до 5—6 баллов. В пограничных селах Маркара, Ерасхаун, Вардашен, Арзаан, Пшатаван и Джинфрида сила землетрясения была оценена в 5—6 баллов; в Ереване, Арташате и Октемберяне—5 баллов; в Ленинакане, Степанаване и Горисе—4 балла. В гор. Игдыре разрушились дома, в том числе здания муниципалитета, пожарной службы и почты, многие здания получили сильные повреждения, было ранено около 100 человек [78, 90, 173, 195]. Игдырское землетрясение 1962 г. не имело форшоков, но сопровождалось большим количеством повторных толчков. Магнитудная ступень между Игдырским землетрясением и его сильнейшим афтершоком составляет $\Delta M = \frac{1}{4}$.

Азимут простираения плоскости разрыва в очаге Игдырского землетрясения, определенный нами по инструментальным данным, равен 134° , а по макросейсмическим данным [195] по вытянутости первой изосейсты— 129° , что хорошо совпадает с направлением Араратского глубинного разлома, который ограничивает Приараксинскую тектоническую зону вместе с Араратской низменностью с юга [15]. Плоскость разрыва в очаге круто ($e=78^\circ$) падает к юго-западу. В очаге произошел правосторонний сдвиг. Ось напряжения сжатия ориентирована в меридиональном, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—в широтном направлении. При этом оси напряжений сжатия и растяжения близгоризонтальны, а ось промежуточного напряжения близвертикальна. Как следует из табл. 19, динамические параметры рассмотренных двух афтершоков Игдырского землетрясения аналогичны динамическим параметрам основного толчка.

К Араратскому глубинному разлому, согласно направленности плоскости разрыва в очаге, приурочено землетрясение 2 апреля 1976 г. в районе Игдыра с $M=4\frac{3}{4}$. В отличие от Игдырского землетрясения плоскость разрыва в очаге этого землетрясения падает к северо-востоку под углом $e=50^\circ$ к горизонту, что можно объяснить, по-видимому, тем, что очаг землетрясения 2 апреля 1976 г. расположен в западной части Араратского разлома. В очаге произошел взброс или надвиг со значительной долей правостороннего сдвига. При землетрясении 2 апреля 1976 г., как и в случае Игдырского землетрясения, ось напряжения сжатия ориентирована в близмеридиональном, а ось напряжения растяжения и ось промежуточного напряжения—в близширотном направлении, но при землетрясении 2 апреля 1976 г. ось напряжения рас-

тяжения близвертикальна, а ось промежуточного напряжения близгоризонтальна.

К этому глубинному разлому приурочены, по-видимому, и очаги землетрясений 9 октября 1962 г. в районе Исахана, 30 сентября 1977 г. в районе Норашена и 18 апреля 1985 г. в районе Арарата. При первых двух землетрясениях плоскость разрыва круто ($e=70^\circ$ и 80°) падает к юго-западу, как и в случае Игдырского землетрясения, а при землетрясении 18 апреля 1985 г. плоскость разрыва в очаге также круто ($e=82^\circ$) падает к северо-востоку. Характер подвижек в очагах указанных трех землетрясений различен: при первом землетрясении имел место левосторонний сдвиг со сбросом, при втором—взброс со значительной долей правостороннего сдвига, а при третьем—взброс. Ориентация осей главных напряжений в очагах этих землетрясений также отличается. Ось напряжения сжатия при первом землетрясении в районе Исахана ориентирована в близширотном, при втором землетрясении в районе Норашена—в меридиональном, а при третьем землетрясении в районе Арарата—в юго-западном направлениях. При этом оси напряжений сжатия во всех трех случаях близгоризонтальны ($e=15-35^\circ$). Ось напряжения растяжения при первом землетрясении ориентирована в близмеридиональном направлении близгоризонтально, а при втором и третьем землетрясениях—в близширотном направлении и с горизонтальной плоскостью составляет угол $e=48^\circ$ и 51° .

К Араратскому глубинному разлому, согласно вытянутости первой изосейсты, приурочен также очаг крупного Араратского землетрясения 2 июля 1840 г., которое за все время в течение двадцати веков было самым сильным в Ереванском регионе и одним из самых сильных землетрясений Армянского нагорья вообще [38, 78, 142, 158].

Юго-западнее Еревана имеется Веди-Урцадзорская группа из четырех землетрясений с $K=9$ и 10, механизм очагов которых нами исследован. При этом очаги двух землетрясений (5 июня 1979 г. и 6 января 1980 г.) приурочены к Ани-Ордубадскому глубинному разлому. Как было показано выше, к этому разлому приурочен очаг землетрясения 17 апреля 1963 г. в районе Арзни. Плоскость разрыва в очаге указанных двух землетрясений круто ($e=81^\circ$ и 84°) падает к северо-востоку, как и в случае землетрясения в районе Арзни. При первом землетрясении имел место взброс, при втором—сброс. Азимуты осей главных напряжений при обоих землетрясениях отличаются на 180° .

Третье землетрясение из этой группы 8 марта 1979 г. в районе Веди приурочено к Ереванскому глубинному разлому. Азимут простираания плоскости разрыва в очаге равен 120° . Плоскость

100

разрыва падает к северо-востоку под углом $\epsilon=60^\circ$. Ось напряжения сжатия ориентирована близгоризонтально в близмеридиональном направлении, а ось напряжения растяжения—близвертикально в близширотном направлении.

Эпицентр последнего землетрясения, 2 декабря 1983 г., с $K=10$ расположен внутри Еревано-Ордубадской интрагеосинклинальной зоны у разрывного нарушения типа сброса в районе Арени. Простираение плоскости разрыва в очаге имеет азимут $A=150^\circ$ и совпадает с направлением этого разрыва [15]. Плоскость разрыва в очаге круто ($\epsilon=70^\circ$) падает к северо-востоку. В очаге произошел сброс. Оси напряжений сжатия и растяжения ориентированы в близширотном направлении, а ось промежуточных напряжений—в близмеридиональном направлении. При этом оси промежуточного напряжения и напряжения растяжения близгоризонтальны, а ось напряжения сжатия близвертикальна.

На рис. 26 в стереографической проекции на сетке Вульфа дано положение осей главных напряжений в очагах всех рассмотренных землетрясений. Как следует из этого рисунка и табл. 19,

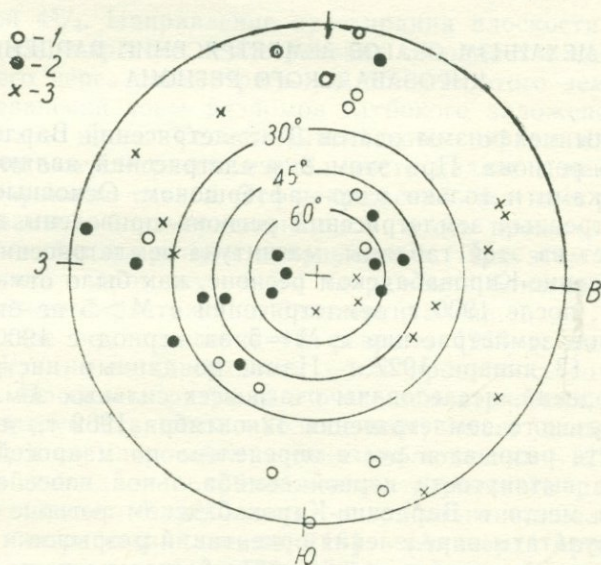


Рис. 26. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Ереванского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

оси напряжений сжатия в основном ориентированы в меридиональном или близмеридиональном направлении. Исключением являются три землетрясения: в районах Исахана, Урцадзора и Арарата. Оси напряжений сжатия, в основном, горизонтальны или близгоризонтальны.

Оси напряжений растяжения только в случае землетрясений в районах Исахана, Арзни, Арени, а также Игдырского землетрясения являются близгоризонтальными. Эти оси в основном ориентированы в близширотном направлении. Исключением являются два землетрясения в Урцадзоре, очаги которых приурочены к Ани-Ордубадскому глубинному разлому, а также землетрясение в районе Исахана.

Оси промежуточных напряжений близвертикальны только в очагах землетрясений 9 октября 1962 г. в районе Исахана, 17 апреля 1963 г. в районе Арзни и Игдырского землетрясения. Они ориентированы так же, как и оси напряжений растяжения в основном в близширотном направлении. Исключением являются землетрясения в районах Арзни, Арени и Арарата.

§ 9. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВАРДЕНИС-КИРОВАБАДСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 9 землетрясений Варденис-Кировабадского региона. При этом 8 землетрясений являются основными толчками и только одно—афтершоком. Основные параметры рассмотренных землетрясений региона приведены в табл. 20. Как следует из этой таблицы, магнитуда землетрясений $M < 5$.

В Варденис-Кировабадском регионе, как было отмечено нами ранее [90], после 1900 г. землетрясений с $M > 5$ не было. Единственное землетрясение с $M = 5$ за период с 1900—1985 гг. произошло 13 января 1927 г. Нами, по данным инструментальных наблюдений, исследованы очаги всех сильных землетрясений (кроме Таузского землетрясения 12 октября 1962 г., для которого плоскость разрыва в очаге определена по макросейсмическим данным по вытянутости первой семибалльной изосейсты), которые имели место в Варденис-Кировабадском регионе начиная с 1954 г. Результаты определения ориентаций разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений региона даны в табл. 21.

Рассмотрим детально полученные результаты по механизмам очагов землетрясений Варденис-Кировабадского региона в хронологическом порядке.

30 октября 1954 г. в районе Кельбаджара произошло самое сильное в регионе в период с 1950 по 1985 гг. землетрясение с

Основные параметры землетрясений Варденис-Кировабадского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин			Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
				φ_N °	λ_E °				
1	30 X	1954	23 43	40 08	45 56	5	4 ³ / ₄	—	Кельбаджарское
2	18 II	1963	14 03	40 09	46 50	5	4 ¹ / ₄	11—12	Агдамское
3	5/II	1964	10 24	40 24	46 04	5	4	11	Каракуллара
4	5 II	1964	11 27	40 25	45 56	10	3 ³ / ₄	10—11	Афтершок землетрясения в Каракулларе
5	13/VI	1973	01 23	40 24	46 06	15	—	10	Каракуллара
6	1/VIII	1979	21 03	40 26	45 24	10	3 ¹ / ₂	10	Озеро Севан
7	28 X	1980	16 52	40 19	45 52	10	4	11	Вардениса
8	11/XII	1980	00 14	40 11	46 03	20	4 ¹ / ₂	12	Вардениса
9	15/XII	1983	07 18	40 16	45 55	5	3 ³ / ₄	0—11	Чайкенда

магнитудой $4^{3/4}$. Направление простираения плоскости разрыва в очаге Кельбаджарского землетрясения совпадает с направлением проходящего через эпицентральною область этого землетрясения Базумо-Севанской зоны разломов глубокого заложения, которая протягивается вдоль Севано-Амасийского офиолитового пояса [55]. В очаге землетрясения имел место надвиг с некоторой долей левостороннего сдвига. Оси напряжений сжатия и растяжения ориентированы в близмеридиональном, а ось промежуточного напряжения—в близширотном направлениях. При этом оси напряжения сжатия и промежуточного напряжения близгоризонтальны, а ось напряжения растяжения близвертикальна.

Агдамское землетрясение 18 февраля 1963 г. имело магнитуду $M=4^{1/4}$, но на поверхности земли проявилось со значительной силой. Плоскость разрыва в очаге землетрясения, определенная по инструментальным наблюдениям, имеет азимут простираения 122° , а по макросейсмическим наблюдениям— 127° и по направлению совпадает с продолжением глубинного разлома, отделяющего Сомхето-Карабахскую интрагеоантисклиналь от Присеванской интрагеосинклинали [16] (Алаверди-Арцвашенским глубинным разломом [10, 127, 123]), к которому и приурочен очаг Агдамского землетрясения. В этом же направлении согласно схеме линеаментов, выявленных по космическим снимкам, через эпицентральною область Агдамского землетрясения проходит Хопа-Агдамская линеаментная зона. Плоскость разрыва в очаге круто (угол падения равен 86°) падает к юго-западу. В

Таблица 21

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Варденис-Кировабадского региона

№№ п п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин		Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
			вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки		сжатия		промежу- точное		растяже- ния	
			А°	е°	по про- стиранию	по па- дению	А°	е°	по про- стиранию	по па- дению	А°	е°	А°	е°	А°	е°
1	30/X	1954 23 43	214	23	-0,41	+0,91	8	69	+0,17	+0,98	196	24	102	10	352	64
2	18/II	1963 14 03	212	86	+0,69	+0,72	08	44	-0,99	+0,11	0	27	119	44	250	34
3	5 II	1964 10 24	149	64	+0,70	+0,71	263	50	-0,82	+0,57	299	8	36	39	199	50
4	5 II	1964 11 27	153	72	+0,78	+0,62	256	54	-0,93	+0,37	298	12	41	48	198	39
5	13 VI	1973 01 23	212	82	-0,02	-1,00	22	8	+0,17	-0,98	214	53	122	1	30	37
6	1/VIII	1979 21 05	214	86	-0,06	+1,00	70	5	+0,57	+0,82	38	41	305	3	210	49
			39	14	+0,96	+0,29	146	86	-0,24	+0,97	339	39	237	13	132	48
7	28/X	1980 16 52	238	72	+0,98	+0,19	332	80	-0,95	+0,31	194	6	90	70	286	20
8	11/XII	1980 00 14	210	88	+0,94	+0,33	301	70	-1,00	+0,03	348	12	114	70	255	15
9	15/XII	1983 07 18	148	70	-0,39	+0,92	18	30	+0,73	+0,69	346	22	247	22	117	59

очаге имел место взбросо-сдвиг. Ось напряжения сжатия ориентирована близгоризонтально в меридиональном направлении, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—в близширотном направлении, имея при этом среднее между горизонтальным и вертикальным положение.

Следующее землетрясение было отмечено в районе Каракуллара 5 февраля 1964 г. и имело магнитуду $M=4$. Нами исследованы очаги основного толчка и афтершока, последовавшего через час после основного толчка. Как следует из табл. 21, динамические параметры очагов основного толчка и афтершока практически одинаковые. Для основного толчка по макросейсмическим данным [170, 173] по вытянутости первой шестибалльной изосейсты нами определено простирание плоскости разрыва в очаге. Азимут простирания плоскости разрыва в очаге, по макросейсмическим данным, получился равным 56° , а по инструментальным данным— 59° , что находится в хорошем соответствии (в пределах ошибок определения) с направлением трансформного Гянджачайского разлома северо-восточного простирания [60, 181], к которому, очевидно, и приурочен очаг этого землетрясения. Плоскость разрыва в очаге круто падает к юго-востоку. Компоненты подвижки в плоскости разрыва по простиранию и по падению одинаковые, следовательно, в очаге имел место взбросо-сдвиг. Ось напряжения сжатия ориентирована близширотно в близгоризонтальном направлении, а ось напряжения растяжения—близмеридионально в среднем между горизонтальным и вертикальным направлением.

В этом же районе Каракуллара 13 июня 1973 г. произошло землетрясение с энергетическим классом $K=10$. Согласно простиранию плоскости разрыва в очаге, это землетрясение приурочено к продольному Мровдагскому разлому [60, 181]. Плоскость разрыва в очаге круто падает к юго-западу. В очаге землетрясения имел место сброс. Оси напряжений как сжатия, так и растяжения имеют направление, близкое к меридиональному, а ось промежуточного напряжения—к широтному. При этом ось промежуточного напряжения направлена горизонтально, а оси напряжений сжатия и растяжения имеют направление, среднее между горизонтальным и вертикальным.

Землетрясение 1 августа 1979 г. произошло в северной части оз. Севан и имело магнитуду $3\frac{1}{2}$. Для этого землетрясения, по имеющимся данным, нельзя однозначно провести нодальные линии, и поэтому в табл. 21 даны результаты двух возможных вариантов определения нодальных плоскостей. Нами в качестве решения принят первый вариант, как более соответствующий геологическим данным района. Плоскость разрыва в очаге круто

падает к юго-западу и имеет азимут простираения $A=124^\circ$, согласно чему очаг землетрясения приурочен к Базумо-Севанской зоне разломов глубокого заложения [55]. В очаге произошел взброс. Оси главных напряжений в очаге этого землетрясения ориентированы так же, как и при предыдущем землетрясении 13 июня 1973 г., но лишь с той разницей, что азимуты осей главных напряжений при землетрясении 1 августа 1979 г. отличаются от соответствующих осей при землетрясении 13 июня 1973 г. на 180° .

28 октября 1980 г. в 20 км к северо-востоку от Вардениса в районе Мровдагского хребта произошло землетрясение с магнитудой 4. Азимут простираения плоскости разрыва в очаге, по инструментальным данным, получился равным 148° , а по макросейсмическим [100, 138]— 155° . Таким образом направление плоскости разрыва в очаге землетрясения 28 октября 1980 г. отличается от направления продольного Мровдагского разлома (азимут простираения $A=110^\circ$), к которому приурочено это землетрясение. Следовательно, за этим землетрясением должно было последовать землетрясение такой же или большей силы [48, 92]. Действительно, 11 декабря 1980 г. в этом же районе произошло землетрясение с магнитудой $4\frac{1}{2}$. Азимут простираения плоскости разрыва в очаге землетрясения 11 декабря 1980 г. получился равным 120° . Остальные параметры при обоих землетрясениях (28 октября и 11 декабря 1980 г.) одинаковые, а именно: плоскости разрывов в очагах круто падают к юго-западу; оси напряжений сжатия ориентированы в близмеридиональном направлении, а оси напряжений растяжения и промежуточных напряжений—в близширотном, оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, а оси промежуточных напряжений—близвертикально, в очагах обоих землетрясений имел место правосторонний сдвиг с незначительной долей взброса.

Последнее из рассмотренных землетрясений произошло 15 декабря 1983 г. в районе Чайкенда. Азимут простираения плоскости разрыва в очаге землетрясения, определенный по инструментальным данным, получился равным 58° , а по макросейсмическим данным по вытянутости первой изосейсты [6]— 52° . Согласно этим величинам, очаг землетрясения 15 декабря 1983 г. приурочен к поперечному Тертерскому разлосу [60, 181]. Плоскость разрыва в очаге круто (угол падения равен 70°) падает к юго-востоку. В очаге землетрясения произошел взброс с некоторой долей левостороннего сдвига. Ось напряжения сжатия ориентирована близмеридионально в близгоризонтальном направлении, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—в близширотном направлении. При этом ось напряжения растя-

жения направлена близвертикально, а ось промежуточного напряжения—близгоризонтально.

На рис. 27 дана ориентация осей главных напряжений в очагах землетрясений Варденис-Кировабадского региона в стереографической проекции на сетке Вульфа. Как следует из этого ри-

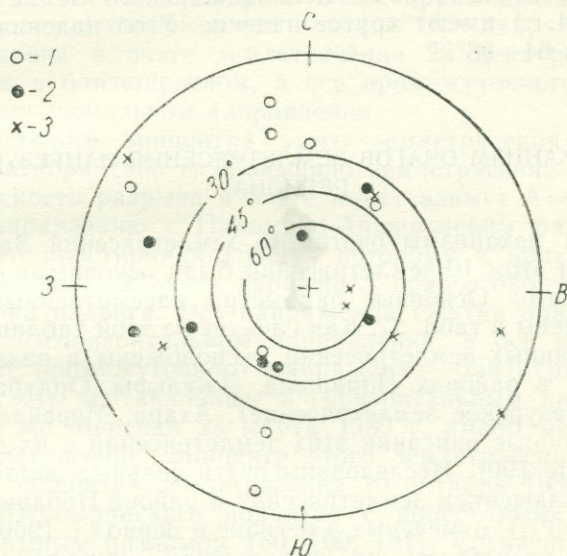


Рис. 27. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Варденис-Кировабадского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

сунка, оси напряжений сжатия имеют в основном близмеридиональное направление (кроме землетрясения 5 февраля 1964 г. и его афтершока с близширотным направлением оси напряжения сжатия, а также землетрясений 13 июня 1973 г. и 1 августа 1979 г. с энергетическим классом $K=10$, оси напряжений сжатия которых с меридианом составляют углы, соответственно, 34 и 38°). Оси промежуточных напряжений, кроме указанных четырех землетрясений, имеют близширотное направление. Оси напряжений растяжения в очагах половины рассмотренных основных землетрясений направлены близширотно, а другой половины—близмеридионально. Оси напряжений сжатия, кроме двух землетрясений с энергетическим классом $K=10$, направлены близгоризон-

тально. Оси напряжений растяжения составляют с горизонтальной плоскостью углы от 1 до 70°, а оси промежуточных напряжений—от 15 до 64°.

Как следует из проведенного анализа и табл. 21, плоскости разрывов в очагах рассмотренных землетрясений Варденис-Кировабадского региона (кроме Кельбаджарского землетрясения 30 октября 1954 г.) имеют крутое падение. Угол падения этих плоскостей равен 64—88°.

§ 10. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗАНГЕЗУРСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 15 землетрясений Зангезурского региона. При этом 10 землетрясений были основными толчками, а 5—афтершоками. Основные параметры рассмотренных землетрясений приведены в табл. 22. Как следует из этой таблицы, эпицентры исследованных землетрясений расположены в различных частях региона, в районах Норашена, Джульфы, Ордубада, Гориса Гярда (Зангезурское землетрясение), Ахара, Меренда, Бадалана и Хоя. Подробные описания этих землетрясений и их последствий даны в работе [90]. Исследованы очаги сильных землетрясений с $M \geq 4$ (за исключением землетрясения в районе Норашена 23 июля 1964 г. с $M = 3\frac{1}{2}$), отмеченных в регионе в период с 1960 по 1985 гг. Полученные результаты по определению ориентаций плоскостей разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений сведены в табл. 23.

Рассмотрим эти результаты детально для очага каждого рассмотренного землетрясения Зангезурского региона в направлении с юга на север.

В южной части региона в районе Ахара 21 ноября 1979 г. имело место землетрясение с магнитудой $4\frac{1}{2}$. Эпицентр этого землетрясения на карте главных разломов Ирана [190] расположен вблизи регионального разлома небольшой протяженности. Простираение разрыва в очаге землетрясения совпадает с направлением разлома, из чего можно заключить, что очаг землетрясения приурочен к этому разлому. Плоскость разрыва в очаге имеет близкое к крутому (угол падения равен 60°) падение к северо-востоку. В очаге произошел правосторонний сдвиг-сброс. Оси главных напряжений в очаге землетрясения 21 ноября 1979 г. ориентированы в среднем между широтным и меридиональным направлением.

Северо-западнее эпицентра этого землетрясения в районе Хоя расположен эпицентр землетрясения 29 декабря 1980 г. с магнитудой $4\frac{1}{4}$. Согласно простирацию плоскости разрыва в очаге ($A=115^\circ$), это землетрясение приурочено к Северному Тавризскому разлому. Плоскость разрыва в очаге полого (угол падения равен 22°) падает к юго-западу. В очаге произошел левосторонний сдвиг с незначительной долей надвига. Оси напряжений сжатия и растяжения в очаге землетрясения 29 декабря 1980 г. ориентированы в близширотном, а ось промежуточного напряжения—в близмеридиональном направлении.

Северо-восточнее эпицентра этого землетрясения в районе Меренда 10 октября 1980 г. произошло землетрясение с магнитудой $4\frac{1}{4}$. Плоскость разрыва в очаге имеет азимут $A=55^\circ$ и совпадает по направлению с Пальмиро-Апшеронским разломом северо-восточного простираания [55], к которому и приурочен очаг этого землетрясения. В очаге произошел правосторонний сдвиг с некоторой долей надвига. Ось напряжения сжатия ориентирована широтно в близгоризонтальном направлении, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—близмеридионально в среднем между вертикальным и горизонтальным направлениями.

В районе же Меренда 23 марта 1980 г. имело место шестибалльное землетрясение. Эпицентр этого землетрясения расположен севернее эпицентра землетрясения 10 октября 1980 г. в зоне пересечения Джульфинского поднятия с поперечным Тертерчайским трансформным разломом [60, 100, 181]. Согласно простирацию плоскости разрыва в очаге ($A=39^\circ$ по макросейсмическим наблюдениям и $A=36^\circ$ по инструментальным данным) это землетрясение приурочено к Тертерчайскому разлому северо-восточного простираания. Плоскость разрыва в очаге круто, под углом 74° , падает к северо-западу. Механизм очага афтершока, следовавшего через полчаса после основного толчка, как следует из табл. 23, по всем параметрам аналогичен механизму очага основного толчка. В очаге имел место левосторонний сдвиг с некоторой долей взброса. Ось напряжения сжатия ориентирована близмеридионально, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—близширотно. При этом оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, а ось промежуточного напряжения—близвертикально.

Западнее рассмотренной Мерендской группы землетрясений расположен эпицентр Бадаланского землетрясения 14 марта 1970 г., самого крупного из всех землетрясений этого региона, очаги которых нами исследованы. Бадаланское землетрясение

имело магнитуду $5\frac{1}{4}$ и в эпицентральной области проявилось силой в 7 баллов. Плоскость разрыва в очаге, определенная по вытянутости первой семибальной изосейсты, имеет азимут простирания 131° , а при исследовании механизма очага по инструментальным данным, азимут простирания этой плоскости получился равным 125° . Эти данные находятся в хорошем соответствии с простиранием Северного Тавризского разлома [190], к которому приурочен очаг Бадаланского землетрясения. Плоскость разрыва в очаге круто (угол падения равен 88°) падает к северо-востоку. В очаге имел место правосторонний сдвиг со значительной долей сброса. Ось напряжения сжатия ориентирована близмеридионально, а ось напряжения растяжения—близширотно, но при этом обе оси направлены близгоризонтально.

Северо-восточнее Бадаланского землетрясения в районе Джульфы расположен эпицентр землетрясений 31 декабря 1963 г. Согласно простиранию плоскости разрыва в очаге землетрясения ($A=131^\circ$), оно приурочено к Ереванскому глубинному разлому, который прослеживается вдоль полосы Багран-Кармрашен-Ахавнатун-Паракар-Ереван-Тазагюх-Двин-Веди-Арпа-Джагры-Джульфа [16]. Плоскость разрыва в очаге падает под углом 50° к северо-востоку. При исследовании механизма очага землетрясения возможны два варианта проведения нодальных линий. В качестве решения нами принят первый вариант, как более соответствующий геологической обстановке региона. В очаге произошел левосторонний сдвиг. Оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, при этом ось напряжения сжатия ориентирована близширотно, а ось напряжения растяжения—близмеридионально.

Северо-восточнее очага этого землетрясения в районе Ордубада 16 мая 1980 г. произошло землетрясение с магнитудой $4\frac{1}{4}$. Нами исследованы механизмы очагов этого землетрясения и его сильного афтершока с $M=4$, последовавшего спустя 16 ч 45 мин после основного толчка. Как следует из табл. 23, не все параметры механизмов очагов основного толчка и афтершока одинаковые. Плоскости разрыва в очагах основного толчка и афтершока имеют одинаковое близмеридиональное простирание, совпадающее с Ани-Ордубадской зоной разломов [16]. В очаге основного толчка произошел левосторонний сдвиг, а в очаге афтершока—правосторонний сдвиг. Плоскость разрыва в очагах как основного толчка, так и афтершока круто, под углом 84° , падает к юго-западу. Оси промежуточного напряжения в очагах основного толчка и афтершока ориентированы близмеридионально в близвертикальном направлении. Ось напряжения сжатия в очаге основного толчка ориентирована близширотно, а ось напряжения растяжения—

близмеридионально. Для афтершока наблюдается обратная картина, а именно: ось напряжения сжатия ориентирована близмеридионально, а ось напряжения растяжения—близшироотно. Однако как в случае основного толчка, так и афтершока оси напряжений сжатий и растяжений направлены близгоризонтально.

9 июня 1968 г. в центральной части Зангезура, в районе села Гярд произошло сильное землетрясение с магнитудой порядка 5 [78, 90, 107, 124, 147]. Зангезурское землетрясение 9 июня с энергетическим классом $K=13$ в эпицентральной зоне проявилось с силой 7—8 баллов. Оно сопровождалось многочисленными афтершоками, отмеченными на сейсмических станциях Кавказа. Изучить механизм очагов всех последующих толчков Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. нам не удалось вследствие недостаточности данных о знаках смещений, что было вызвано в основном малой силой большинства афтершоков.

Нами проведено исследование механизма очагов Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. и трех наиболее сильных афтершоков, происшедших 1 сентября, 16 сентября и 1 октября 1968 г. [82, 84]. Полученные результаты исследования механизмов очагов этих землетрясений даны в табл. 23 и на рис. 28. Номера землетрясений на рис. 28 соответствуют порядковым номерам табл. 23. Как следует из табл. 23 и рис. 28а, плоскость разрыва в очаге основного толчка имеет близмеридиональное направление ($A=33^\circ$). Согласно карте изосейст [124], такое же направление ($A=31^\circ$) имеет большая ось первой семибалльной изосейсты. Через эпицентральную зону проходит крупная зона Гярдского сбросо-сдвигового разлома меридионального простирания [13], к которому, по-видимому, и приурочен очаг землетрясения 9 июня 1968 г. Плоскость разрыва в очаге падает под углом 50° к северо-западу. В очаге имел место левосторонний сдвиг со значительной долей взброса.

1 сентября произошел второй сильный толчок Зангезурского землетрясения 1968 г. с энергетическим классом $K=12-13$, т. е. в смысле интенсивности очага он не сильно отличается от основного толчка 9 июня ($K=13$). Следовательно, направление плоскости разрыва в очаге землетрясения 9 июня 1968 г. должно было подсказать возможное возникновение землетрясения такой или примерно такой же силы. И действительно, простирание плоскости разрыва в очаге землетрясения 1 сентября составляет значительный угол с направлением простирания плоскости разрыва в очаге землетрясения 9 июня. Азимут простирания плоскости разрыва в очаге землетрясения 1 сентября при исследовании механизма очага по инструментальным данным получился равным 80° , а по макросейсмическим данным, согласно вытянутости первой

восьмibalльной изосейсты, — 94° . Следовательно, простираение плоскости разрыва в очаге землетрясения 1 сентября 1968 г. близширотное, а в очаге землетрясения 9 июня 1968 г., как было сказано выше, — близмеридиональное. Через эпицентральную область Зангезурского землетрясения 1968 г. в близширотном направлении проходит Нахичеван-Кафанский (Чайкендский по П. Г. Алоян [13]) разлом взбросо-сдвигового типа, к которому и приуро-

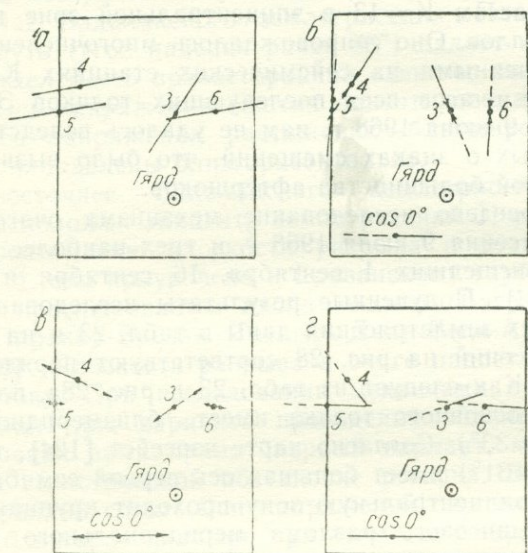


Рис. 28. Ориентация плоскостей разрывов и главных напряжений в очагах Зангезурского землетрясения и его афтершоков: а) ориентация плоскостей разрывов в очагах; б) ориентация напряжений сжатия; в) ориентация напряжений растяжения; г) ориентация промежуточных напряжений

чен, по-видимому, очаг землетрясения 1 сентября 1968 г. Плоскость разрыва в очаге падает под углом 56° к северо-западу. В очаге землетрясения произошел сдвиг-взброс.

Плоскости разрыва в очагах афтершоков 16 сентября и 1 октября 1968 г. имеют ту же ориентацию, что и плоскость разрыва в очаге землетрясения 1 сентября. Создается впечатление, что очаги землетрясений 9 июня и 1 сентября приурочены к двум гра-

ницам (Гярдскому и Нахичеван-Кафанскому разломам) одного олока, движением которого и обусловлены зангезурские землетрясения 1968 г.

На рис. 28б приведены горизонтальные проекции осей напряжений сжатия, действовавших в очагах зангезурских землетрясений. Направления осей сжатия показаны двумя сходящимися стрелками. Величина стрелок в масштабе, показанном на рис. 28б, пропорциональна косинусу угла падения оси сжатия. Согласно рис. 28б и данным, приведенным в табл. 23, оси напряжений сжатия, действовавших в очагах главного Зангезурского землетрясения и трех последующих толчков, ориентированы горизонтально, угол падения оси сжатия во всех четырех случаях не превышает 12° . При этом направление оси сжимающего напряжения во всех четырех случаях почти меридиональное.

Оси растягивающих напряжений имеют близширотное направление. На рис. 28в даны горизонтальные проекции осей напряжений растяжения, действовавших в очагах зангезурских землетрясений. Направления осей напряжения растяжения показаны двумя расходящимися стрелками. Величина стрелок в масштабе, показанном на рис. 28в, пропорциональна косинусу угла падения оси напряжения растяжения. Как следует из табл. 23, ориентация осей напряжений растяжения относительно горизонтальной плоскости во всех рассмотренных случаях неодинаковая: в случае основного толчка угол падения оси напряжения растяжения равен 52° , в случае толчка 1 сентября— 35° , а при менее сильных толчках, происшедших 16 сентября и 1 октября, ось растягивающих напряжений ориентирована почти вертикально.

На рис. 28г приведены горизонтальные проекции осей промежуточных напряжений, то есть осей, в направлении которых напряжения равны нулю. Направления осей промежуточных напряжений показаны прямыми линиями. Длина линий в масштабе, показанном на рис. 28г, пропорциональна косинусу угла падения оси промежуточных напряжений. Как следует из табл. 23 и рис. 28г, оси промежуточного или нулевого напряжения в очагах зангезурских землетрясений 1968 г. ориентированы в широтном направлении, за исключением землетрясения 1 сентября 1968 г., для которого азимут оси промежуточного напряжения составляет 140° . Оси промежуточных напряжений главного Зангезурского землетрясения 9 июня и толчка 1 сентября ориентированы примерно в среднем между горизонтальным и вертикальным направлением, а оси промежуточных напряжений в очагах афтершоков 16 сентября и 1 октября направлены почти горизонтально.

Северо-западнее Зангезурского землетрясения 1968 г. расположен эпицентр землетрясения 23 июля 1964 г. с магнитудой $3\frac{1}{2}$.

Основные параметры землетрясений Зангезурского региона

№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
		с.ш.	д.в.				
1	31/XII 1963 15 18	38 40	45 25	20	4 ¹ / ₂	12	Джулыфы
2	23/VII 1964 21 33	39 20	44 56	25	3 ¹ / ₂	10	Нахичевана
3	9/VI 1968 00 56	39 16	46 06	14	5	13	Зангезурское II
4	1/IX 1968 03 39	39 17	46 01	5	4 ³ / ₄	12—13	Афтершок Зангезурс. II
5	16/IX 1968 07 10	39 16	46 00	5	4 ¹ / ₄	11	Афтершок Зангезурс. II
6	1/X 1968 18 16	39 16	46 08	10	4	11	Афтершок Зангезурс. II
7	14/III 1970 01 51	38 37	44 42	20	5 ¹ / ₄	—	Бадаланское
8	21/XI 1979 15 36	38 10	47 08	15	4 ¹ / ₂	—	Ахара
9	25/III 1980 03 57	38 38	45 38	10	4 ¹ / ₄	12	Меренда
10	25/III 1980 04 25	39 00	45 28	10	4	11	Афтершок землетрясения в районе Меренда
11	16/V 1980 03 05	38 51	45 54	10	4 ¹ / ₄	11—12	Срубуда
12	16/V 1980 19 50	38 55	45 54	10	4	11	Афтершок землетрясения в р-не Ордубада
13	10/X 1980 11 09	38 30	45 38	25	4 ¹ / ₄	11	Меренда
14	29/XII 1980 21 52	38 24	44 55	10	4 ¹ / ₄	11	Хоя
15	9/IV 1985 03 31	39 20	46 32	10	4 ¹ / ₄	11—12	Ордуба

Из всех рассмотренных землетрясений для Зангезурского региона это самое слабое землетрясение. По имеющимся знакам смещений в продольной волне возможны три варианта проведения нодальных линий. Результаты этих определений приведены в гл. 23. В качестве решения нами принят первый вариант. Плоскость разрыва в очаге имеет азимут простирания 142°, согласно чему очаг землетрясения приурочен к разрывным нарушениям Приараксинской зоны, имеющим общекавказское простирание [55]. Плоскость разрыва в очаге плоская, под углом 30°, падает к юго-западу. В очаге имел место сброс со значительной долей левостороннего сдвига. Оси напряжений сжатия и растяжения ориентированы в близмеридиональном направлении, а ось промежуточного напряжения—в близширотном. При этом ось напряжения сжатия направлена близвертикально, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—близгоризонтально.

Последнее из рассмотренных землетрясений Зангезурского региона произошло 9 апреля 1985 г. и имело магнитуду 4¹/₄. Эпицентр этого землетрясения расположен восточнее эпицентра 23 июля 1964 г. в районе Гориса. Плоскость разрыва в очаге землетрясения имеет азимут простирания 134°, что находится в хорошем соответствии с направлением Кавартского разлома [55], к

Таблица 23

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясения Зангезурского региона

№№ п.п	Дата и время воз- никновения земле- трясения, число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
		вектор падения		компоненты подвижки		вектор пад. ния		компоненты подвижки		сжатия		промежу- точное		растяже- ния	
		А°	е°	по про- стиранию	по па- дению	А°	е°	по про- стиранию	по па- дению	А°	е°	А°	е°	А°	е°
1	31/XII 1963 15 18	41	50	-0,99	-0,10	135	86	+0,75	-0,66	97	31	229	49	351	24
2	23/VII 1964 23 33	76	64	-0,34	-0,94	217	32	+0,54	-0,84	109	66	337	17	241	16
		232	30	-0,48	-0,87	18	64	+0,28	-0,96	349	67	116	15	211	18
		328	40	-0,66	+0,75	193	61	+0,47	+0,88	357	11	92	24	243	63
3	9/VI 1968 00 56	354	70	+0,85	-0,53	232	60	-0,91	-0,41	307	37	115	53	211	5
		303	50	-0,80	+0,60	186	62	+0,68	+0,73	337	7	73	37	237	52
		350	56	-0,95	+0,31	249	75	+0,81	+0,59	33	12	140	52	295	35
4	16/IX 1968 07 10	351	47	-0,24	+0,97	192	45	+0,26	+0,97	181	1	91	11	278	80
		281	32	-0,77	-0,64	38	60	+0,71	-0,71	343	53	154	37	248	5
		350	48	-0,33	+0,95	196	46	+0,34	+0,94	182	1	93	14	277	76
7	14/III 1970 01 51	35	88	+0,80	-0,60	304	54	-1,00	-0,05	356	26	130	54	254	22
8	21/XI 1979 15 36	20	60	+0,73	-0,68	266	54	-0,79	-0,62	323	50	133	40	232	4
9	25/III 1980 03 57	306	74	-0,96	+0,28	210	74	+0,96	+0,28	168	0	78	67	258	23
10	22/III 1980 04 25	306	74	-0,90	+0,44	208	65	+0,95	+0,31	157	1	66	60	259	29
11	16/V 1980 03 05	250	84	-0,94	+0,34	158	70	+0,99	+0,10	112	10	356	70	205	19
12	16/V 1980 19 50	246	84	+0,99	-0,14	155	82	-0,99	-0,10	200	10	11	80	111	2
13	10/X 1980 11 09	145	40	+0,95	+0,33	250	78	-0,62	+0,78	98	23	349	38	212	44
14	29/XII 1980 21 52	205	22	-0,96	+0,27	101	84	+0,36	+0,93	263	36	351	21	123	47
15	9/IV 1985 03 31	44	66	+0,98	-0,20	309	80	-0,91	-0,41	354	24	197	64	89	9

которому, по-видимому, приурочен очаг этого землетрясения. Плоскость разрыва в очаге под углом 66° падает к северо-востоку. В очаге имел место правосторонний сдвиг с незначительной долей сброса. Оси напряжения сжатия и промежуточного напряжения ориентированы в близмеридиональном, а ось напряжения растяжения—в широтном направлениях. При этом оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, а ось промежуточного напряжения—близвертикально.

На рис. 29 дана в стереографической проекции на сетке Вульфа ориентация осей главных напряжений в очагах рассмотрен-

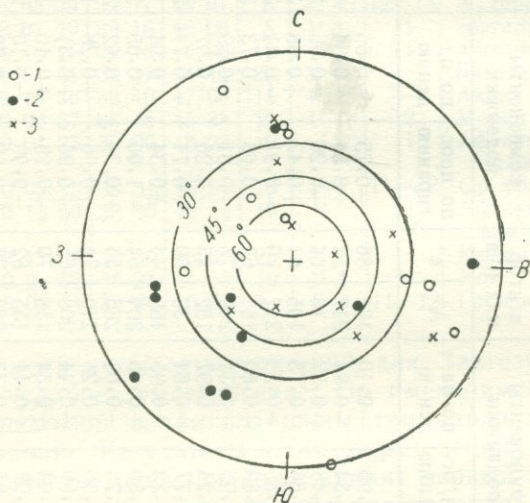


Рис. 29. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Зангезурского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

ных основных землетрясений Зангезурского региона. Из этого рисунка и табл. 23 следует, что оси главных напряжений во всех рассмотренных случаях не имеют одну определенную ориентацию. Так, например, оси напряжений сжатия в 6 случаях из 10 рассмотренных имеют близмеридиональное направление, а в остальных случаях—близширотное. Оси напряжений растяжения, наоборот, в 6 случаях имеют близширотное направление, а в 4 случаях—близмеридиональное. Оси промежуточных напряжений в 4 случаях имеют близмеридиональное направление, в 3 случаях—

близширотное, а в 3 случаях—среднее между широтным и меридиональным направление. Ориентация осей главных напряжений относительно горизонтальной плоскости также отличается. Для осей напряжений сжатия в 6 случаях $e < 30^\circ$, в 3 случаях $30^\circ < e < 60^\circ$ и только в одном случае $e > 60^\circ$. Для осей напряжений растяжения в 7 случаях $e < 30^\circ$ и в 3 случаях $30^\circ < e < 60^\circ$. Для осей промежуточных напряжений в 2 случаях $e < 30^\circ$, в 5 случаях $30^\circ < e < 60^\circ$ и в 3 случаях $e > 60^\circ$.

§ 11. МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТАЛЫШСКОГО РЕГИОНА

Изучены механизмы очагов 6 землетрясений Талышского региона. При этом 5 землетрясений являются основными толчками, а одно—афтершоком. Рассмотренные землетрясения имели место в период 1970—1985 гг. Как нами было отмечено ранее, этот регион отличается малым количеством сильных землетрясений с $M \geq 4$. За все историческое время (893—1985 гг.) здесь произошло 29 землетрясений с $M \geq 4$, а в период с 1970 по 1985 гг. в регионе имели место всего 7 землетрясений с магнитудой $4 \leq M < 5$, из которых 5 нами исследованы. При этом исследован также очаг одного единственного землетрясения указанной силы, происшедшего в период 1981—1985 гг. Основные параметры рассмотренных землетрясений Талышского региона приведены в табл. 24. Как следует из этой таблицы, магнитуда основных толчков $M \geq 4$. Следовательно, энергетический класс рассмотренных основных землетрясений $K \geq 11$. Эпицентры землетрясений расположены в районах Ленкорани, Ардебилля, Лари и Джони.

Результаты определения параметров плоскостей разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Талышского региона даны в табл. 25.

Рассмотрим детально результаты определения механизма очагов землетрясений региона в хронологическом порядке.

16 апреля 1970 г. в районе Ленкорани имело место землетрясение с магнитудой 4. Плоскость разрыва в очаге землетрясения имеет азимут простирания 161° , что находится в хорошем соответствии с направлением Бушир-Дербентского линеамента, выявленного по КС [18] и к которому, очевидно, приурочен очаг этого землетрясения. Здесь же проходит и разлом Астара близмеридионального простирания [190]. Плоскость разрыва в очаге круто (угол падения 80°) падает к юго-западу. В очаге имел место левосторонний сдвиг. Ось напряжения сжатия ориентирована в близширотном, а ось напряжения растяжения—в близмеридиональном направлении. Обе оси направлены близгоризонтально.

Основные параметры землетрясений Талышского региона

№№ п п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Координаты эпицентра		Глубина, км	Магнитуда	Энергетический класс	Район или название землетрясения
		$\varphi^{\circ}N$	$\lambda^{\circ}E$				
1	16/IV 1970 01 26	38 50	48 46	15	4	11	Ленкорани
2	23 XII 1970 17 31	38 42	48 36	10	4	11	Ленкорани
3	6/X 1975 18 07	38 06	48 24	15	4 ¹ / ₄	11—12	Ардебиля
4	8/XI 1979 05 21	38 42	48 18	20	4	11	Лари
5	23/XI 1979 19 43	38 46	48 24	20	—	10	Афтершок землетрясения в районе Лари
6	2/IV 1983 00 32	38 53	48 25	15	4 ¹ / ₂	12	Джони

Ось промежуточного напряжения ориентирована близвертикально в близширотном направлении.

23 декабря 1970 г. снова в районе Ленкорани произошло землетрясение с магнитудой 4. Очаг этого землетрясения приурочен к Эльбурс-Закавказской линейной серии, о чем кроме расположения эпицентра свидетельствует также направление простирания плоскости разрыва в очаге ($A=120^{\circ}$). Как и в первом случае, плоскость разрыва в очаге землетрясения 23 декабря 1970 г. круто падает к юго-западу и в очаге также произошел левосторонний сдвиг. Ориентация осей напряжений сжатия и растяжения в очаге землетрясения 23 декабря аналогична ориентации этих осей в очаге землетрясения 16 апреля 1970 г. Ось промежуточного напряжения ориентирована близмеридионально, но опять-таки в близвертикальном направлении.

Следующее землетрясение в этом регионе, рассмотренное нами, имело место 6 октября 1975 г. в районе Ардебиля. Согласно простиранию плоскости разрыва в очаге, это землетрясение приурочено к Восточному Ардебильскому разлому [190]. Плоскость разрыва в очаге круто падает к северо-западу. В очаге произошел левосторонний сдвиг. Ось напряжения сжатия ориентирована в близмеридиональном, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—в близширотном направлении. При этом оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, а ось промежуточного напряжения—близвертикально.

В районе Лари 8 ноября 1979 г. произошло землетрясение с магнитудой 4, или энергетическим классом $K=11$. Нами изучен механизм очага этого землетрясения и его афтершока, происшедшего 23 ноября 1979 г. с энергетическим классом $K=10$. Как

Таблица 25

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах землетрясений Талышского региона

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
		вектор падения		компоненты подвижки		вектор падения		компоненты подвижки		сжатия		поперечное		растяжения	
		А°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	А°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	А°	е°	А°	е°	А°	е°
1	16/IV 1970 01 26	251	80	-1,00	+0,03	161	88	+0,98	+0,18	297	6	59	80	205	9
2	23/XII 1970 17 31	210	80	-1,00	+0,07	120	86	+0,99	+0,17	256	4	8	80	164	9
3	6/X 1975 18 07	308	84	-1,00	+0,03	218	88	+0,99	+0,10	354	3	108	84	261	5
4	8/XI 1979 05 21	207	86	+0,82	+0,57	300	56	-1,00	+0,09	349	20	111	55	248	26
5	23/XI 1979 19 43	217	86	+0,82	+0,57	300	56	-1,00	+0,09	349	20	111	55	248	26
6	2/IV 1983 00 32	199	84	-0,82	-0,57	294	56	+0,99	-0,12	241	28	101	55	342	18

следует из табл. 25, параметры плоскостей разрывов и осей главных напряжений в очагах основного толчка 8 ноября 1979 г. и афтершока 23 ноября 1979 г. получились абсолютно идентичными. Азимут простираия плоскости разрыва в очаге землетрясения составляет 117° . Очаг землетрясения приурочен к Херовабадскому разлому [190]. Плоскость разрыва в очаге круто (угол падения равен 86°) падает к юго-западу. В очаге произошел правосторонний сдвиг со значительной долей взброса. Ось напряжения сжатия ориентирована в близмеридиональном направлении, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—в близширотном. При этом оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, а ось промежуточного напряжения—под углом 55° к горизонтальной плоскости.

Следует отметить, что в эпицентре землетрясения 8 ноября 1979 г. снова 19 февраля 1980 г. произошло землетрясение с $M = 3\frac{1}{2}$ [100]. Плоскость разрыва в очаге этого землетрясения, определенная нами по макросейсмическим данным, имеет азимут простираия 128° . Очаг этого землетрясения также приурочен к Херовабадскому разлому.

Последнее из рассмотренных землетрясений Талышского региона произошло 2 апреля 1983 г. Оно имело магнитуду $4\frac{1}{2}$ и было самым сильным в регионе в период 1970—1985 гг. В эпицентре землетрясения в районе Джонни оно ощущалось силой 6 баллов. Азимут простираия плоскости разрыва в очаге землетрясения, определенной по инструментальным данным, получился равным 109° , а по макросейсмическим наблюдениям, по вытянутости первой 5—6-балльной изосейсты— 106° . Согласно этим данным и расположению эпицентра, очаг этого землетрясения приурочен к одному из ответвлений Херовабадского разлома. Плоскость разрыва в очаге землетрясения круто (угол падения равен 84°) падает к юго-западу. В очаге произошел левосторонний сдвиг со значительной долей сброса. Ось напряжения сжатия ориентирована в близмеридиональном, а оси напряжения растяжения и промежуточного напряжения—в близширотном направлении. При этом оси напряжений сжатия и растяжения направлены близгоризонтально, а ось промежуточного напряжения направлена под углом 55° к горизонтальной плоскости.

На рис. 30 дана в стереографической проекции на сетке Вульфа ориентация осей главных напряжений в очагах рассмотренных основных землетрясений Талышского региона. Из этого рисунка и табл. 25 следует, что оси напряжений сжатия и растяжения в очагах сильных землетрясений этого региона направлены близгоризонтально ($e < 30^\circ$), а оси промежуточного напряжения в 3

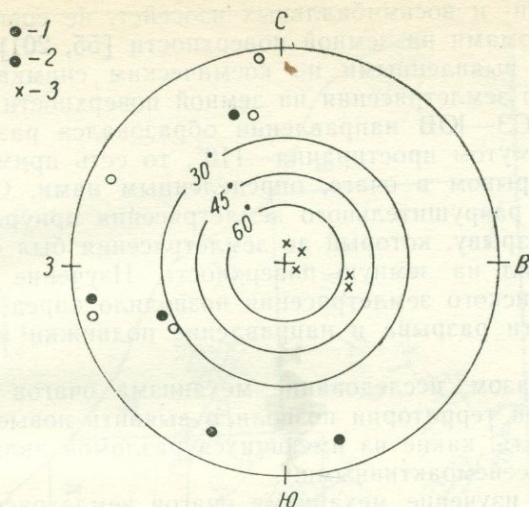


Рис. 30. Ориентация главных напряжений в очагах землетрясений Талышского региона (в стереографической проекции на сетке Вульфа): 1—оси напряжений сжатия; 2—оси напряжений растяжения; 3—оси промежуточных напряжений.

случаях с горизонтальной плоскостью составляют угол $80-84^\circ$ и в 2 случаях— 55° .

§ 12. ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА И НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ОЧАГАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ

Результаты исследования механизма очагов землетрясений десяти регионов Армянского нагорья и определения азимута простирания плоскости разрыва в очаге были использованы нами при установлении приуроченности очагов землетрясений к тому или иному глубинному разлому.

В то же время использование данных по механизму очага сильного землетрясения позволяет установить также скрытые разломы в земной коре, невидимые на земной поверхности. Примером может послужить Чалдыранское землетрясение 24 ноября 1976 г., разрыв в очаге которого, определенный нами при исследовании механизма очага этого землетрясения по инструментальным данным, по афтершоковой области и по вытянутости макси-

мальных девяти- и восьмибалльных изосейст, не совпадает с известными разломами на земной поверхности [55, 201], а также с линеаментами, выявленными по космическим снимкам [18, 97]. Во время этого землетрясения на земной поверхности в районе г. Чалдырана в СЗ—ЮВ направлении образовался разрыв длиной 53 км и с азимутом простираения— 110° , то есть примерно совпадающим с разрывом в очаге, определенным нами. Следовательно, очаг этого разрушительного землетрясения приурочен к Чалдыранскому разрыву, который до землетрясения был скрытым, то есть не выходил на земную поверхность. Изучение механизма очага Чалдыранского землетрясения позволило определить ориентацию плоскости разрыва и направление подвижки в этой плоскости.

Таким образом, исследование механизма очагов землетрясений исследуемой территории позволило выявить новые разломы, а также установить, какие из имеющихся разломов являются в настоящее время сейсмоактивными.

Детальное изучение механизма очагов землетрясений десяти отдельных регионов, на которые была разделена вся исследуемая территория Армянского нагорья, показало, что ориентация плоскостей разрывов, подвижек в них и осей главных напряжений в очагах землетрясений этих регионов неодинаковое. Нами проводится сравнительный анализ полученных механизмов очагов землетрясений отдельных регионов и выявляются особенности механизма и напряженного состояния в очагах землетрясений Армянского нагорья.

На рис. 31 даны результаты определения положения двух возможных плоскостей разрывов в очагах исследованных 102 основных землетрясений Армянского нагорья. На рис. 31 не показаны положения плоскостей разрывов в очагах 52 исследованных форшоков и афтершоков землетрясений. Эти данные приведены в соответствующих таблицах для отдельных регионов.

При рассмотрении плоскостей разрывов (как это уже было указано нами ранее при анализе механизмов очагов землетрясений отдельных регионов) можно отметить, что в основном направление одной из плоскостей разрыва в очагах сильных землетрясений примерно совпадает с направлением известных тектонических разломов на исследуемой территории. Исключение составляют разрушительные Чалдыранское и Эрзурум-Карское землетрясения. Падение плоскостей разрывов в очагах землетрясений, в основном, крутое. Из 102 плоскостей разрывов в очагах основных землетрясений 66 или 64,7% общего числа имеют угол падения $e \geq 60^\circ$, т. е. плоскости разрыва в очагах близвертикальны. 29 плоскостей разрывов в очагах (или 28,4% общего числа) зани-

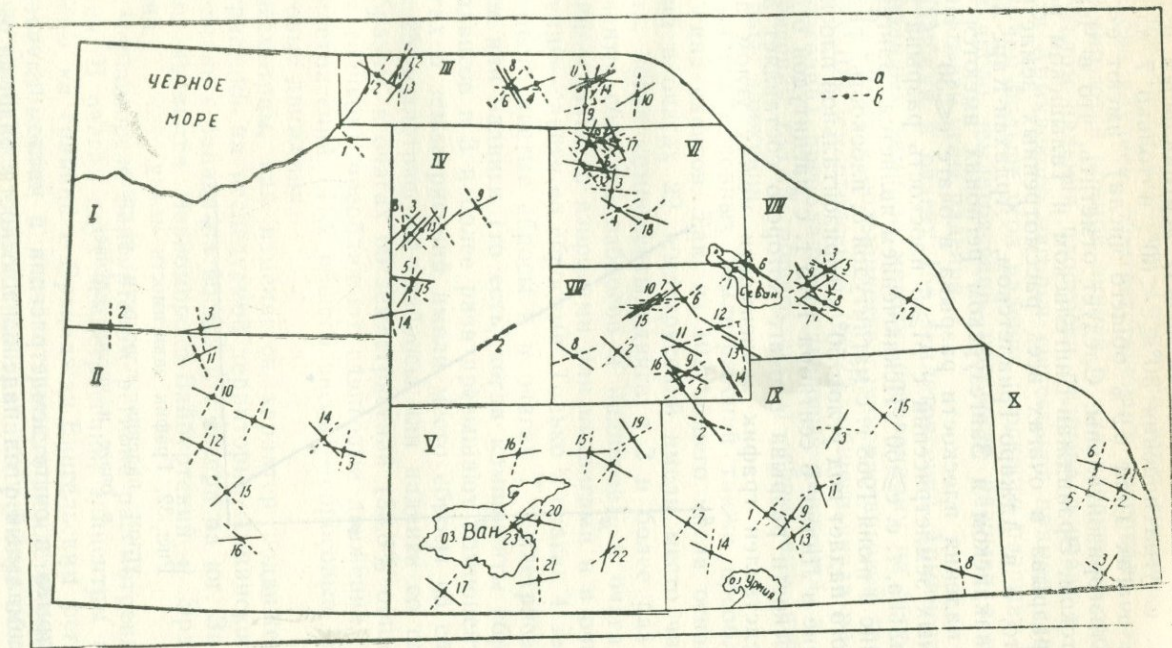


Рис. 31. Ориентация двух возможных плоскостей разрывов в очагах землетрясений Армянского нагорья: а) плоскость разрыва I, б) плоскость разрыва II.

мают промежуточное положение между вертикальным и горизонтальным, т. е. угол падения $30^\circ \leq e < 60^\circ$, и только 7 плоскостей разрывов в очагах (или 6,9% общего числа) имеют $e < 30^\circ$, то есть они близгоризонтальны. Следует отметить, что в Черноморско-Байбуртском, Эрзинджан-Бингёльском и Талышском регионах плоскость разрыва в очагах всех рассмотренных землетрясений падает круто, а в Аджаро-Триалетском, Ардахан-Карс-Хорасанском, Ленинанканском и Зангезурском регионах имеются случаи, когда угол падения плоскости разрыва в очаге $e \leq 30^\circ$. Для всех рассмотренных землетрясений с $M \geq 5$ плоскость разрыва в очаге близвертикальна, т. е. $e \geq 60^\circ$. Исключением является Зангезурское землетрясение 9 июня 1968 г. с магнитудой 5, плоскость разрыва в очаге которого падает под углом 50° к горизонтальной плоскости, и землетрясение в Лидже 6 сентября 1975 г. с магнитудой $6\frac{3}{4}$, угол падения плоскости разрыва в очаге которого составляет 54° . На рис. 32 представлен график зависимости между углом падения

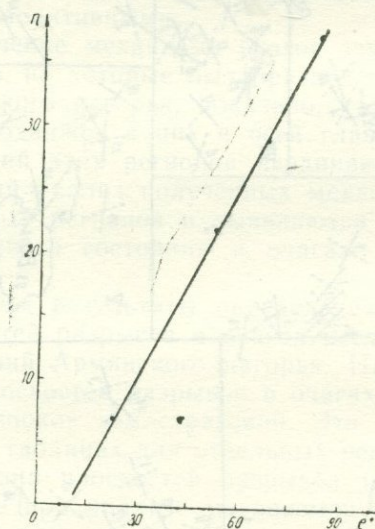


Рис. 32. График зависимости между углом падения плоскости разрыва в очаге и числом случаев.

плоскости разрыва в очаге землетрясения и числом случаев. На графике максимальный угол падения плоскости разрыва в очаге разбит на 6 частей-интервалов ($0-15^\circ$, $15-30^\circ$, $30-45^\circ$, $45-60^\circ$, $60-75^\circ$ и $75-90^\circ$) и в середине каждого интервала отложено со-

ответствующее этому интервалу углов падений плоскости разрыва в очаге число случаев. Точки на этом графике, за исключением числа случаев, соответствующих интервалу от 30 до 45° , аппроксимируются прямой линией и, как следует из этого графика, между углом падения плоскости разрыва в очаге и числом случаев для Армянского нагорья существует прямая зависимость, а именно: чем больше угол падения плоскости разрыва в очаге, тем больше число землетрясений, плоскость разрыва в очагах которых имеют эти углы падения.

Подвижки в очагах 154 землетрясений Армянского нагорья, исследованных нами по методу, основанному на теории дислокаций [43], имеют в большинстве случаев сдвиговой характер. Так, в очагах 102 землетрясений (66,2% общего числа рассмотренных землетрясений) преобладали сдвиговые движения, а в очагах 52 землетрясения (33,8% общего числа)—сбросовые, взбросовые или надвиговые движения.

В очагах основных землетрясений также преобладают движения типа сдвигов. Так, из 102 общего числа основных землетрясений в очагах 29 землетрясений имели место чистые сдвиги (то есть, когда компоненты сдвига в 3 и более раз превышают компоненты сбросов, взбросов и надвигов), в очагах 16 землетрясений—сдвиги со взбросами или надвигами и в очагах 15 землетрясений—сдвиги со сбросами. Только в очагах 4 землетрясений имели место чистые сбросы и в очагах 7 землетрясений—чистые взбросы или надвиги (то есть, когда компоненты сбросов, взбросов, надвигов в 3 и более раза превышают компоненты сдвигов). В очагах 6 землетрясений имели место сбросы со сдвигами, а в очагах 25 землетрясений—взбросы или надвиги со сдвигами. Таким образом, в очагах 60 землетрясений (58,8% общего числа основных толчков) преобладают сдвиговые движения, а в очагах 42 землетрясений (41,2% общего числа)—сбросовые, взбросовые и надвиговые движения.

Рассмотрим, как изменяется характер подвижек в очагах землетрясений на исследуемой территории Армянского нагорья в направлении с запада на восток и с севера на юг. Западными регионами являются Черноморско-Байбуртский и Эрзинджан-Бингёльский.

В Черноморско-Байбуртском регионе рассмотрены три землетрясения. В очагах двух землетрясений, эпицентры которых расположены на границе с Эрзинджан-Бингёльским регионом, произошел чистый сдвиг, а в очаге третьего землетрясения, эпицентр которого находится у восточной границы региона вблизи Аджаро-Триалетского региона, имел место сбросо-сдвиг.

В очагах землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона преобладали сдвиговые движения. Исключением являются Лиджейское землетрясение 6 сентября 1975 г. на юге региона, в очаге которого произошел взбросо-сдвиг и форшок землетрясения в Варто, которое произошло 7 марта 1966 г. и в очаге которого имел место сбросо-сдвиг, причем компонента подвижки сдвига не намного отличается от компоненты сброса. Как указывалось выше, ориентация плоскости разрыва в очаге форшока землетрясения в Варто отличается от направления известных тектонических разломов, вследствие чего форшок рассматривался как возможный предвестник сильного землетрясения, которое действительно было отмечено 19 августа 1966 г. По-видимому, с этим прогностическим признаком связано также и отличие типа подвижек в очагах основного толчка землетрясения в Варто и его форшока.

В Аджаро-Триалетском регионе, расположенном восточнее Черноморско-Байбуртского региона, в очагах рассмотренных землетрясений имели место как сдвиговые, так и сбросовые, взбросовые или надвиговые движения. При этом в очагах 7 основных землетрясений, а также форшока и афтершока Боржомского землетрясения 3 января 1970 г. преобладали сдвиговые движения, а в очагах 5 основных землетрясений—сбросовые, взбросовые и надвиговые движения. Следует отметить: несмотря на то, что в очагах форшока, основного толчка и афтершока Боржомского землетрясения преобладали сдвиговые движения, характер подвижки в очаге форшока—правосторонний сдвиг с надвигом—отличается от подвижки в очагах основного толчка и афтершока—левостороннего сдвига с взбросом или надвигом. Как было указано ранее, форшок Боржомского землетрясения также служил прогностическим признаком для основного толчка.

В Ардахан-Карс-Хорасанском регионе, расположенном южнее Аджаро-Триалетского региона, в очагах только 2 основных землетрясений и 3 афтершоков преобладали сбросовые, взбросовые и надвиговые движения, а в очагах 7 основных землетрясений, афтершока землетрясения в районе Сарыкамыш 22 марта 1972 г., форшока и 3 афтершоков Ардаханского землетрясения 29 апреля 1976 г. и афтершока Эрзурум-Карского землетрясения 30 октября 1983 г. имели место, в основном, сдвиговые движения. При этом характер подвижки в очаге Ардаханского землетрясения 29 апреля 1976 г., его форшока и 3 афтершоков одинаков—левосторонний сдвиг со взбросом. В случае Эрзурум-Карского землетрясения в очаге основного толчка и одного афтершока имели место сдвиговые движения, а в очагах двух афтершоков—сбросовые и взбросовые движения.

В очагах землетрясений Ванского региона, расположенного южнее Ардахан-Карс-Хорасанского, движения преимущественно сдвиговые. Из 23 рассмотренных землетрясений этого региона в очагах 19 землетрясений преобладали сдвиговые движения, а в очагах только 4 землетрясений—сбросовые, взбросовые и надвиговые движения. При этом в очагах основных землетрясений также преобладали сдвиговые движения. В очагах 7 землетрясений из 9 основных толчков имели место чистые сдвиги или сдвиги со сбросами, взбросами и надвигами, и только в очагах 2 землетрясений имели место взбросовые или надвиговые движения.

В очагах землетрясений Ленинанканского региона, расположенного к югу от Аджаро-Триалетского и к востоку от Ардахан-Карс-Хорасанского регионов, наряду с подвижками сдвигового характера имеются также значительные подвижки сбросового, взбросового и надвигового характера. В очагах 17 землетрясений Ленинанканского региона преобладали сдвиговые движения, а в очагах остальных 15 землетрясений—сбросовые, взбросовые и надвиговые движения. В очагах 11 землетрясений, из рассмотренных 24 основных землетрясений этого региона, преобладали сдвиговые движения, а в очагах 13 землетрясений—сбросовые, взбросовые и надвиговые движения.

Роль сбросовых, взбросовых и надвиговых подвижек становится еще более значительной в очагах землетрясений Ереванского региона, расположенного южнее Ленинанканского региона. В очагах 11 землетрясений, из 14 рассмотренных основных землетрясений Ереванского региона, преобладали движения типов сброса, взброса и надвига. Исследованы механизмы очагов только 2 афтершоков землетрясений региона. Это афтершоки Игдырского землетрясения 4 сентября 1962 г., в очагах которых, как и в очаге основного толчка, преобладали сдвиговые движения.

Варденис-Кировабадский регион является северо-восточной зоной исследуемой территории. В очагах 6 землетрясений, из рассмотренных 8 основных землетрясений региона, преобладали сбросовые, взбросовые и надвиговые движения, а в очагах только 2 землетрясений—сдвиги. В очаге единственного исследованного афтершока имел место сдвиг-взброс, причем весьма значительная компонента взброса составляет 80% компоненты сдвига.

В Зангезурском регионе, расположенном южнее Варденис-Кировабадского и восточнее Ванского регионов, наблюдается иная картина. В очагах 9 землетрясений, из рассмотренных 10 основных землетрясений Зангезурского региона, преобладали сдвиги, а в очаге единственного землетрясения 23 июля 1964 г. имел место сбросо-сдвиг. Эпицентр этого землетрясения расположен в се-

веро-западной части Зангезурского региона, вблизи Ереванского региона, в очагах землетрясений которого, как было указано выше, преобладают сбросовые, взбросовые и надвиговые движения. Исследованы 5 афтершоков землетрясений Зангезурского региона. В очагах 3 афтершоков, как и в очагах основных толчков, преобладали сдвиги. Это афтершоки землетрясений 25 марта 1980 г. в районе Меренда, 16 мая 1980 г. в районе Ордубада и Зангезурского землетрясения 9 июня 1968 г. В очагах двух более слабых афтершоков ($M=4-4\frac{1}{4}$) Зангезурского землетрясения преобладали взбросо-надвиговые движения.

В очагах Талышского региона, который является восточной зоной исследуемой территории, преобладают сдвиговые движения.

Результаты проведенного анализа изменения в пространстве характера подвижек в очагах землетрясений Армянского нагорья представлены на рис. 33. На этом рисунке для каждого региона в виде дроби указаны количества рассмотренных землетрясений с различными подвижками в очагах. При этом в числителе дроби указано количество землетрясений, в очагах которых преобладают сдвиговые движения, а в знаменателе—количество землетрясений, в очагах которых преобладают сбросовые, взбросовые и надвиговые движения. В скобках указаны количества основных землетрясений без форшоков и афтершоков.

Как следует из проведенного анализа и рис. 33, в очагах землетрясений западной, восточной и южной частей исследуемой территории Армянского нагорья преобладают сдвиговые движения, в очагах землетрясения северной части—как сдвиговые, так и сбросовые, взбросовые и надвиговые движения, а в очагах землетрясений северо-восточной и центральной частей Армянского нагорья преобладают сбросовые, взбросовые и надвиговые движения.

Рассмотрим, как изменяется характер подвижек в очагах землетрясений Армянского нагорья во времени. Е. И. Широковой в результате изучения механизмов очагов землетрясений Среднего и Ближнего Востока был сделан вывод о том, что преобладающие механизмы в очагах землетрясений за периоды 1953—1963 гг. и 1964—1973 гг. сильно отличаются [178, 179, 180].

Для Армянского нагорья за период с 1954 по 1963 гг. нами исследованы механизмы очагов 14 основных землетрясений. Оказалось, что в очагах 7 землетрясений преобладают сдвиговые движения, а в очагах остальных 7 землетрясений—сбросы, взбросы и надвиги. Однако, по-видимому, представляет больший интерес период с 1954 по 1965 гг., то есть до разрушительного землетрясения в Варто, после которого на исследуемой территории зна-

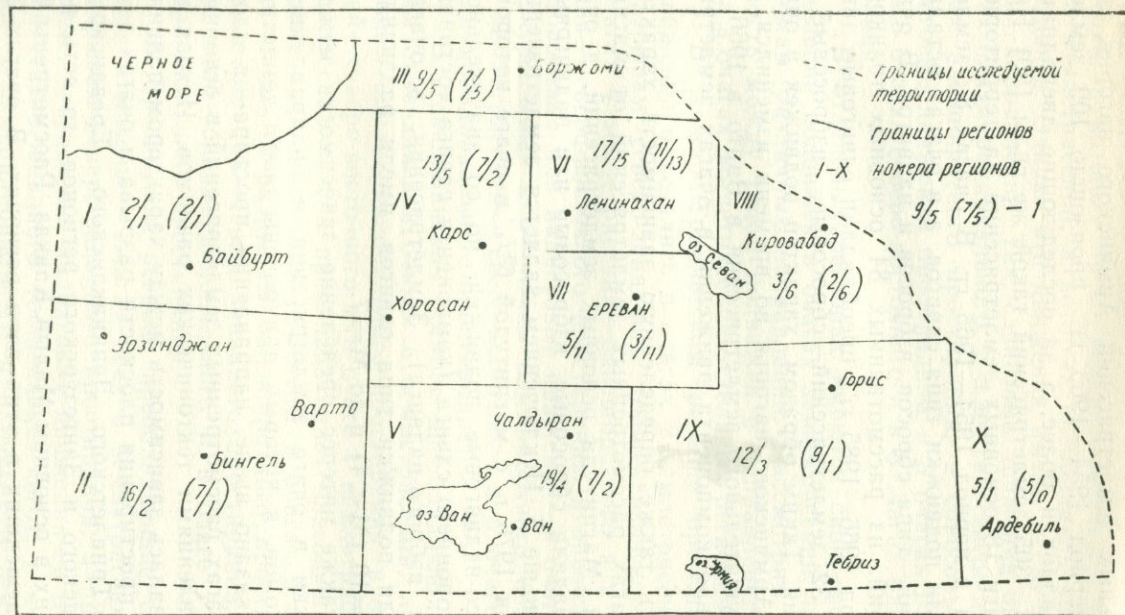


Рис. 33. Подвижки в очагах землетрясений Армянского нагорья: 1—числитель дроби—количество землетрясений, в очагах которых преобладают сдвиги; знаменатель дроби—количество землетрясений, в очагах которых преобладают сбросы, взбросы и надвиги; в скобках—количество основных землетрясений без форшоков и афтершоков, 1—X—те же, что и на рис. 1.

чительно возросло число сильных землетрясений. Согласно данным Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья, за двенадцатилетний период 1954—1965 гг. произошло 109 землетрясений силой 5 баллов и более, а за последующие двенадцать лет (1966—1977 гг.)—305 землетрясений такой же силы [90]. Нами исследованы очаги 18 основных землетрясений на территории Армянского нагорья в период 1954—1965 гг. В очагах 8 землетрясений преобладали подвижки типа сдвигов, а в очагах остальных 10 землетрясений—типа сбросов, взбросов и надвигов. В очагах 52 землетрясений, из рассмотренных 84 основных толчков, отмеченных в период 1966—1985 гг., преобладали сдвиговые движения, а в очагах 32 землетрясений—сбросовые, взбросовые и надвиговые движения. Таким образом, характер подвижек в очагах землетрясений Армянского нагорья во времени изменился, а именно, после разрушительного землетрясения в Варто в 1966 г. увеличилась сдвиговая компонента движений в очагах землетрясений.

Можно отметить также определенную зависимость характера подвижек в очагах рассмотренных землетрясений от магнитуды землетрясений. Магнитуда основных землетрясений, в очагах которых преобладали сбросовые, взбросовые или надвиговые движения, была меньше 5. Исключением является землетрясение в Лидже 6 сентября 1975 г. с магнитудой $6\frac{3}{4}$, в очаге которого преобладали взбросо-надвиговые подвижки, но со значительной компонентой левостороннего сдвига (компонента сдвига составляла 66% компоненты взбросо-надвига). Землетрясения, в очагах которых преобладали подвижки типа сдвигов, имели различную силу, начиная от $K=10$ ($M<4$) и до $M=7$.

Представляет также интерес определение зависимости между характером подвижки в очаге землетрясения и направлением тектонических разломов, к которым приурочены очаги землетрясений. Как было сказано выше, направления простираения плоскости разрыва в очагах рассмотренных землетрясений в основном совпадают с направлениями тектонических разломов. Исходя из этого нами исследовалась зависимость между характером подвижки и направлением простираения плоскости разрыва в очагах землетрясений Аджаро-Триалетского, Ленинанканского, Ереванского, Варденис-Кировабадского и Зангезурского регионов, то есть регионов, составляющих в основном Малый Кавказ. Рассмотрены 68 землетрясений, происшедших в этих пяти регионах. В очагах 32 землетрясений преобладали сдвиговые движения, а в очагах остальных 36 землетрясений—сбросы, взбросы и надвиги. Как сдвиговые, так и сбросовые, взбросовые или надвиговые движения имели место в большинстве случаев в очагах северо-западного

(общекавказского) простирания, а именно :в очагах 10 землетрясений, в которых преобладали сдвиговые движения, и в очагах 15 землетрясений, в которых преобладали сбросы, взбросы или надвиги. Однако эти движения имели место также в очагах других направлений. Так, сдвиговые движения преобладали в 7 очагах близмеридионального, в 8 очагах северо-восточного и в 7 очагах близширотного простирания, а сбросовые, взбросовые, надвиговые движения преобладали в 5 очагах близмеридионального, в 8 очагах северо-восточного и в 8 очагах близширотного простирания.

В отдельных регионах имеются свои особенности в распределении подвижек в очагах землетрясений, приуроченных к разломам различных направлений. Рассмотрим подробнее зависимость между типом подвижек и направлением плоскости разрыва в очагах землетрясений отдельных регионов.

В Аджаро-Триалетском регионе преобладающие сдвиговые движения отмечались в очагах 2 землетрясений, приуроченных к разрывам северо-западного (общекавказского) простирания, в очагах 4 землетрясений—близширотного и в очаге 1 землетрясения—северо-восточного простирания, а преобладающие сбросовые, взбросовые или надвиговые движения—в очагах 2 землетрясений, приуроченных к разрывам близширотного простирания, в очагах 2 землетрясений—северо-восточного и в очаге 1 землетрясения—близмеридионального простирания.

В Ленинаканском регионе преобладающие сдвиговые движения отмечались в очагах 6 землетрясений, приуроченных к разрывам близмеридионального простирания, в очагах 4 землетрясений—северо-восточного и в очаге 1 землетрясения—близширотного простирания, а преобладающие сбросовые, взбросовые, надвиговые движения были отмечены в очагах 6 землетрясений, приуроченных к разрывам близширотного простирания, в очагах 3 землетрясений—северо-западного простирания, в очагах 3 землетрясений—близмеридионального и в очаге 1 землетрясения—северо-восточного простирания.

В Ереванском регионе преобладающие сдвиговые движения были отмечены в очагах всех 3 землетрясений, приуроченных к разрывам северо-западного простирания, а преобладающие сбросовые, взбросовые, надвиговые движения—в очагах 7 землетрясений северо-западного (общекавказского), в очаге 1 землетрясения—близмеридионального и в очагах 3 землетрясений—северо-восточного простирания. Последние 3 землетрясения являются ереванские землетрясения 16 июня 1973 г., 25 февраля 1978 г. и 2 августа 1984 г. Очаги этих трех землетрясений обусловлены одним и тем же разломом северо-восточного простирания.

В Варденис-Кировабадском регионе наблюдается сходная с Ереванским регионом картина: преобладающие сдвиговые движения были отмечены в очагах общих землетрясений, приуроченных к разрывам северо-западного простирания, а преобладающие сбросовые, взбросовые, надвиговые движения—в очагах 2 землетрясений северо-восточного простирания и в очагах 4 землетрясений северо-западного простирания.

В Зангезурском регионе преобладающие сдвиговые движения отмечались в очагах землетрясений, приуроченных к разрывам всех ориентаций, а именно: близмеридионального (1 очаг), северо-западного (3 очага), близширотного (2 очага) и северо-восточного (3). Преобладающие сбросовые движения были отмечены в очаге одного единственного землетрясения, приуроченного к разрыву северо-западного простирания.

Из проведенного анализа следует, что: 1) преобладающие сдвиговые движения не были отмечены при землетрясениях Аджаро-Триалетского региона, плоскости разрыва в очагах которых имеют близмеридиональное направление, при землетрясениях Ереванского и Варденис-Кировабадского регионов, плоскости разрыва в очагах которых имеют близмеридиональное, близширотное и северо-восточное простирание, а при землетрясениях Ленинаканского региона—северо-западное простирание; 2) преобладающие сбросовые, взбросовые, надвиговые движения не были отмечены при землетрясениях Аджаро-Триалетского региона, плоскости разрыва в очагах которых имеют северо-западное простирание, при землетрясениях Ереванского региона—близширотное простирание, при землетрясениях Варденис-Кировабадского региона—близмеридиональное и близширотное простирания, а при землетрясениях Зангезурского региона— близмеридиональное, близширотное и северо-восточное направления.

Рассмотрим особенности ориентации главных напряжений в очагах землетрясений исследуемой территории Армянского нагорья. При этом направление осей главных напряжений будем считать, как это было принято и в предыдущих параграфах настоящей главы, близмеридиональным или близширотным, если отклонение оси напряжения соответственно от меридиана или параллели не превосходит $\pm 30^\circ$, а ось напряжений будет близгоризонтальная, если угол, составленный осью с горизонтальной плоскостью (угол падения), не превосходит 30° , и близвертикальная, если угол падения равен 60° и более.

Согласно использованному методу исследования механизма очагов землетрясений, положение осей главных напряжений определено нами однозначно [43].

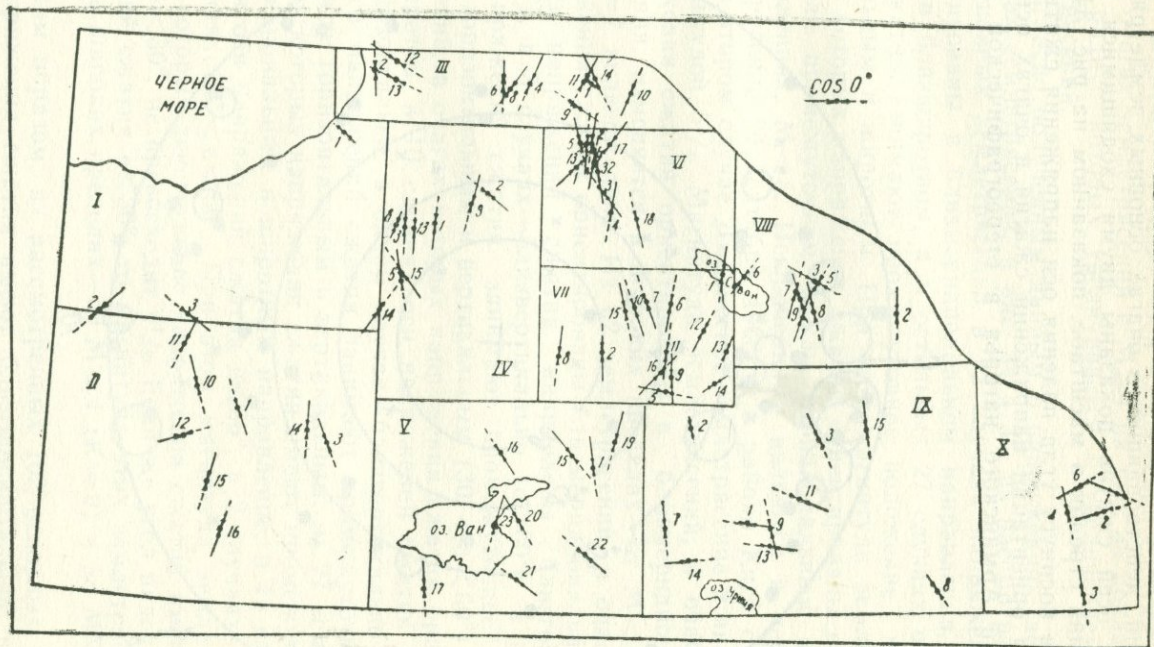


Рис. 34 Напряжения сжатия в очагах землетрясений Армянского нагорья.

На рис. 34 приведены горизонтальные проекции осей напряжений сжатия, действовавших в очагах основных землетрясений. Направления осей сжатия показаны двумя сходящимися стрелками. Величина стрелок в масштабе, показанном на рис. 34, пропорциональна косинусу угла падения оси напряжения сжатия. На рис. 35 даны ориентации напряжений сжатия в очагах основных землетрясений Армянского нагорья в стереографической проекции

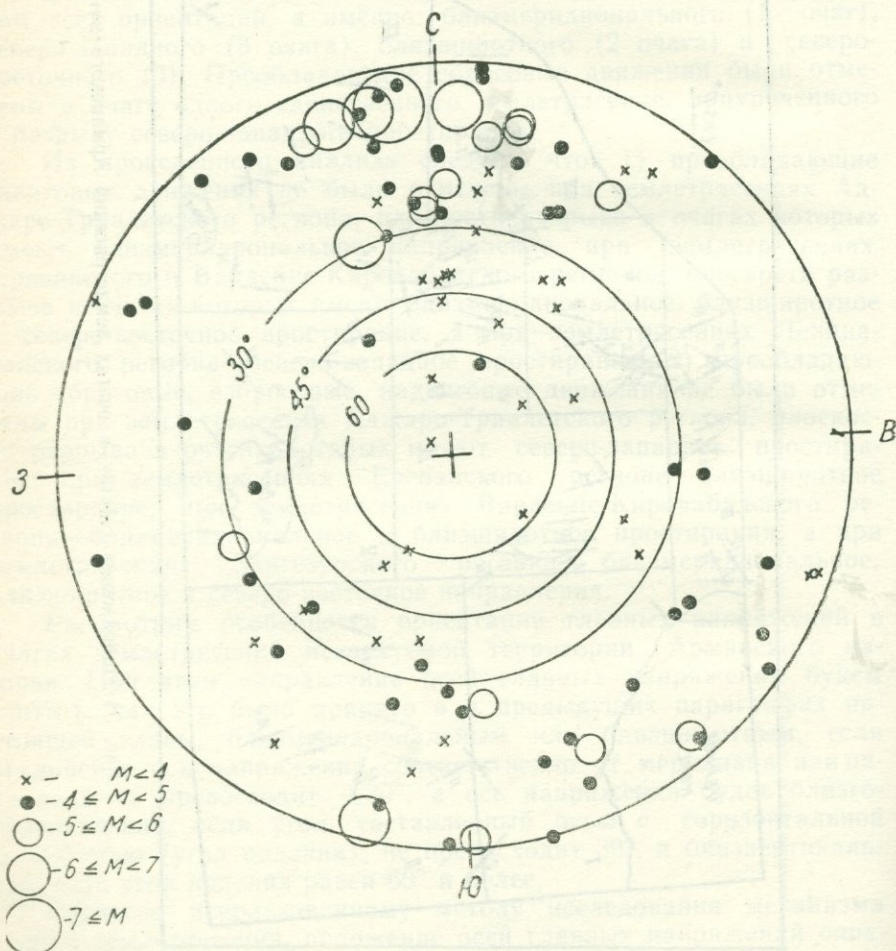


Рис. 35. Ориентация напряжений сжатия в очагах землетрясений Армянского нагорья (в стереографической проекции на сетке Вульфа).

ции на сетке Вульфа. При этом все землетрясения по интенсивности разделены на пять групп: 1) $M < 4$; 2) $4 \leq M < 5$; 3) $5 \leq M < 6$; 4) $6 \leq M < 7$ 5) $M \geq 7$. Оси напряжений сжатия действовавших в очагах землетрясений с $M \geq 4$ на рис. 35 показаны кружочками, радиус которых увеличивается с увеличением магнитуды землетрясений.

Согласно полученным данным о напряжениях, действовавших в очагах землетрясений, и рис. 34 и 35, из рассмотренных очагов 102 основных землетрясений в 62 случаях напряжения сжатия ориентированы в близмеридиональном направлении, в 13 случаях—в близширотном, а в остальных 27 случаях оси напряжений сжатия занимают промежуточное положение между меридиональным и широтным. При этом магнитуда землетрясений, в очагах которых напряжения сжатия ориентированы в близширотном или промежуточном между меридиональным и широтным направлениях, $M < 5$. Исключениями являются в первом случае землетрясение 24 сентября 1968 г. в районе Киги с магнитудой 5, а во втором случае Дманисское землетрясение 2 января 1978 г. с магнитудой $5\frac{1}{4}$. Магнитуда землетрясений, в очагах которых напряжения сжатия ориентированы в близмеридиональном направлении, изменяется в широких пределах—от $M < 4$ ($K=9$) и по $M=7$ включительно. Из 62 землетрясений, в очагах которых напряжения сжатия ориентированы близмеридионально, в 51 случае оси напряжений сжатия направлены близгоризонтально ($e \leq 30^\circ$), в 3 случаях—близвертикально ($e \geq 60^\circ$), а в 8 случаях оси напряжений сжатия занимают промежуточное положение между горизонтальным и вертикальным ($30^\circ < e < 60^\circ$); из 13 землетрясений, в очагах которых напряжения сжатия ориентированы близширотно, в 10 случаях оси напряжений сжатия направлены близгоризонтально, в одном случае—близвертикально и в 2 случаях оси напряжений сжатия занимают промежуточное положение между горизонтальным и вертикальным; из 27 землетрясений, в очагах которых напряжения сжатия имеют промежуточное между меридиональным и широтным направление, в 14 случаях угол падения оси напряжений сжатия $e \leq 30^\circ$, в 2 случаях— $e \geq 60^\circ$ и в 11 случаях $30^\circ < e < 60^\circ$. При этом магнитуда землетрясений, в очагах которых действующие напряжения сжатия имеют угол падения $e < 30^\circ$, не превосходит $4\frac{1}{2}$. Если же угол падения осей напряжений сжатия $e \leq 30^\circ$, то магнитуда этих землетрясений изменяется в широких пределах—от $M < 4$ ($K=9$) и до $M=7$ включительно.

Таким образом, из рассмотренных 102 основных землетрясений напряжения сжатия имеют близгоризонтальное направление

в очагах 75 землетрясений, близвертикальное—в очагах 6 землетрясений и промежуточное—в очагах 21 землетрясения.

Преобладание количества землетрясений, в очагах которых напряжения сжатия ориентированы примерно горизонтально в близмеридиональном направлении, можно объяснить с позиций глобальной теории тектоники плит территориальным положением Армянского нагорья, а именно: исследуемая территория Армянского нагорья находится в сжатом состоянии между двумя движущимися навстречу друг другу в близмеридиональном направлении Евразийской и Аравийской плитами.

С целью выяснения положения оси сжимающего напряжения относительно простираения тектонических структур нами построен график зависимости между углом φ , образованным горизонтальной проекцией напряжения сжатия с направлением плоскости разрыва в очаге на земной поверхности и числом случаев (рис. 36).

Направления тектонических структур заменены направлениями простираений плоскости разрыва в очагах землетрясений, так

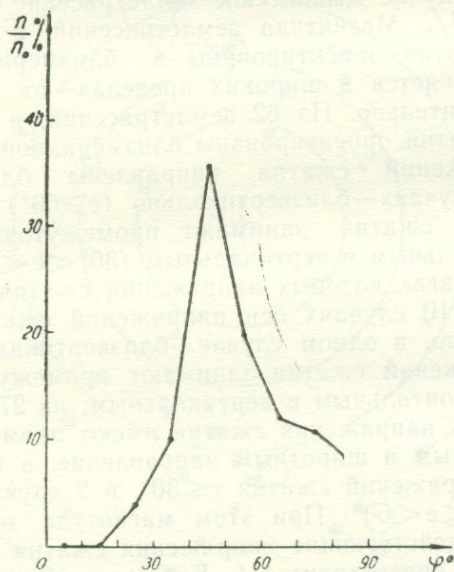


Рис. 36. График зависимости между углом φ , образованным горизонтальной проекцией напряжения сжатия с направлением следа плоскости разрыва в очаге на земной поверхности, и числом случаев (в % от общего числа).

как эти направления, как уже было сказано, примерно совпадают. На графике максимальный угол между направлением напряжений сжатия и простираем плоскости разрыва в очаге $\varphi=90^\circ$ разбит на 9 интервалов, по 10° каждый, и в середине каждого интервала отложено соответствующее этому интервалу углов φ число случаев. Число случаев выражено в процентах от общего числа рассмотренных землетрясений. Как следует из этого графика, у максимального количества землетрясений направления напряжений сжатия в очагах составляют с направлениями простираем плоскости разрыва в очагах (с направлениями тектонических разломов) углы $40-50^\circ$. Это находится в хорошем соответствии с теоретической моделью очага, принятой в методе, который основан на теории дислокаций [43].

На рис. 37 даны горизонтальные проекции осей напряжений растяжения, действовавших в очагах основных землетрясений. Направления осей растяжения показаны двумя расходящимися стрелками. Величина стрелок в масштабе, показанном на рис. 37, пропорциональна косинусу угла падения оси растяжения. На рис. 38 дана ориентация напряжений растяжения в очагах основных землетрясений Армянского нагорья в стереографической проекции на сетке Вульфа. В этом случае, как и при напряжениях сжатия, все землетрясения по интенсивности делятся на пять групп. На рис. 38 оси напряжений растяжения в очагах землетрясений с $M \geq 4$ показаны кружочками, радиус которых тем больше, чем больше магнитуда землетрясений. Как следует из рис. 37 и 38, ориентация осей напряжений растяжения во всех рассмотренных случаях не одинаковая. Согласно полученным данным о напряжениях растяжения, действовавших в очагах землетрясений, и рис. 37 и 38, из рассмотренных 102 основных землетрясений в 62 случаях напряжения растяжения ориентированы в близширотном направлении, в 17 случаях—в близмеридиональном, а в остальных 23 случаях—в промежуточном между меридиональным и широтным направлением. Магнитуда землетрясений, в очагах которых напряжения растяжения ориентированы в близширотном или промежуточном между меридиональным и широтным направлениях, имеет различные значения от $M < 4$ (с $K=9$) до $M=7$ включительно. Магнитуда землетрясений, в очагах которых напряжения растяжения ориентированы в близмеридиональном направлении, $M < 5$. Исключением является землетрясение 24 сентября 1968 г. в районе Киги с магнитудой 5.

Из 62 землетрясений, в очагах которых напряжения растяжения ориентированы близширотно, в 33 случаях оси напряжений растяжения направлены близгоризонтально, в 10 случаях—близвертикально, а в 19 случаях оси напряжений растяжения зани-

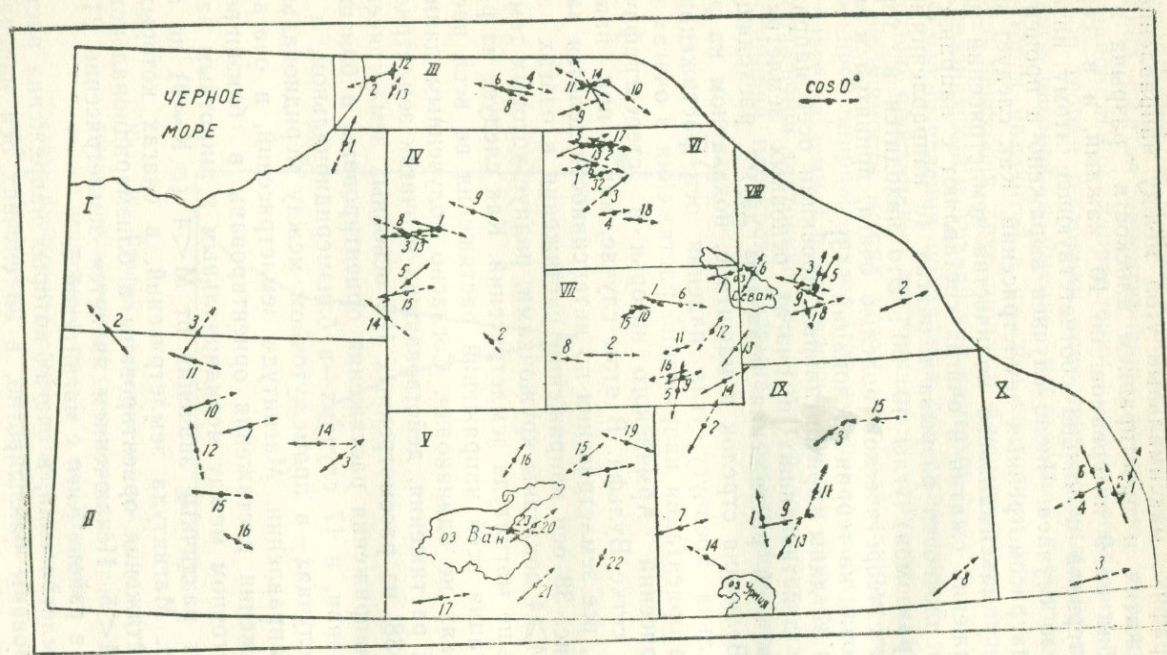


Рис. 37. Напряжения растяжения в очагах землетрясений Армянского нагорья.

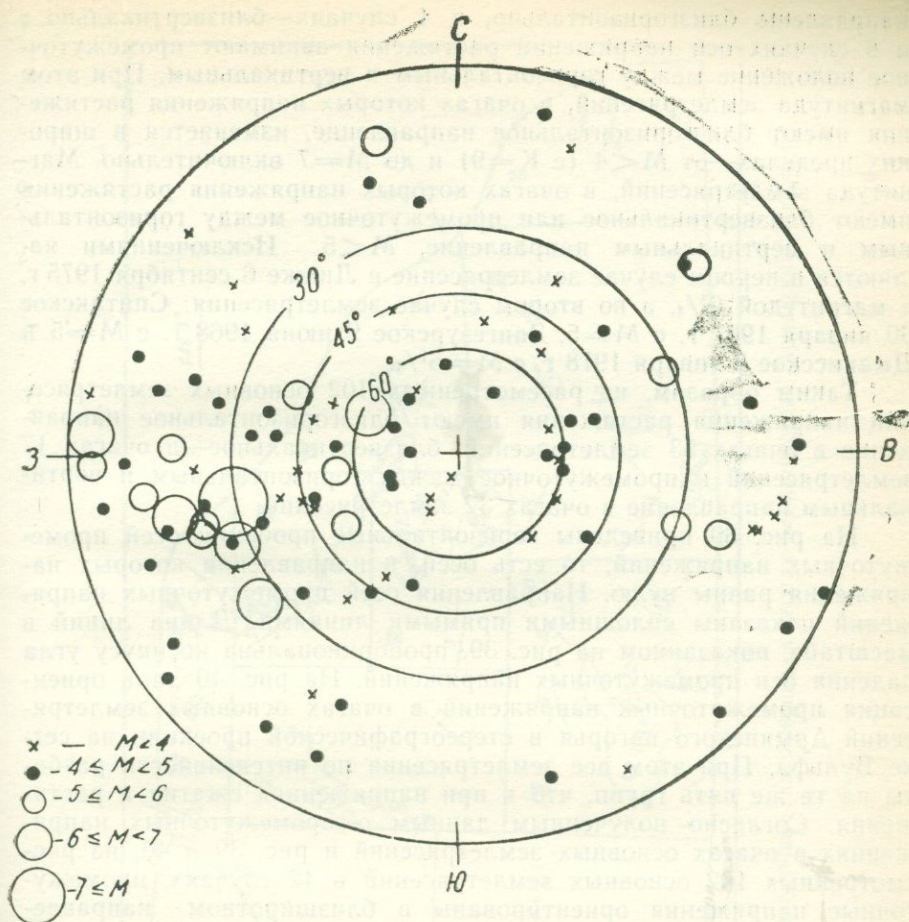


Рис. 38. Ориентация напряжений растяжения в очагах землетрясений. Армянского нагорья (в стереографической проекции на сетке Вульфа).

мают промежуточное положение между горизонтальным и вертикальным; из 17 землетрясений, в очагах которых напряжения растяжения ориентированы близмеридионально, в 9 случаях оси напряжений растяжения имеют близгоризонтальное направление, в 3 случаях—близвертикальное и в 5 случаях—промежуточное направление; из 23 землетрясений, в очагах которых напряжения растяжения имеют промежуточное между меридиональным и широтным направление, в 11 случаях оси напряжений растяжения

направлены близгоризонтально, в 4 случаях—близвертикально, а в 8 случаях оси напряжений растяжения занимают промежуточное положение между горизонтальным и вертикальным. При этом магнитуда землетрясений, в очагах которых напряжения растяжения имеют близгоризонтальное направление, изменяется в широких пределах—от $M < 4$ (с $K=9$) и до $M=7$ включительно. Магнитуда землетрясений, в очагах которых напряжения растяжения имеют близвертикальное или промежуточное между горизонтальным и вертикальным направление, $M < 5$. Исключениями являются в первом случае землетрясение в Лидже 6 сентября 1975 г. с магнитудой $6\frac{3}{4}$, а во втором случае землетрясения: Спитакское 30 января 1967 г. с $M=5$, Зангезурское 9 июня 1968 г. с $M=5$ и Дманиское 2 января 1978 г. с $M=5\frac{1}{4}$.

Таким образом, из рассмотренных 102 основных землетрясений напряжения растяжения имеют близгоризонтальное направление в очагах 53 землетрясений, близвертикальное—в очагах 17 землетрясений и промежуточное между горизонтальным и вертикальным направление в очагах 32 землетрясений.

На рис. 39 приведены горизонтальные проекции осей промежуточных напряжений, то есть осей, в направлении которых напряжения равны нулю. Направления осей промежуточных напряжений показаны сплошными прямыми линиями. Длина линий в масштабе, показанном на рис. 39, пропорциональна косинусу угла падения оси промежуточных напряжений. На рис. 40 дана ориентация промежуточных напряжений в очагах основных землетрясений Армянского нагорья в стереографической проекции на сетке Вульфа. При этом все землетрясения по интенсивности разбиты на те же пять групп, что и при напряжениях сжатия и растяжения. Согласно полученным данным о промежуточных напряжениях в очагах основных землетрясений и рис. 39 и 40, из рассмотренных 102 основных землетрясений в 42 случаях, промежуточные напряжения ориентированы в близширотном направлении, в 24 случаях—в близмеридиональном и в 36 случаях в промежуточном между широтным и меридиональным направлением. При этом магнитуда землетрясений, в очагах которых промежуточные напряжения ориентированы в близширотном направлении, имеет значения от $M < 4$ (с $K=10$) и до $M=7$ включительно. Магнитуда землетрясений, в очагах которых промежуточные напряжения ориентированы в близмеридиональном направлении, $M < 5$. Исключением является землетрясение 10 сентября 1969 г. в районе Карлыовы с магнитудой $5\frac{1}{4}$. Магнитуда землетрясений, в очагах которых промежуточные напряжения ориентированы между широтным и меридиональным направлениями, имеет значения от $M < 4$ (с $K=9$) и до $M=5\frac{1}{2}$ включительно.

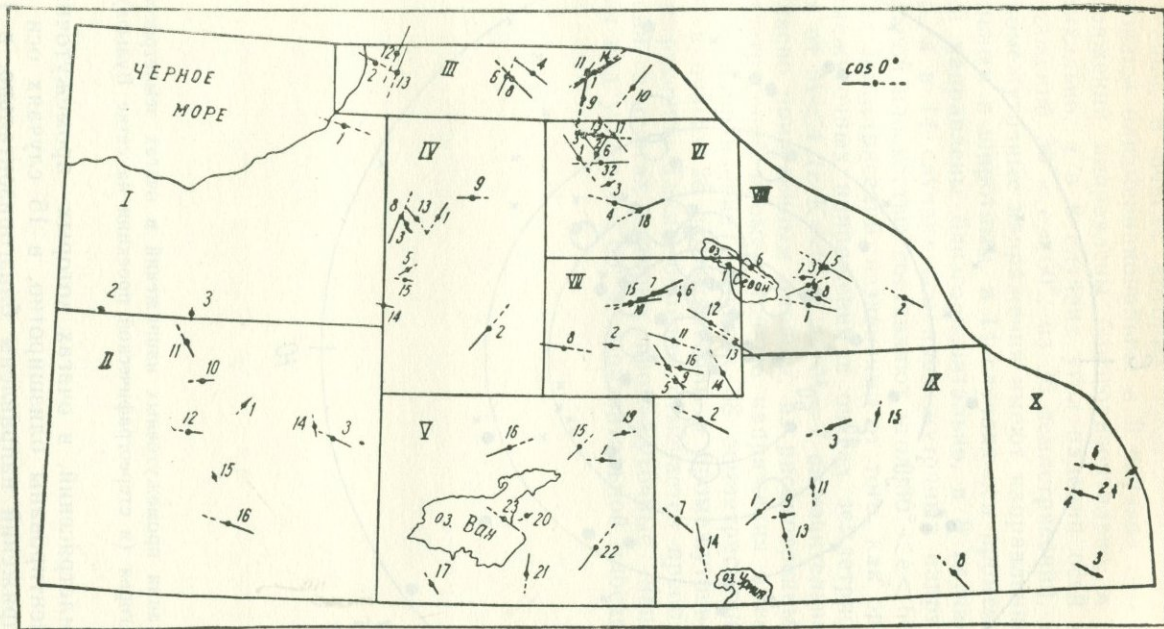


Рис. 39. Промежуточные напряжения в очагах землетрясений Армянского нагорья.

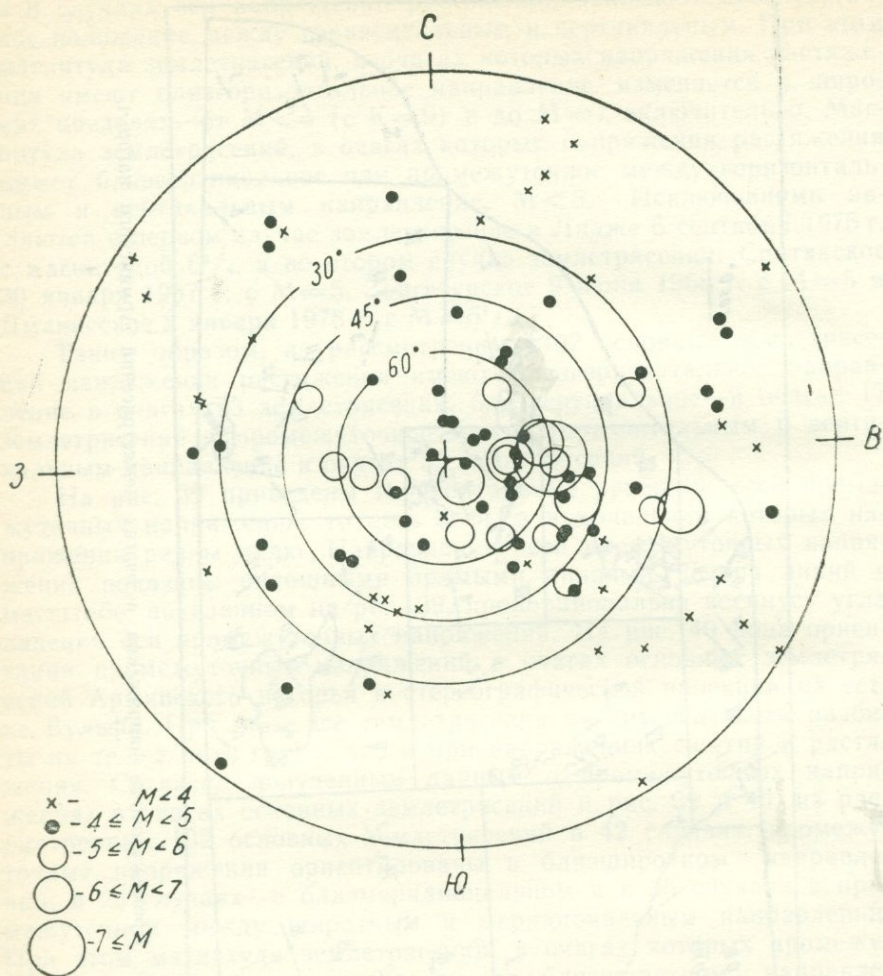


Рис 40. Ориентация промежуточных напряжений в очагах землетрясений Армянского нагорья (в стереографической проекции на сетке Вульфа).

Из 42 землетрясений, в очагах которых промежуточные напряжения ориентированы близширно, в 15 случаях оси промежуточных напряжений направлены близгоризонтально, в 13 случаях—близвертикально, а в 14 случаях эти оси имеют промежуточное положение между горизонтальным и вертикальным; из 24

землетрясений, в очагах которых промежуточные напряжения ориентированы близмеридионально, в 9 случаях оси промежуточных напряжений направлены близгоризонтально, в 7 случаях—близвертикально, а в 8 случаях угол падения осей промежуточных напряжений $30^\circ < e < 60^\circ$; из 36 землетрясений, в очагах которых промежуточные напряжения имеют направления между меридиональным и широтным, в 14 случаях оси промежуточных напряжений направлены близгоризонтально, в 8 случаях—близвертикально, а в 14 случаях оси промежуточных напряжений с горизонтальной плоскостью составляют угол $30^\circ < e < 60^\circ$. При этом магнитуда землетрясений, независимо от того, как ориентированы оси промежуточных напряжений в очагах землетрясений, имеют значения от $M < 4$ (с $K=9$) и до $M=7$ включительно.

Согласно приведенным данным, из рассмотренных 102 основных землетрясений промежуточные напряжения имеют близгоризонтальное направление в очагах 38 землетрясений, близвертикальное—в очагах 28 землетрясений и промежуточное—в очагах 36 землетрясений. Таким образом отмечается преобладание землетрясений, в очагах которых промежуточные напряжения направлены под углом $e < 60^\circ$ к горизонтальной плоскости.

ГЛАВА III

МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ

Механизм возникновения землетрясений может быть установлен путем всестороннего изучения сейсмических и геолого-геофизических условий на исследуемой территории.

В настоящей главе даны результаты обобщения этих исследований. Определены направления простираения плоскостей разрывов в очагах землетрясений Армянского нагорья по макросейсмическим и инструментальным наблюдениям. По отличию направлений простираения плоскостей разрывов в очагах форшоков и основных толчков сильных землетрясений определен прогностический признак возникновения землетрясения, равносильного основному толчку. На основании полученного фактического материала по сейсмичности и по механизмам очагов землетрясений сделаны выводы о геодинамике региона по сейсмологическим данным. Определены действующие поля упругих напряжений и их связь с реальной геотектонической обстановкой. Вся исследуемая территория разделена на отдельные блоки, имеющие различную сейсмичность, механизм очагов землетрясений, напряженно-деформированное состояние, скорость и направление движений.

В результате изучения сейсмических и геолого-геофизических условий, сейсмического режима, механизма очагов и напряженно-деформированного состояния выявлены предпосылки возникновения сильных землетрясений на территории Армянского нагорья.

§ 1. ОРИЕНТАЦИЯ РАЗРЫВОВ В ОЧАГАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ И МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Знание направления разрывов в очагах землетрясений исследуемой территории имеет существенное значение при установлении условий возникновения землетрясений на этой территории.

Разрывы в очагах землетрясений Армянского нагорья нами

Ориентация разрывов в очагах землетрясений Армянского нагорья

Таблица 26

№№ п/п	№ в табл. I КСЗАН	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Макросейсмические данные							Источник	Плоскость разрыва в очаге			Район или название землетрясения	Примечание
			Балльность в эпицентре	Первая изосейста					азимут		угол падения	класс			
				балльность	длина болевой оси, км	длина малой оси, км	азимут болевой оси	класс							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	13	Весной 893 ночью	8—9	7	40	25	163	1	38,69,70,74,121,125,142,158,162,182,187,191,195	—	—	—	Двинское V	—	
2	50	14/VI 1275	8—9	7	210	100	114	1	29,38,65,121,125	—	—	—	Мцхетское	—	
3	91	4/VI 1679 04 00	8—9	8	36	28	110	3	12,38,69,71,125,142,158,195,207	—	—	—	Гарнийское	—	
4	121	8/X 1827	7—8	6—7	32	16	81	1	29,72,121,125,142,158	—	—	—	Цахкадзорское	—	
5	125	2/VII 1840 16 00	8—9	8	55	46	129	3	38,121,125,130,142,158,195,200	—	—	—	Араратское	—	
6	134	17/V 1841 19 00	7—8	6	44	12	128	2	38,113,114,121,125,160,195	—	—	—	Киврага	—	
7	138	24/V 1845 ночью	7	Обл. распростран.	184	60	102	1	38,98,121,125,200	—	—	—	Большая Кондура	—	
8	150	13/IV 1851 15 00	6	Обл. распростран.	114	60	127	1	38,114,121,125,158,160	—	—	—	Даршинского кордона	—	
9	154	18/I 1853 06 00	7	6	18	8	150	2	38,121,125,142,158,	—	—	—	Чибухлинск.	—	
10	162	2/VI 1859 07 00	8	Обл. распростран.	114	78	41	1	2,98,121,195 200	—	—	—	Эрзурумское X	—	
11	170	24/V 1861 13 00	7	6	218	103	112	2	38,107,113,121,125,158,160	—	—	—	Южно-Азербайджанск.	—	
12	178	23/VII 1867 12 00	7—8	7	40	17	30	2	38,107,113,121,125,160,200	—	—	—	Зурнабадское	—	

1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	180	18/II	1868 17 00	6—7	6	56	27	61	2	29,38,121,125,200, 203,211	—	—	—	Спасское	—
14	182	18/III	1868 14 30	7	6	110	38	150	2	38,107,113,121,125, 160,200,211	—	—	—	Шуши, Зур- набада	—
15	192	5/III	1871	7	Обл. рас- простран	300	168	124	1	98,121,158,195	—	—	—	Вана	—
16	201	22 III	1879 01 00	9		168	120	86	3	38,107,113,121,125, 158,160,200	—	—	—	Ардебиль- ское I	—
17	234	31/XII	1899 10 50	8—9		96 8	36 11	89 169	3 5	7,20,27,29,38,50,104, 105,119,121,122,125, 161,164,200	—	—	—	Ахалкалак- ское	—
18	249	9/VII	1903 13 21	5—6	5	90	40	14	3	38,81,125,200	—	—	—	Степанав на	—
19	265	20/X	1906 16 09	6	5	66	30	97	2	38,125,200	—	—	—	Гореловки, Шахназара	—
20	274	23/XII	1907 14 25	5—6	5	72	25	22	2	38,113,125,160	—	—	—	Ордубада, Меренда	—
21	279	26/I	1909 22 56	5—6	5	86	27	106	3	38,81,107,125,160,	—	—	—	Мегри	—
22	281	25/III	1909 15 46	5—6	5	115	27	87	2	38,81,125,200	—	—	—	Болниси	—
23	282	3 VII	1909 19 16	5—6	5	125	50	155	3	38,81,125	—	—	—	Тетрицкаро	—
24	283	20/VIII	1909 13 46	6	5	25	15	48	2	38,81,125	—	—	—	Патакенда	—
25	286	18/I	1910 03 35	5—6	4	80	55	107	4	38,81,107,113,160, 200	—	—	—	Кировабда	—
26	287	2./I	1910 01 54	6—7	5	85	55	58	3	38,81,125,142,158, 200	—	—	—	Ереванское I	—
27	289	8/III	1910 02 25	6	5	43	24	147	2	38,81,125,200	—	—	—	Кировкана	—
28	290	10/IV	1910 18 21	6	5	50	25	112	2	38,81,107,113,160,200	—	—	—	Шамхора	—
29	294	17/VII	1911 19 48	6	5	70	55	150	3	38,81,125	—	—	—	Болниси	—
30	296	18/III	1912 01 32	5—6	5	37	19	119	2	38,81,125	—	—	—	Болниси, Шаумяни	—
31	297	7/VI	1912 13 17	6	5	115	110	33	4	20,38,81,125,200	—	—	—	Ленинакана, Манглиси	—
32	299	12/X	1912 19 48	6—7	6	50	22	137	3	20,38,81,125,164,200	—	—	—	Цхрацка- ройское	—
33	300	13/X	1912 02 22	6	5	50	30	124	2	20,38,125	—	—	—	а 32	—

1	2	3			4	5	6	7	8	9	10			11	12	13	14		15
34	302	27/XI	1912 03 51	5—6	5—6	50	25	80	2	38,81,125,131	—	—	—	—	—	—	Манглиси, Тбилиси	—	
35	310	20/IV	1913 03 13	6	6	35	20	137	3	20,38,81,125,131, 184,200	—	—	—	—	—	—	Манглиси	—	
36	325	3/XII	1914 23 39	5—6	5	52	30	71	2	38,125	—	—	—	—	—	—	Кировак., Ленинск.	—	
37	328	1/IV	1915 05 41	5—6	5	85	60	122	4	20,38,81,125,200	—	—	—	—	—	—	Налбанда	—	
38	336	28/X	1916 20 48	6—7	6	50	22	65	2	33,81,125,158	—	—	—	—	—	—	Октемберянское	—	
39	338	10/XI	1916 05 57	5—6	5	100	75	135	3	38,113,125,160	—	—	—	—	—	—	Зурнабада, Агдама, Шуши	—	
40	339	14/XI	1916 13 54	6—7	6	96	28	88	3	20,29,38,81,125,200	—	—	—	—	—	—	Кировакана	—	
41	344	4/I	1917 07 18	5—6	5	64	28	32	3	8,125	—	—	—	—	—	—	Каракалы, Калини- но, Болнис	—	
42	346	20/II	1917 21 28	6	5	95	70	52	3	38,81,125	—	—	—	—	—	—	Сандара	—	
43	355	20 II	1920 00 01	6	5—6	85	56	30	4	8,20,29,38,81,125, 164,200	—	—	—	—	—	—	Ф 44	—	
44	356	20/II	1920 11 44	8—9	8	30	12	112	5	7,8,20,27,29,38, 81,119,125,176, 177,200,214	—	—	—	—	—	—	Картлийское	—	
45	376	12 XII	1923 03 38	6—7	6	130	28	97	3	38,81,125	—	—	—	—	—	—	Ахалкалаки	—	
46	384	19/II	1924 07 00	8	7	300	250	130	4	7,20,29,38,81,107, 114,125,145,158, 160,176,190,200	—	—	—	—	—	—	Ардебильское II	—	
47	397	9/I	1925 17 38	8	7	52	24	53	2	20,29,38,81,125,164, 184,195,200,208	—	—	—	—	—	—	Ардаханское I	—	
48	398	12 II	1925 06 28	6	5	85	34	159	4	20,38,81,125,200	—	—	—	—	—	—	Ахалкалаки	—	
49	402	13/V	1925 22 51	6—7	6	43	21	70	2	2,29,38,81,125,164, 184,200	—	—	—	—	—	—	Сатх-нское I	—	
50	405	4/XII	1925 09 55	5—6	5	30	17	35	2	38,125	—	—	—	—	—	—	Ювы	—	
51	413	22/X	1925 16 44	7—8	7—8	10	5	104	2	1,7,20,29,33,38,81, 108,125,158,176,195, 200	—	—	—	—	—	—	Ф 52	—	
52	414	22/X	1926 19 : 9	8—9	8	23	4	33	5	1,7,20,27,29,33,38, 81,108,125,158,164, 176,184,195,200	—	—	—	—	—	—	Ленинканское	—	
53	416	27/X	1926 21 20	5—6	5	28	17	36	1	38,81,108,125	—	—	—	—	—	—	а 52	—	
147	54	3/XII	1926 15 44	6	5	46	22	28	3	38,81,125	—	—	—	—	—	—	а 52	—	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
55	423	13/I 1927 18 27	5-6	5	150	70	15	3	38,81,107,133,160	—	—	—	Хребет Мров-Дар	—
56	429	13/V 1928 20 06	5-6	5	160	40	40	2	20,38,81,125,200	—	—	—	Ленинакана	—
57	446	5/IX 1929 16 59	6	5	122	90	161	3	38,81,125	—	—	—	Сатхинское II	—
58	457	6/V 1930 22 34	9-10	9	50	37	141	4	20,38,106,107,113, 125,169,184,190,195, 200	—	—	—	Дилманское	—
59	462	4/VIII 1930 12 20	5-6	5	70	30	151	2	20,38,81,125,164, 184,200	—	—	—	Сатхинское III	—
60	471	12/II 1931 05 33	6-7	6	45	28	111	3	38,81,125	—	—	—	ф 61	—
61	473	27/IV 1931 16 50	6-7	6-7	20	5	110	2		—	—	—		—
62	476	8/V 1931 09 05	8-9	8	118	66	27	5	7,20,27,29 38,61,81, 106,107,114,125, 140,160,176,177	—	—	—	Зангезурское I	—
63	515	6/I 1935 21 24	6-7	6	70	30	42	3	20,38,81,106,107, 113,125,160,176,200	—	—	—	а 61	—
64	516	25/I 1935 14 38	5	5	52	12	45	2	20,38,106,107,125, 160,176,200	—	—	—	Срдубадское	—
65	521	1/V 1935 10 24	5-6	5	53	19	164	4	20,35,38,81,106,125, 176,200	—	—	—	Ахуянское	—
66	537	9/V 1936 10 24	8	5-6	110	75	74	4	20,29,38,81,106,125, 164,176,184,195,200, 208	—	—	—	Дигорское	—
67	539	7/I 1937 13 23	5-6	5	65	36	54	3	20,38,109,125	—	—	—	Болниси	—
68	540	7/I 1937 20 47	6	5-6	35	25	110	3	20,32,38,81,125,176, 200	—	—	—	ф 68	—
69	545	12/I 1937 05 03	7	7	22	14	49	3	7,20,31,32,38,81,125, 142,158,176,200	—	—	—	Ереванское II	—
70	547	23/I 1937 06 57	6-7	6-7	17	12	52	3	32,38,81,125,158	—	—	—	а 68	—
71	548	27/I 1937 17 50	6	5-6	25	16	58	3	32,38,81,125	—	—	—	а 68	—
72	554	14/IX 1937 02 16	5-6	4-5	15	10	56	3	32,38,81,95	—	—	—	а 68	—
73	562	21/XII 1933 12 23	5-6	5	57	34	175	3	20,38,125,200	—	—	—	Степанавана	—
74	569	26/XII 1939 23 57	6	6	42	33	25	5	20,38,81,107,125,160, 176	—	—	—	Аджикендское	—
			11	11	300	17	112	5	38,125,148,158,184, 195,200,202,210	—	—	—	Эрзинджанское ХХV	—

1	2	3			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
75	573	9/III	1940	20 08	6	5	86	60	161	4	20,38,81,125,200	—	—	—	Ахалкалаки	—
76	581	7/V	1940	22 23	8	8	60	35	49	5	7,20,27,29,34,37,38, 81,104,105,110,164, 176,184,195,200	—	—	—	Табаккурское	—
77	588	23/V	1940	19 10	6	5—6	58	30	44	3	20,38,81,125,184,200	—	—	—	а 76	—
78	596	10/VII	1940	13 10	6—7	5—6	58	19	56	3	20,38,81,125,176,184,200	—	—	—	а 76	—
79	619	19/IX	1942	07 26	6—7	6	25	14	167	3	20,29,36,38,81,105,107, 125,145,160,176,200	—	—	—	Михайлово-Аджи- кендское	—
80	631	5/IX	1945	20 24	7	5—6	30	16	136	3	38,81,125	—	—	—	Севанское	—
81	650	23/II	1948	03 51	5—6	5	25	12	49	2	20,38,81,125,164,176	—	—	—	Двири	—
82	651	14/V	1948	17 17	5—6	5	80	45	48	3	20,38,81,125,200	—	—	—	Дманиси	—
83	653	23/V	1948	15 28	6	5	75	25	56	3	20,38,81,125,184	—	—	—	Джаджура	—
84	661	3/VI	1949	06 53	7	6—7	6	4	154	3	20,38,76,78,81,125, 200	—	—	—	Бюраканское	—
85	670	7/VIII	1950	10 56	6	5—6	21	17	51	3	20,38,107,125,200	—	—	—	Казаха	—
86	674	17/I	1951	00 21	6	6	23	16	56	4	20,81,125,173	—	—	—	Сатхы, Богдановки	—
87	675	3/III	1951	21 41	6	5—6	42	36	64	5	20,81,125,164,173,184, 200	—	—	—	Гоми	—
88	—	20/X	1951	23 22	—	—	—	—	—	—	—	21 84 ЮВ	4	—	Меренда	38°24' С 45°24' В 15кмК=9
89	—	21/X	1951	00 14	—	—	—	—	—	—	—	22 84 ЮВ	4	—	Меренда	38°18' С 45°36' В 15кмК=9
90	—	21/X	1951	03 10	—	—	—	—	—	—	—	69 52 ЮВ	4	—	Зангезурский хребет	39°18' С 46°00' В 15кмК=9
91	—	12/XII	1951	17 55	—	—	—	—	—	—	—	78 34 ЮВ	4	—	Еревана	39°36' С 44°48' В 15кмК=9
92	—	4/I	1952	15 01	—	—	—	—	—	—	—	102 80 ЮЗ	4	—	Кировабада	40°12' С 47°02' В 15кмК=9
149	681	18/IV	1952	05 26	—	—	—	—	—	—	—	152 29 ЮЗ	4	—	Нахичевани	—
194	687	12/II	1953	07 46	6—7	6	12	8	72	3	20,81,111,125,164,173	—	—	—	Ормоци	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
95	699	11/VI 1954 11 25	7	7	34	20	92	5	7,20,125,139,173,176,200	—	—	—	Гомаретское	—
96	702	30/X 1954 23 43	7—8	5	200	130	127	3	20,107,125,160,173,195,200	124	23 ЮЗ	5	Кельбджарское	—
97	721	16/V 1958 09 18	5—6	5	60	35	101	3	125,165,173,184,195	102	28 ЮЗ	4	Богдановки	—
98	722	30/V 1958 05 16	6—7	5—6	60	40	40	3	81,125,165,173,184,195	—	—	—	Гукасяна	—
99	723	31/V 1958 03 50	6—7	6	45	20	107	2	81,125,165,173,184,195	115	50 СВ	5	Гандзы	—
100	—	24/I 1959 16 58	—	—	—	—	—	—	—	66	40 ЮВ	4	Гори	41°50' С 43°57' В 10км М=3' 2
101	731	20/V 1959 19 49	7—8	7	30	22	37	4	27,81,125,166,173,184,195	34	48 ЮВ	7	Аджаро-Гурийское	—
102	739	8/XII 1959 13 33	7—8	7	25	9	35	5	7,27,29,63,81,115,125,167,173,184,195	—	—	—	Мадатапское	—
103	755	29/III 1961 07 29	—	—	—	—	—	—	—	50	80 ЮВ	1	Мерденика	—
104	762	3/XII 1961 18 31	6—7	5	160	130	7	4	42,125,173,184,195	9	76 ЮВ	5	Гукасянское	—
105	—	10/III 1962 07 18	—	—	—	—	—	—	—	128	80 ЮЗ	4	оз. Севан	40°27' С 45°12' В 37км К=10
106	769	4 IX 1962 22 59	7—8	7	28	18	129	5	78,125,168,173,184,195	134	78 ЮЗ	7	Игдырское	—
107	775	11/IX 1962 00 17	—	—	—	—	—	—	—	116	60 ЮЗ	7	а 105	—
108	776	19/IX 1962 14 13	—	—	—	—	—	—	—	133	80 ЮЗ	1	а 106	—
109	777	9/X 1962 06 56	—	—	—	—	—	—	—	144	80 ЮЗ	4	Исахана	—
110	778	12/X 1962 11 21	7—8	7	30	22	123	4	90,107,125,145,160,168,173,195	—	—	—	Таузское	—
111	784	18/II 1963 14 03	7	7	20	12	127	5	90,107,125,145,160,169,173,183	122	83 ЮЗ	4	Агдамское	—
112	—	17/IV 1963 16 25	—	—	—	—	—	—	—	145	80 СВ	1	Арзни	40°14' С 44°44' В 23км К=10
113	787	9/X 1963 04 36	—	—	—	—	—	—	—	34	24 ЮВ	4	Кагызмана	—
114	789	31/XII 1963 15 18	—	—	—	—	—	—	—	131	50 СВ	1	Джульты	—
115	790	5/II 1964 10 24	6	6	9	6	56	2	90,107,125,170,173	59	64 ЮВ	2	Каракуллара	—
116	791	5/II 1964 11 27	—	—	—	—	—	—	—	63	72 ЮВ	2	а 115	—
117	793	14/III 1964 23 02	7	7	18	12	21	5	90,184,195,	—	—	—	Мадена	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	15
118	796	5/VI 1964 00 11	—	—	—	—	—	—	—	82	70 СЗ	5	Эрджина	—
119	—	23/VII 1964 23 33	—	—	—	—	—	—	—	142	30 ЮЗ	1	Нахичевани	39°20' С 44°56' В 25кмК=10 М=3 ¹ / ₂
120	805	31/VIII 1965 07 29	—	—	—	—	—	—	—	112	66 ЮЗ	5	Карлыовы	—
121	808	7/III 1966 01 16	7—8	7	20	12	61	1	90,173,184,185,195	64	50 СЗ	5	ф 125	—
122	810	20/III 1966 14 06	6	6	7	4	134	5	90,190	—	—	—	Даналу	—
123	811	27/IV 1966 19 48	—	—	—	—	—	—	—	130	82 СВ	5	Битлисское	—
124	814	2/V 1966 23 12	—	—	—	—	—	—	—	78	68 СЗ	7	а 123	—
125	820	19/VIII 1966 12 22	9	9	30	9	114	5	78,90,125,173,184, 185,195,215	106	88 СВ	5	Вартоское	—
126	821	19/VIII 1966 13 15	—	—	—	—	—	—	—	134	74 СВ	5	а 125	—
127	822	19/VIII 1966 13 54	—	—	—	—	—	—	—	127	78 СВ	7	а 125	—
128	824	19/VIII 1966 14 17	—	—	—	—	—	—	—	100	80 СВ	7	а 125	—
129	825	19/VIII 1966 18 41	—	—	—	—	—	—	—	118	80 СВ	7	а 125	—
130	829	20/VIII 1966 11 59	—	—	—	—	—	—	—	114	72 ЮЗ	7	а 125	—
131	830	20/VIII 1966 12 01	—	—	—	—	—	—	—	126	84 ЮЗ	5	а 125	—
132	847	30/I 1967 01 20	6—7	5—6	53	30	110	4	21,27,90,125,173,184	124	64 ЮЗ	5	Спитакское I	—
133	853	29/VI 1967 08 22	6—7	6	20	11	23	4	90,112,125,173,184	24	62 СЗ	5	Параваское	—
134	856	26/VII 1967 18 53	—	—	—	—	—	—	—	112	73 ЮЗ	5	Черме	—
135	859	6/III 1968 03 01	5	5	12	7	74	2	90,125,171,173	—	—	—	Земо-Хвадурет I	—
136	862	29/IV 1968 17 01	7	7	27	19	155	5	90,125,173,184,190, 195,205	149	68 СВ	5	Бедавлиное	—
137	864	25/V 1968 00 29	—	—	—	—	—	—	—	43	72 СЗ	7	Олту	—
138	866	26/V 1968 05 34	—	—	—	—	—	—	—	4	86 ЮВ	6	а 137	—
139	867	9/VI 1968 00 56	7—8	7	30	25	31	5	7,27,78,90,107,124, 125,147,171,173,206	33	50 СЗ	7	Знезурское II	—
140	872	19/VI 1968 15 03	5	4	60	40	60	3	90,125,171,173,184	—	—	—	Горы Агрикар	—
141	877	1 IX 1968 05 39	8	8	15	10	94	3	78,90,107,125,147, 171,173	80	56 СЗ	7	а 139	—
142	878	16/IX 1968 07 10	—	—	—	—	—	—	—	81	47 СЗ	1	а 139	—
143	879	18/IX 1968 06 17	—	—	—	—	—	—	—	64	54 СЗ	7	Селепюра	—
144	880	24/IX 1968 04 19	—	—	—	—	—	—	—	114	78 ЮЗ	5	Киги	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
145	881	25/IX 1968 20 52	—	—	—	—	—	—	—	138	64 СВ	6	а 144	—
146	882	1/X 1968 18 16	—	—	—	—	—	—	—	80	48 СЗ	3	а 139	—
147	893	14/VI 1969 17 44	5-6	5	34	19	56	4	90,125,172,173,184	—	—	—	Ахалкалаки	—
148	898	10/IX 1969 12 14	—	—	—	—	—	—	—	136	78 СВ	7	Кадыова	—
149	903	31 XII 1969 12 06	5	4	24	12	142	2	90,125,172,173	133	16 СВ	4	Ф 150	—
150	904	3/I 1970 06 54	7	6-7	20	12	68	5	9,27,68,90,125,173,184	70	56 СЗ	3	Боржомское	—
151	905	17/II 1970 02 59	—	—	—	—	—	—	—	102	82 ЮЗ	7	Вана	—
152	908	14/III 1970 01 51	7	7	22	12	131	5	90,107,125,173,184,190,195	125	88 СВ	7	Бадалан кое	—
153	912	16/IV 1970 01 26	—	—	—	—	—	—	—	161	80 ЮЗ	5	Ленкоранч	—
154	914	21/V 1970 10 14	—	—	—	—	—	—	—	68	44 СЗ	3	а 150	—
155	926	23/XII 1970 17 31	—	—	—	—	—	—	—	120	80 ЮЗ	5	Ленкорани	—
156	930	22/V 1971 16 44	8-9	8	25	10	42	5	77,90,125,188,196	48	82 СЗ	7	Бингёлское	—
157	944	8/IX 1971 22 35	6	5-6	40	20	147	4	66,90,125,132	154	60 ЮЗ	4	Дманисское I	—
158	948	22/III 1972 00 51	—	—	—	—	—	—	—	95	80 СВ	7	Сарыкамьша	—
159	950	16/VII 1972 02 46	—	—	—	—	—	—	—	82	50 ЮВ	7	Вана	—
160	—	21/II 1973 00 24	—	—	—	—	—	—	—	94	50 СВ	4	а 158	40°18' С 42°18' В 15 км K=10-11 M=3 ³ / ₄
161	—	11/III 1973 08 55	—	—	—	—	—	—	—	146	84 ЮЗ	4	Дманиси	41°22' С 44°02' В 10 км K=9-10 M=3 ¹ / ₄
162	—	11/III 1973 08 59	—	—	—	—	—	—	—	137	84 ЮЗ	2	Дмани. и	41°25' С 44°05' В 10 км K=9-10
163	—	14/V 1973 15 10	—	—	—	—	—	—	—	164	20 ЮЗ	4	Дманиси	41°18' С 44°03' В 10 км K=10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
164	—	1/VI 1973 09 35	—	—	—	—	—	—	—	144	32 ЮЗ	4	ф 172	41°22' С 43°58' В 10 км К=10
165	—	13/VI 1973 01 23	—	—	—	—	—	—	—	122	82 ЮЗ	4	Каракуллара	40°24' С 46°03' В 15 км К=10
166	955	16/VI 1973 08 59	—	—	—	—	—	—	—	58	30 СЗ	2	Ереванское III	—
167	956	27/VI 1973 23 24	5	5	16	7	8	3	22,90,125,133	8	50 СЗ	4	Гукасянское II	—
168	—	6/IX 1973 10 04	—	—	—	—	—	—	—	149	52 СВ	4	Ахалцихе	41°48' С 43°07' В 5 км К=10
169	—	6/IX 1973 10 11	—	—	—	—	—	—	—	141	54 СВ	4	Ахалцихе	41°48' С 43°07' В 5 км К=10
170	—	10/I 1974 17 08	—	—	—	—	—	—	—	114	30 ЮЗ	4	Шахназара	41°12' С 44°00' В 10 км К=10
171	962	12/III 1974 06 53	—	—	—	—	—	—	—	18	43 ЮВ	4	Вана	—
172	964	30 III 1974 00 34	6—7	6	20	12	55	3	24,90,125	60	72 СЗ	4	Шахназарское	—
173	—	7 VI 1974 19 31	—	—	—	—	—	—	—	152	64 ЮЗ	4	Боржом	41°47' С 43°11' В 5 км К=10
174	—	12/VII 1974 17 42	—	—	—	—	—	—	—	19	83 СЗ	4	г. Агрикар	41°21' С 44°00' В 10 км К=10
175	—	27/X 1974 09 52	—	—	—	—	—	—	—	86	28 ЮВ	4	Бакуриани	41°39' С 43°50' В 10 км К=10
176	—	1/XII 1974 13 54	—	—	—	—	—	—	—	62	58 ЮВ	3	Гори	41°43' С 44°19' В 28 км К=10
177	969	21/III 1975 02 59	6	5—6	7	4	114	3	23,90,134	—	—	—	Спитакское II	—
178	974	6/IX 1975 09 20	8—9	8	25	6	82	5	90,175,189,197	83	54 СЗ	5	Лиджейское	—
179	976	1/IX 1975 10 52	—	—	—	—	—	—	—	83	54 СЗ	5	а 178	—
180	977	6/IX 1975 12 10	—	—	—	—	—	—	—	78	74 СЗ	3	а 178	—
181	991	6/X 1975 18 07	—	—	—	—	—	—	—	38	84 СЗ	5	Ардебил	—
182	1005	12/I 1976 22 41	—	—	—	—	—	—	—	60	54 СЗ	7	Вана	—
183	1008	25 III 1976 11 55	—	—	—	—	—	—	—	37	80 ЮВ	5	ф 186	—
184	1010	2/IV 1976 16 58	—	—	—	—	—	—	—	124	50 СВ	5	Игдыра	—
185	1014	21/IV 1976 21 58	—	—	—	—	—	—	—	45	52 СЗ	7	Олту	—
186	1015	29/IV 1976 22 18	—	—	—	—	—	—	—	64	76 ЮВ	7	Ардаханское II	—
187	1016	29/IV 1976 23 23	—	—	—	—	—	—	—	68	72 ЮВ	7	а 185	—
188	1018	4/VI 1976 05 08	—	—	—	—	—	—	—	68	80 ЮВ	7	а 185	—
189	1021	12/VIII 1976 09 37	—	—	—	—	—	—	—	89	50 ЮВ	4	Артвина	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
190	1026	24 XI	1976 12 22	9	8	27	5	114	5	78,88,90,198,201	121	74 ЮЗ	7	Чалдыран. кое	—	
191	1028	24 XI	1976 12 36	—	—	—	—	—	—	—	130	83 ЮЗ	4	а 190	—	
192	1029	24 XI	1976 13 18	—	—	—	—	—	—	—	130	86 ЮЗ	7	а 190	—	
193	1031	24 XI	1976 15 04	—	—	—	—	—	—	—	129	80 ЮЗ	7	а 190	—	
194	1032	24 XI	1976 15 11	—	—	—	—	—	—	—	114	83 ЮЗ	5	а 190	—	
195	1039	24 XI	1976 20 43	—	—	—	—	—	—	—	134	89 ЮЗ	5	а 190	—	
196	1049	25 XI	1976 09 49	—	—	—	—	—	—	—	93	68 ЮЗ	5	а 190	—	
197	1067	4 XII	1976 04 10	—	—	—	—	—	—	—	127	64 СВ	7	а 1.0	—	
198	1073	12 XII	1976 07 54	—	—	—	—	—	—	—	132	83 ЮЗ	5	а 190	—	
199	1074	25 XII	1976 22 19	—	—	—	—	—	—	—	132	83 ЮЗ	5	а 190	—	
200	1075	28 XII	1976 17 55	—	—	—	—	—	—	—	92	81 СВ	7	а 190	—	
201	1078	10 I	1977 12 26	—	—	—	—	—	—	—	9	76 ЮВ	2	Гукасяна	—	
202	1081	17 I	1977 05 19	—	—	—	—	—	—	—	70	54 СЗ	6	а 190	—	
203	1083	4 II	1977 20 47	—	—	—	—	—	—	—	85	66 ЮВ	5	а 190	—	
204	1084	6 II	1977 04 49	—	—	—	—	—	—	—	68	70 ЮВ	4	а 186	—	
205	1088	14 III	1977 19 42	5-6	4	185	130	51	4	66,90,135	58	44 СЗ	6	ф 211	—	
206	1104	18 VI	1977 14 32	5	4	5	45	28	72	4	90,135	70	78 СЗ	5	лори	—
207	—	5 VII	1977 01 04	—	—	—	—	—	—	—	34	46 ЮВ	4	Махарадзе	41°56' С 42°05' В 10 км К=9	
208	—	5 VII	1977 01 12	—	—	—	—	—	—	—	38	46 ЮВ	3	Махарадзе	41°48' С 42°05' В 10 км К=9	
209	1109	15 IX	1977 15 19	—	—	—	—	—	—	—	95	58 СВ	4	а 190	—	
210	1110	30 IX	1977 16 50	—	—	—	—	—	—	—	118	70 ЮЗ	6	Норашена	—	
211	1112	2 I	1978 06 31	8	7	43	30	153	5	66,90,136	156	72 ЮЗ	5	Дманисское II	—	
212	1114	17 I	1978 19 12	—	—	—	—	—	—	—	110	44 ЮЗ	5	Кировакана	—	
213	1121	25 II	1978 08 25	5-6	5	44	24	59	4	90,136	58	52 СЗ	1	Ереванское IV	—	
214	—	1 III	1978 10 20	—	—	—	—	—	—	—	139	62 ЮЗ	3	а 211	41°18' С 43°58' В 10 км К=10	
215	1123	2 III	1978 05 29	—	—	—	—	—	—	—	164	80 ЮЗ	2	а 211	—	
216	1124	14 VI	1978 13 35	—	—	—	—	—	—	—	162	84 ЮЗ	3	а 211	—	
217	1125	17 VI	1978 18 58	—	—	—	—	—	—	—	163	60 ЮЗ	4	а 211	—	
218	1126	27 VI	1978 04 45	5	4	66	60	155	3	90,136	163	60 ЮЗ	3	а 211	—	
219	1128	15 VIII	1978 09 04	6	4	100	90	156	3	90,136	159	70 ЮЗ	2	а 211	—	
220	1129	22 VIII	1978 22 48	6	6	35	30	91	5	90,136	94	43 СВ	7	Горийское	—	
221	1133	19 I	1979 23 36	—	—	—	—	—	—	—	89	88 ЮВ	4	Чифтлик	—	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
222	--	8/III 1979 00 00	--	--	--	--	--	--	--	120	60 СВ	1	Веди	39°54' С 44°42' В 25 км К=10
223	--	2/IV 1979 07 16	--	--	--	--	--	--	--	102	60 ЮЗ	4	Богдановки	41°16' С 43°50' В 15 км К=10
224	1135	11/IV 1979 12 14	--	--	--	--	--	--	--	88	62 СЗ	5	Чалдырана	--
225	--	5/VI 1979 14 43	5	4	17	12	135	2	137	121	81 СВ	4	Урцадзора	40°02' С 45°02' В 6 км К=10
226	--	1/VIII 1979 21 06	--	--	--	--	--	--	--	124	83 ЮЗ	1	Озера Севан	40°26' С 45°24' В 10 км К=10 М=3 ¹ /2
227	1142	8/XI 1979 05 21	--	--	--	--	--	--	--	117	86 ЮЗ	3	Лари	--
228	1143	21/XI 1979 15 36	--	--	--	--	--	--	--	110	60 СВ	7	Ахара	--
229	--	23/XI 1979 19 43	--	--	--	--	--	--	--	117	86 ЮЗ	3	а 227	38°46' С 48°24' В 20 км К=10
230	--	6/I 1980 22 38	--	--	--	--	--	--	--	120	84 СВ	4	Урцадзора	39°54' С 45°14' В 23 км К=9
231	--	19/II 1980 01 06	5--6	5	30	24	128	2	100	--	--	--	--	38°42' С 48°18' В 10 км К=10 М=3 ¹ 2
232	1144	25/III 1980 03 57	6	6	20	16	39	1	90,100,138	36	74 СЗ	3	Меренда	--
233	1145	25/III 1980 04 25	--	--	--	--	--	--	--	36	74 СЗ	3	а 232	--
234	1146	25/IV 1980 00 57	--	--	--	--	--	--	--	40	60 ЮВ	6	Олту	--
235	--	7/V 1980 03 41	--	--	--	--	--	--	--	3	20 СЗ	3	Гукасяна	41°10' С 44°03' В 18 км К=9
236	1149	16/V 1980 03 05	--	--	--	--	--	--	--	160	84 ЮЗ	4	Ордубада	--
237	1150	16/V 1980 19 50	--	--	--	--	--	--	--	156	84 ЮЗ	3	а 236	--
238	--	23/V 1980 03 18	--	--	--	--	--	--	--	45	52 СЗ	4	Гандзы	41°29' С 43°49' В 10 км К=10
239	--	23/V 1980 06 37	--	--	--	--	--	--	--	45	70 СЗ	3	Гандзы	41°28' С 43°49' В 10 км К=10
240	--	23/V 1980 06 39	--	--	--	--	--	--	--	46	72 СЗ	3	Гандзы	41°28' С 43°48' В 10 км К=9
241	--	23/V 1980 07 03	--	--	--	--	--	--	--	48	74 СЗ	3	Гандзы	41°27' С 43°49' В 10 км К=10
242	--	1/VI 1980 22 46	--	--	--	--	--	--	--	81	84 СЗ	1	Хорасана	40°09' С 41°59' В 10 км К=10--11
243	1154	10/X 1980 11 09	--	--	--	--	--	--	--	55	40 ЮВ	5	Меренда	--

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
244	1155	18 X 1980 03 14	—	—	—	—	—	—	—	80	80 ЮВ	5	Байбурга	—
245	1156	28 X 1980 16 52	6	5-6	35	10	155	3	90, 100, 138	148	72 ЮЗ	3	Вардениса	—
246	—	27/XI 1980 17 33	—	—	—	—	—	—	—	108	30 ЮЗ	2	Богдановки	41°16' С 43°49' В 10 км К=10
247	1157	11/XII 1980 00 14	—	—	—	—	—	—	—	120	88 ЮЗ	5	Вардениса	—
248	1158	29/XII 1980 21 52	—	—	—	—	—	—	—	115	22 ЮЗ	2	Хоя	—
249	1180	27/IV 1982 17 16	6	5-6	40	15	35	2	5	—	—	—	Кажджаранз	—
250	1194	21V 1983 00 32	6	5-6	24	10	106	2	6	109	84 ЮЗ	2	Джони	—
251	1203	30/X 1983 04 12	—	—	—	—	—	—	—	34	74 СЗ	7	Эрзурум-Карс.	—
252	1208	30/X 1983 08 13	—	—	—	—	—	—	—	40	60 СЗ	4	а 251	—
253	—	30/X 1983 09 31	—	—	—	—	—	—	—	34	72 СЗ	3	а 251	40°14' С 42°04' В 10 км К=10
254	1209	30 X 1983 12 40	—	—	—	—	—	—	—	132	84 СВ	3	а 251	—
255	—	2 XII 1983 10 32	—	—	—	—	—	—	—	150	70 СВ	4	Урцадзора	39°40' С 45°08' В 15 км К=10 М=31 2
256	1229	15/XII 1983 07 18	6	6	20	10	5	5	6	58	70 ЮВ	2	Чайкенда	—
257	1231	17/XII 1983 00 14	—	—	—	—	—	—	—	98	52 ЮЗ	4	Гукасяна	—
258	1247	2/VIII 1984 05 52	—	—	—	—	—	—	—	56	4 СЗ	4	Ереванское V	—
259	1267	9/IV 1985 03 31	—	—	—	—	—	—	—	134	66 СВ	4	Гориса	—
260	1269	18/IV 1985 16 34	—	—	—	—	—	—	—	148	82 СВ	4	Арарата	—

определены по инструментальным методам (В. И. Кейлис-Борока и А. В. Введенской) и макросейсмическим наблюдениям по направлению большой оси первой изосейсты. Результаты этих определений сведены в табл. 26. Эта таблица фактически является второй таблицей Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья. Идея включения данных о механизме очагов в Каталог сильных землетрясений возникла еще при составлении Нового каталога сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 года [125]. Однако это не было осуществлено по ряду причин, в числе которых—неравномерность определений механизма очагов землетрясений на всей территории СССР, для которой составлен этот Каталог. Нами изучены механизмы очагов большинства значительных землетрясений на территории Армянского нагорья, что позволило нам при составлении Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья (КСЗАН) учесть также эти данные путем составления табл. 26. Кроме нумерации землетрясений по порядку, в этой таблице дается также номер землетрясения по первой таблице КСЗАН (табл. 2 в [90]), где приводятся основные параметры землетрясений. В случае, когда землетрясения имели силу меньше 5 баллов и, следовательно, они не включены в первую таблицу КСЗАН, основные параметры этих землетрясений (координаты эпицентра, глубина очага, энергетический класс или магнитуда) приведены в Примечаниях табл. 26. При определении разрыва в очаге землетрясения по макросейсмическим наблюдениям в табл. 26 даны балльности в эпицентре и изосейсты, по которой определялся разрыв в очаге, размеры большой и малой осей этой изосейсты, азимут простирания плоскости разрыва, а также ссылки на литературу, в которой рассматривалось данное землетрясение. В табл. 26 в отдельных случаях, одновременно с данными по первой изосейсте, даются также данные второй изосейсты, отличающейся от первой на $1/2$ или 1 балл. Проведена классификация разрывов по точности определения азимута их простирания. При этом для выяснения класса точности разрывов, определенных макросейсмическим методом, использована следующая пятиклассная шкала:

1 класс. При определении балльности в пунктах, по которым проведена первая изосейста, использованы неточные или неполные описания. Ошибка в определении азимута простирания разрыва может достигать до $30-35^\circ$.

2 класс. Первая изосейста проведена по двум пунктам с точно определенной балльностью и инструментальному эпицентру. Ошибка в определении азимута простирания разрыва может достигать до 25° .

3 класс. Первая изосейста проведена по образующим определенную область трем или четырем пунктам с точно определенной балльностью. Ошибка в определении азимута простираения разрыва может достигать до 20° .

4 класс. Первая изосейста уверенно замкнута. В большинстве случаев имеется вторая изосейста. Ошибка в определении азимута простираения разрыва равна или меньше 15° .

5 класс. Имеется полная карта изосейст. Ошибка в определении азимута простираения равна или меньше 10° .

Плоскость разрыва в очаге землетрясения, определенная инструментальным путем, совпадает с одной из нодальных плоскостей, которые нами проводились на сетке Вульфа по распределению знаков смещений в первых вступлениях продольных волн. Данные о знаках первых смещений в продольных волнах определены из сейсмограмм станций сейсмической сети Кавказа, станций телесеismicческой сети СССР, а также взяты из бюллетеней ISC [193], BCIS [194], Summary [214], USCGS [213] и Сейсмологического бюллетеня сети опорных сейсмических станций СССР. Результаты определений азимутов простираений, углов и направлений падения плоскостей разрывов даны в табл. 26. Для выяснения класса точности определения азимутов простираения разрывов в очагах землетрясений, полученных нами по инструментальным наблюдениям, была использована следующая семиклассная шкала:

1 класс. Нодальные линии проводятся неоднозначно. При проведении нодальных линий возможны два или три варианта.

2 класс. Однозначное проведение нодальных линий с точностью до 25° . Число несогласующихся знаков меньше или равно 25% всех знаков первых смещений в продольных волнах. Ошибка в определении азимута простираения разрыва достигает до 35° .

3 класс. Положение нодальных линий определяется однозначно с точностью до 20° . Число несогласующихся знаков не превышает 20% всех имеющихся знаков. Ошибка в определении азимута простираения разрыва меньше или равна 30° .

4 класс. Положение нодальных линий определяется однозначно с точностью до 20° . Число несогласующихся знаков составляет 15% всех имеющихся знаков. Ошибка в определении азимута простираения разрыва может достигать до 25° .

5 класс. Положение нодальных линий определяется однозначно с точностью, равной или меньшей 15° . Число несогласующихся знаков меньше или равно 20% всех имеющихся знаков первых смещений в продольной волне. Ошибка в

определении азимута простирации разрыва может доходить до 20° .

6 класс. Положение нодальных линий определяется однозначно с точностью до 15° . Число несогласующихся знаков меньше или равно 15% всех имеющихся знаков. Ошибка в определении азимута простирации разрыва составляет 15° .

7 класс. Положение нодальных линий определяется однозначно с точностью, равной или меньшей 10° . Число несогласующихся знаков не превосходит 15% всех имеющихся знаков первых смещений в продольной волне. Ошибка в определении азимута простирации разрыва равна или меньше 10° .

При этом точность определения азимутов простирации разрывов может быть оценена 5, 6 и 7 классом только в том случае, если при проведении нодальных линий использованы совместно данные близких и удаленных сейсмических станций, окружающих эпицентр землетрясения. При оценке точности определения азимутов простирации разрывов 1, 2, 3 и 4 классом совместное использование данных близких и удаленных станций не обязательно. В этом случае при проведении нодальных линий могут быть использованы данные только близких или только удаленных сейсмических станций, окружающих эпицентр.

Таблица 26 содержит данные о разрывах в очагах 260 землетрясений. Макросейсмическим методом определены разрывы в очагах 136 землетрясений, а инструментальными методами—160 землетрясений. При этом разрывы в очагах 36 землетрясений определены как по инструментальным, так и по макросейсмическим наблюдениям. Следовательно, из рассмотренных 260 землетрясений разрывы в очагах 100 землетрясений определены только макросейсмическим методом. Это в основном землетрясения, происшедшие до 1951 г.

На основании данных табл. 26 построены схемы расположения разрывов в очагах землетрясений Армянского нагорья. Из технических соображений эта схема разбита на три части. На рис. 41 даны направления разрывов в очагах землетрясений Черноморско-Байбуртского, Эрзинджан-Бингёльского и Ванского регионов, на рис. 42—направления разрывов в очагах землетрясений Аджаро-Триалетского, Ардахан-Карс-Хорасанского, Ленинаканского и Ереванского регионов, а на рис. 43 приведены направления разрывов в очагах землетрясений Варденис-Кировабадского, Зангезурского и Талышского регионов. На этих схемах сплошными линиями показаны направления разрывов в очагах землетрясений, определенные инструментальным методом, а пунктир-

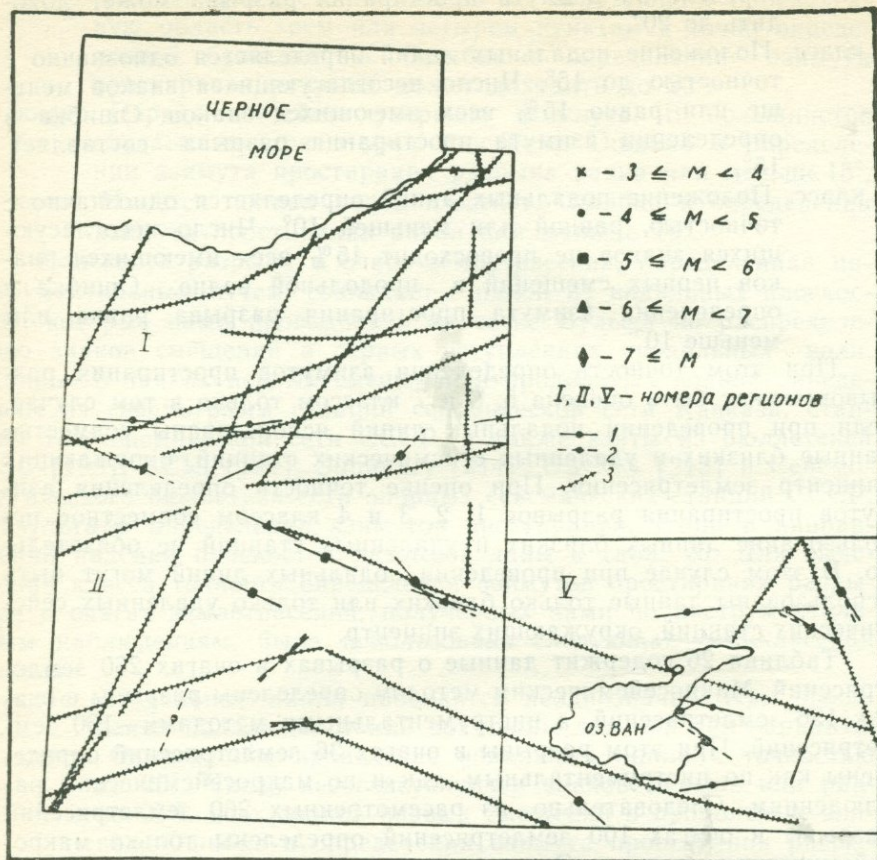


Рис. 41. Ориентация разрывов в очагах землетрясений Черноморско-Байбуртского, Эрзинджан-Бингёльского и Ванского регионов: 1—по инструментальным данным; 2—по макросейсмическим данным; 3—основные линеаменты.

ными линиями—направления разрывов в очагах землетрясений, определенные по макросейсмическим наблюдениям. Следует отметить хорошее соответствие между простираниями разрывов в очаге землетрясения, определенными инструментальным методом и по макросейсмическим наблюдениям, а также между простираниями разрывов в очагах землетрясений и тектонических разломов или линеаментов, выявленных по космическим снимкам,

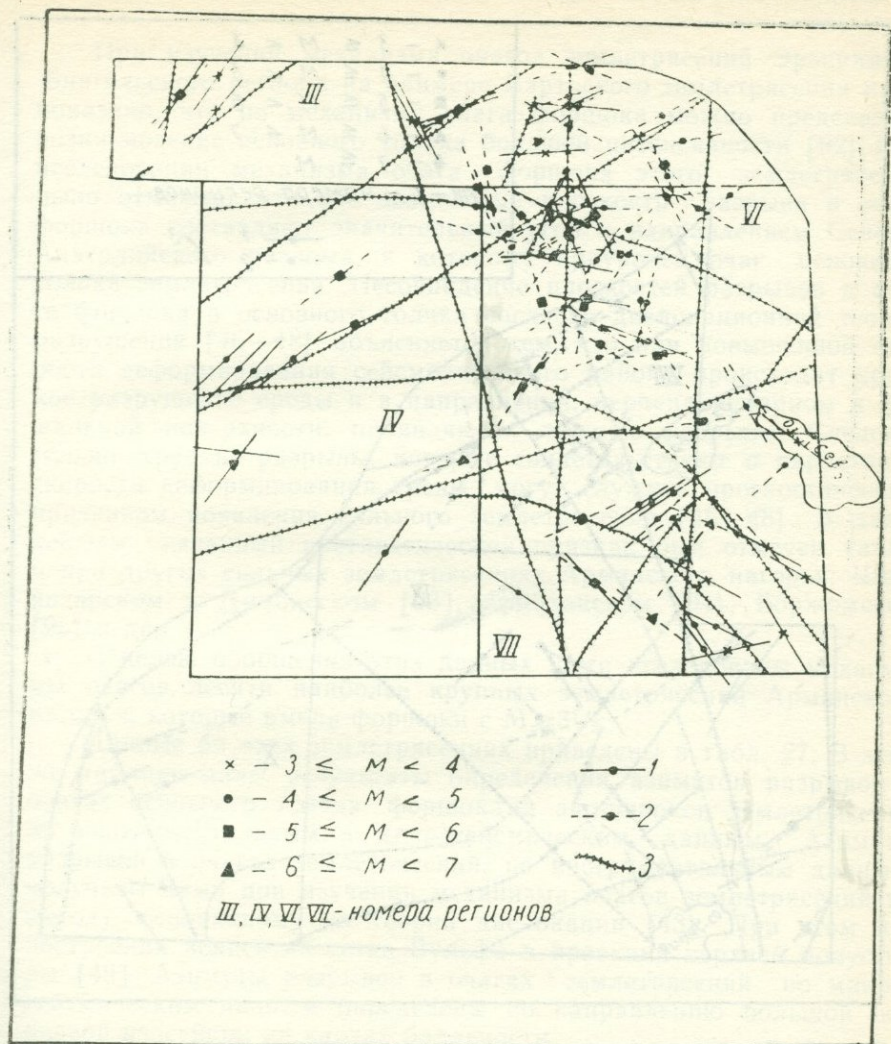


Рис. 42. Ориентация разрывов в очагах землетрясений Аджаро-Триалетского, Ардахан-Карс-Хорасанского, Ленинаканского и Ереванского регионов: 1—по инструментальным данным; 2—по макросейсмическим данным; 3—основные линеаменты.

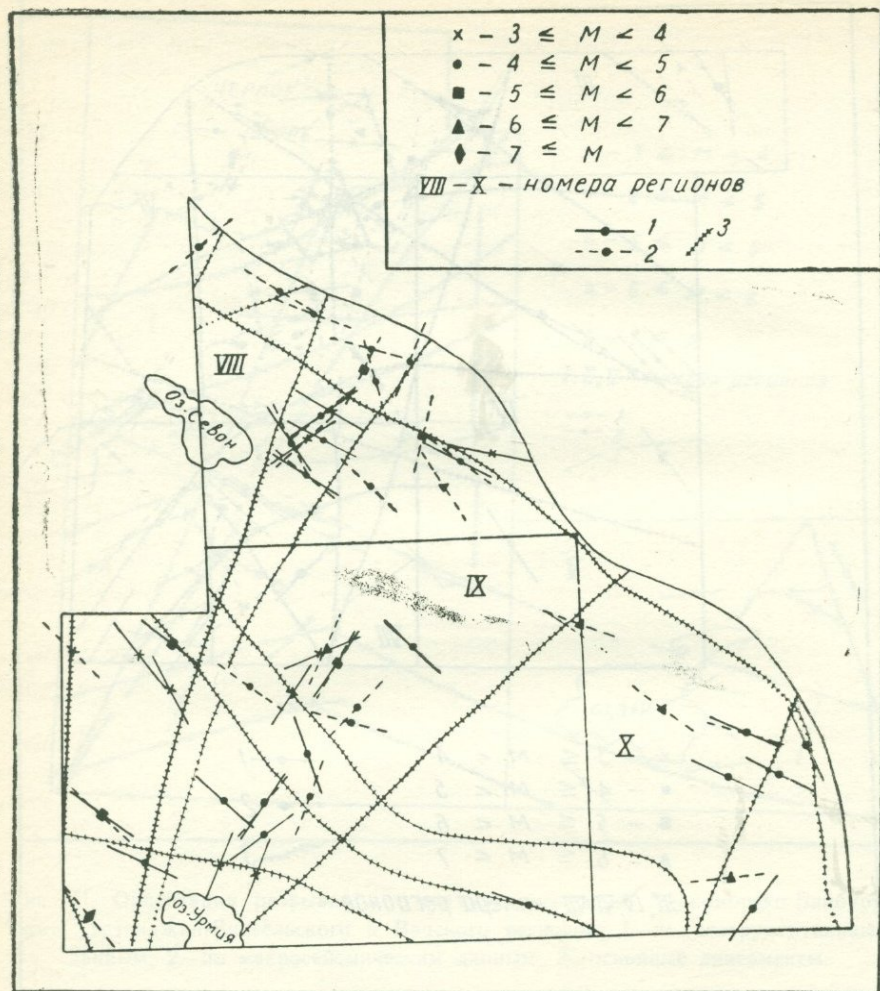


Рис. 43. Ориентация разрывов в очагах землетрясений Варденис-Кировабадского, Зангезурского и Талышского регионов: 1—по инструментальным данным; 2—по макросейсмическим данным; 3—основные линеаменты.

Построенные схемы расположения разрывов в очагах землетрясений использованы при выделении блоков в земной коре на исследуемой территории Армянского нагорья.

При изучении механизма очагов землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона на примере Вартоского землетрясения нами показано, что по механизму очага форшока можно предсказать возникновение основного толчка большей интенсивности [92]. При исследовании механизма очага форшока этого землетрясения было отмечено, что обе возможные плоскости разрыва в очаге форшока составляют значительный угол с направлением Северо-Анатолийского разлома, к которому приурочен очаг основного толчка землетрясения. Несовпадение плоскостей разрывов в очаге форшока и основного толчка согласно дислокационной теории разрушения [46—48] объясняется тем, что при повышенной скорости деформирования сейсмоактивного района происходит хрупкое разрушение среды и в направлении, перпендикулярном к фокальной поверхности, проявляются хрупкие разрывы. Следовательно, хрупкие разрывы, которые свидетельствуют о нарастании скорости деформирования среды, могут служить прогностическим признаком появления сильного землетрясения [46—48]. В дальнейшем указанный прогностический признак был отмечен также и при других сильных землетрясениях Армянского нагорья: Шахназарском и Дманисском [93], Ардаханском [94], Боржомском [95] и др.

С целью обобщения этих данных нами исследованы механизмы очагов десяти наиболее крупных землетрясений Армянского нагорья, которые имели форшоки с $M \geq 3^{1/2}$.

Данные об этих землетрясениях приведены в табл. 27. В этой 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 механизмов очагов землетрясений по методу, основанному на теории дислокации [43]. При этом все построения велись на сетке Вульфа в проекции верхней полусферы [49]. 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 разломов на территории Армянского нагорья [15, 16, 55, 59, 60] и линеаментов, выявленных по космическим снимкам [97]. Получено, что направление одной из двух возможных плоскостей разрывов в очагах основных землетрясений и их афтер-

Основные параметры землетрясений

№ п/п	Дата землетрясения, число, мес- яц, год	Время возникнове- ния землетр- сения	Коорди- наты эпи- центра		Мгн-туда	А° по инструмент- альным данным	А° по макросейс- мическим данным	Название землетрясения
			с°N	л°E				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	20/II 1920	00 01	41 59	44 07	4 ³ /4	—	30	Форшок Картлийского
2	20/II 1920	11 44	41 59	44 07	6	—	112	Картлийское
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 Ленинаканск-
6	3/XII 1926	15 44	40 41	43 47	4	—	23	— » —
7	12/II 1931	05 33	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 Зангезурско- го I
10	7/I 1937	13 23	43 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	—	52	Афтершок Ереванского II
13	23/I 1937	05 57	40 07	44 23	4	—	58	— » —
14	27/I 1937	17 50	40 10	44 24	4	—	56	— » —
15	9/III 1940	20 08	41 25	43 33	4 ³ /4	—	161	Форшок Табакурского
16	7/V 1940	22 23	41 42	43 48	6	—	49	Табакурское
17	23/V 1940	19 10	41 50	43 52	4 ¹ /4	—	44	Афтершок Табакурского
18	10/VII 1940	13 10	41 30	41 00	5	—	56	— » —
19	7/III 1966	01 16	39 12	41 36	5 ¹ /2	64	61	Форшок Вартоского
20	19/VIII 1966	12 22	39 10	41 31	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	—	— » —
23	19/VIII 1966	14 17	39 10	41 15	5	100	—	— » —
24	19/VIII 1966	18 41	9 08	41 29	4 ¹ /4	118	—	— » —
25	20/VIII 1966	11 59	39 25	40 59	6 ¹ /4	114	—	— » —
26	20/VIII 1966	12 01	39 10	40 42	5 ³ /2	126	—	— » —
27	31/XII 1969	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	68	—	Афтершок Боржомского
30	1/VI 1973	09 35	41 22	43 51	3 ¹ /2	144	—	Форшок Шахназарского
31	30/III 1974	00 34	41 24	43 53	4	70	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 Ардаханско- го II
35	4/VI 1976	05 08	40 49	42 56	4 ¹ /2	68	—	— » —
36	6/II 1977	04 49	40 48	42 55	3 ³ /4	68	—	— » —
37	14/III 1977	19 42	41 20	44 00	4 ¹ /4	58	51	Форшок Дманисского

1	2	3	4	5	6	7	8	9
38	2/I 1978	06 31	41 24	44 07	5 ¹ / ₄	156	153	Дманисское
39	1/III 1978	10 20	41 13	43 58	3 ¹ / ₂	139	—	Афтершок Дманисского
40	2/III 1978	05 29	41 12	44 (2	3 ³ / ₄	161	—	— » —
41	14/VI 1978	13 35	41 22	44 00	4	162	—	— » —
42	17/VI 1978	18 58	41 20	43 54	3 ³ / ₄	163	—	— » —
43	27/VI 1978	04 45	41 08	44 00	4	163	155	— » —
44	15/VIII 1978	09 04	41 14	44 00	4 ¹ / ₂	159	156	— » —

шоков в основном совпадает с направлениями известных тектонических разломов, а направления разрывов в очагах форшоков отличаются. Как следует из табл. 27, отличие в направлениях разрывов в очагах основного толчка и форшока у различных землетрясений неодинаковое.

Нами установлена зависимость разности магнитуд основного толчка (M_0) и форшока (M_{ϕ}) от разности азимутов простирания 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 использованных землетрясений нанесены на рис. 44а. При этом точками отмечены землетрясения, происшедшие на Малом Кавказе, а крестиками — в Турции. Способом наименьших квадратов получено уравнение прямой (сплошная линия), осредняющей эти данные, в виде:

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

а в случае, когда использованы данные землетрясений только Малого Кавказа, эта зависимость выражается уравнением прямой (пунктирная линия на рис. 44а):

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

В обоих случаях средняя квадратическая ошибка равна 0,5. Коэффициент корреляции в первом случае 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 6³/₄, 3) могли появиться ошибки при измерениях азимутов простирания разрывов в очагах землетрясений. Как следует из рис. 44а, первая причина в данном случае исключается, так как зависимости ($M_0 - M_{\phi}$) от ($A_0 - A_{\phi}$) для всей территории

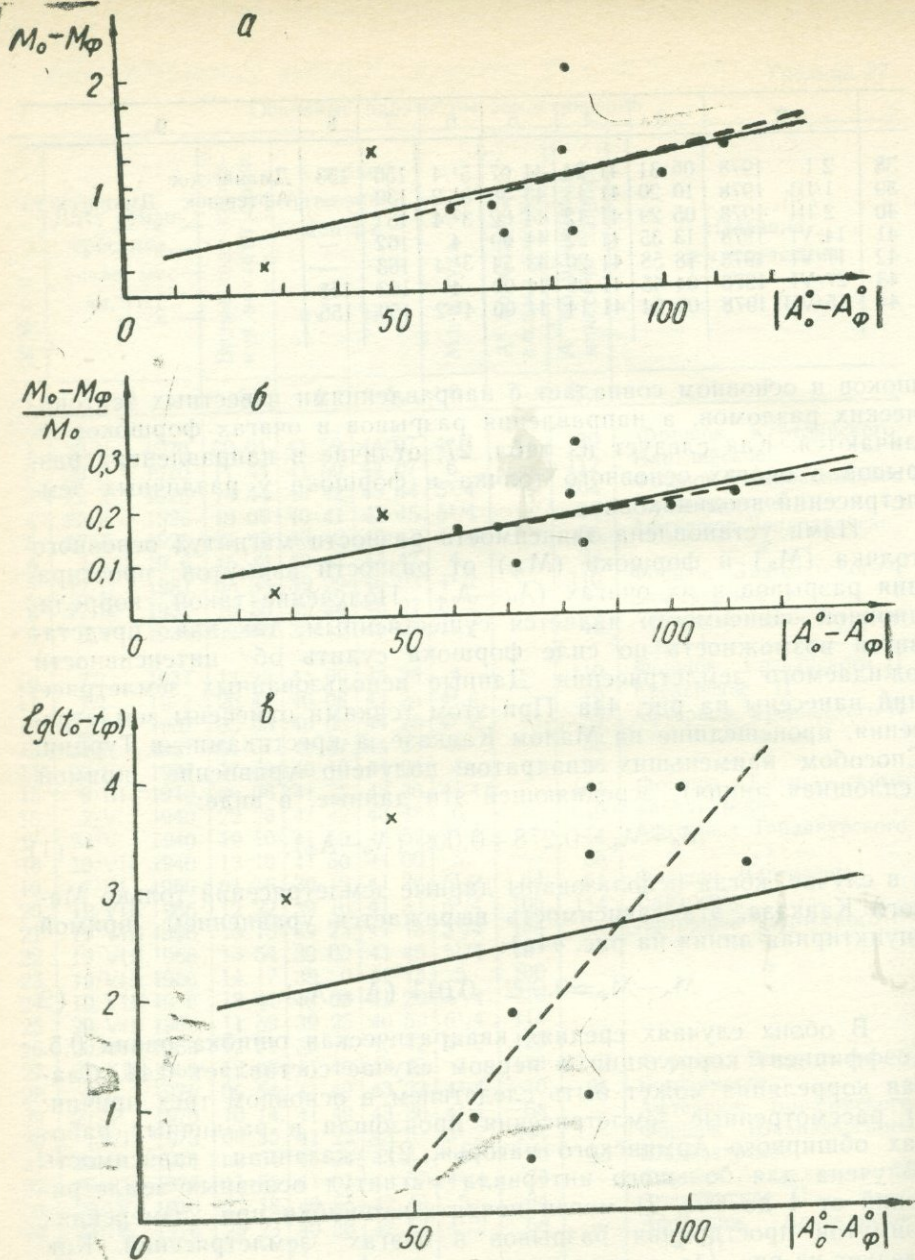


Рис. 44. Графики зависимости между разностью азимутов простираний разрывов в очагах основного землетрясения и форошка и а) разностью магнитуд основного землетрясения и форошка; б) отношением разности магнитуд основного землетрясения и форошка к магнитуде основного землетрясения; в) разностью времен возникновения основного землетрясения и форошка.

Армянского нагорья и Малого Кавказа получаются примерно одинаковыми.

С целью исключения второй причины взята зависимость от $(A_o - A_\phi)$ отношения разности магнитуд основного толчка и форшока $(M_o - M_\phi)$ к магнитуде основного толчка, которая приведена на рис. 44б. Эта зависимость для всей территории Армянского нагорья получена в виде:

$$\frac{M_o - M_\phi}{M_o} = 0,0501 + 0,0016 (A_o - A_\phi). \quad (3)$$

Как и следовало ожидать, корреляция между величинами $\frac{(M_o - M_\phi)}{M_o}$ и $(A_o - A_\phi)$ получилась лучше, чем между $(M_o - M_\phi)$ и $(A_o - A_\phi)$. В данном случае коэффициент корреляции равен 0,55.

Для землетрясений Малого Кавказа эта зависимость имеет вид:

$$\frac{M_o - M_\phi}{M_o} = 0,0619 + 0,0014 (A_o - A_\phi). \quad (4)$$

Как следует из рис. 44б, зависимость $\frac{M_o - M_\phi}{M_o}$ от $(A_o - A_\phi)$ 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_o) и форшока (t_ϕ) от разности азимутов простираний разрывов в очагах основного толчка и форшока. На рис. 44в даны эти значения согласно табл. 27. 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:

$$\lg (t_o - t_\phi) = 1,8163 + 0,0092 (A_o - A_\phi), \quad (5)$$

а для землетрясений Малого Кавказа в виде:

$$\lg (t_o - t_\phi) = 2,4722 + 0,0577 (A_o - A_\phi), \quad (6)$$

Как следует из рис. 44в и формул (5) и (6), зависимость $\lg(t_o - t_\phi)$ от $(A_o - A_\phi)$ для землетрясений всего Армянского нагорья

(сплошная прямая) и Малого Кавказа (пунктирная прямая) сильно отличается. Эта зависимость, полученная по имеющимся данным для землетрясений всего Армянского нагорья, плохо коррелируется. Коэффициент корреляции равен всего 0,17. Для землетрясений Малого Кавказа между $I_g(t_0 - t_f)$ и $(A_0 - A_f)$ имеется хорошая корреляция. Коэффициент корреляции равен 0,70. При этом отличаются также средние квадратические ошибки. Согласно этим значениям, ошибка во времени возникновения сильного землетрясения по формуле (5), то есть для территории Армянского нагорья, составляет примерно 20 часов, а по формуле (6), то есть для территории Малого Кавказа—10 часов.

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

§ 3. ВЫДЕЛЕНИЕ БЛОКОВ В ЗЕМНОЙ КОРЕ ПО ПАРАМЕТРАМ МЕХАНИЗМОВ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Предварительные границы блоков в земной коре Армянского нагорья нами были установлены по расположению эпицентров и даны в главе I настоящей работы. По балльности землетрясений были выделены блоки трех категорий, а именно: блоки первого порядка, оконтуренные эпицентрами землетрясений, ощущавшихся на земной поверхности с максимальной силой 8 и более баллов, блоки второго порядка—7 баллов и блоки третьего порядка—6 и менее баллов. Однако границы блоков в земной коре, проведенные только по расположению эпицентров без учета параметров механизма очагов землетрясений, являются весьма приближенными.

При установлении окончательных границ блоков в земной коре Армянского нагорья нами использованы результаты определения механизмов очагов землетрясений вместе с данными по сейсмичности исследуемой территории. При выделении блоков и определении направления их движения учитывались расположение эпицентров сильных землетрясений с $M \geq 4$, ориентация плоскости разрыва в очагах землетрясений, направление движения верхнего крыла разрыва, напряженное состояние и характер подвижек в очагах землетрясений [89, 198]. При определении ориентаций разрывов в очагах землетрясений использованы сведения о тектоических разломах на исследуемой территории, установлен-

ных по геологическим и геофизическим данным, а также о линейментах, выявленных по космическим снимкам. Напряженное состояние и характер подвижек в очагах землетрясений нами детально рассмотрены в § 12 главы II настоящей работы. Направления движений верхнего крыла разрывов в очагах исследованных землетрясений указаны стрелками на рис. 45—47.

Все указанные данные учтены при составлении схемы блокового строения земной коры Армянского нагорья.

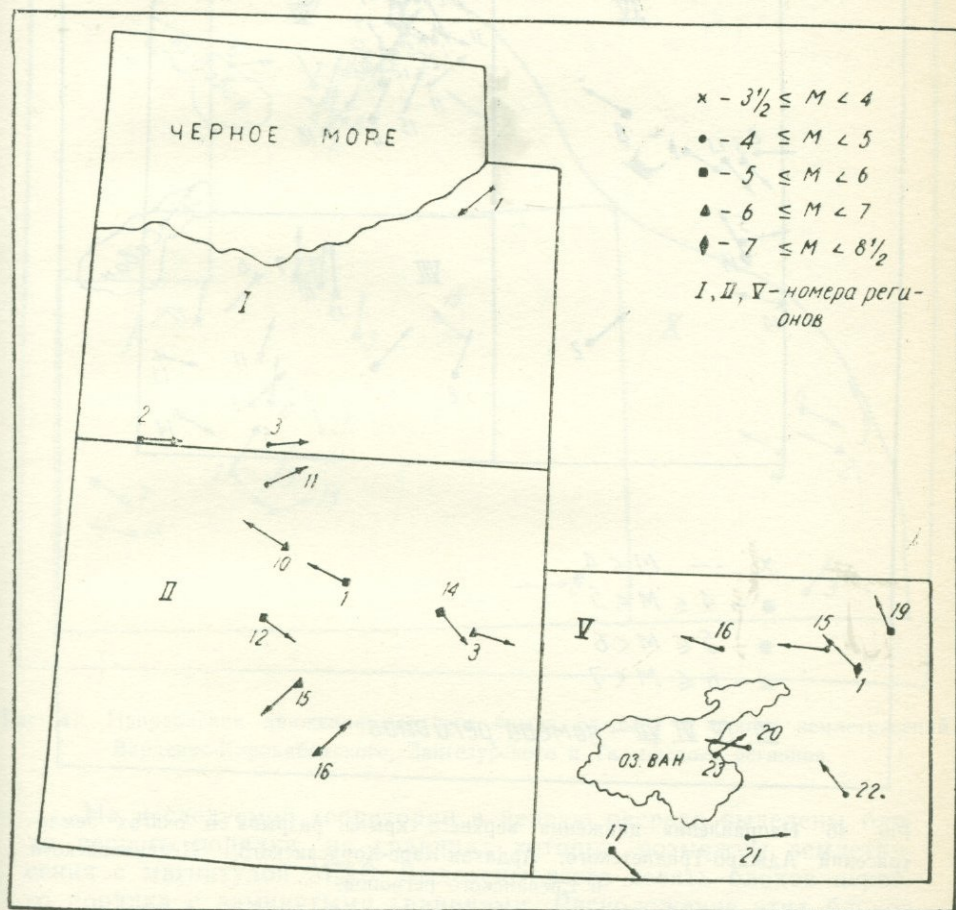


Рис. 45. Направления движения верхнего крыла разрыва в очагах землетрясений Черноморско-Байбуртского, Эрзинджан-Бингёльского и Ванского регионов.

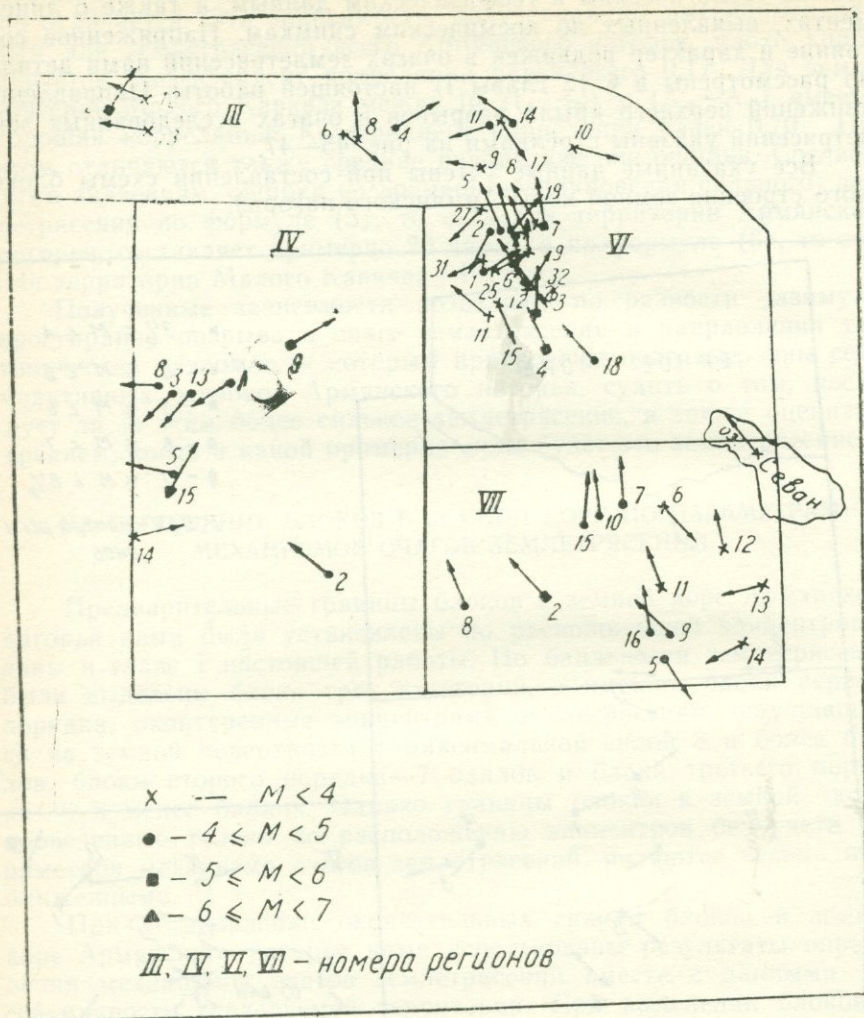


Рис. 46. Направления движения верхнего крыла разрыва в очагах землетрясений Аджаро-Триалетского, Ардахан-Карс-Хорасанского, Ленинаканского и Ереванского регионов.

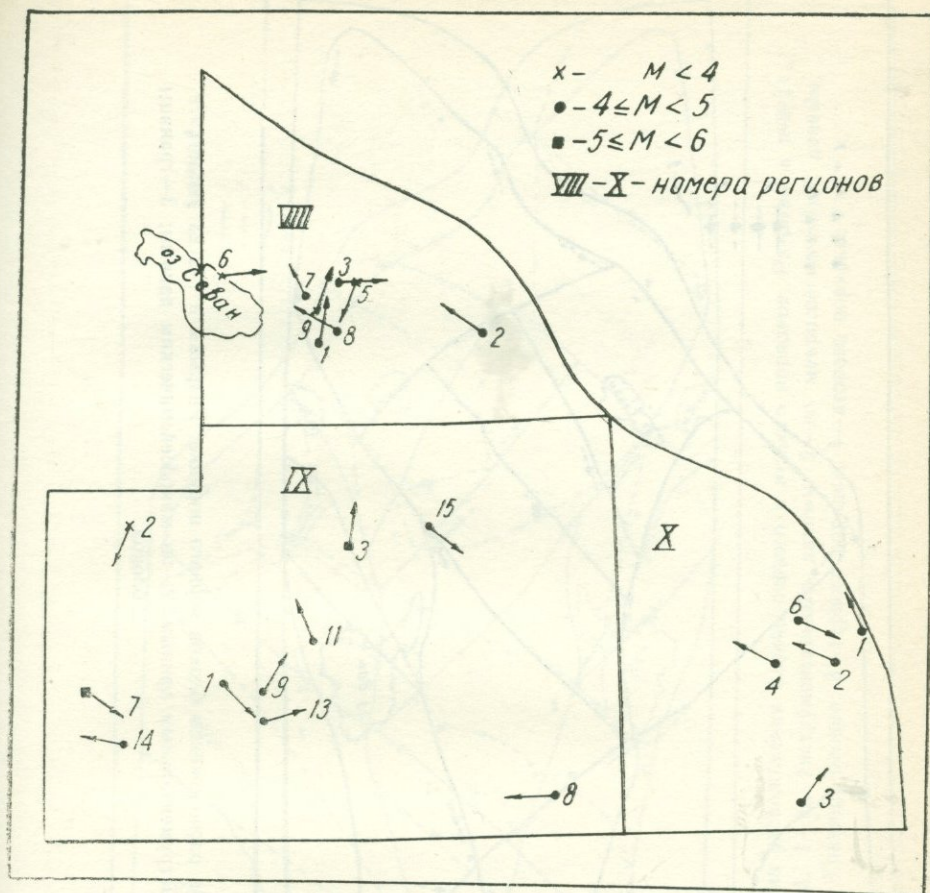


Рис. 47. Направления движения верхнего крыла разрыва в очагах землетрясений Варденис-Кировабадского, Зангезурского и Талышского регионов.

На исследуемой территории в первую очередь выделены блоки первого порядка, на границах которых возможны землетрясения с магнитудой $M \geq 6$. Выделены всего девять блоков первого порядка с замкнутыми границами. Расположение этих блоков дано на рис. 48. На этом же рисунке показаны эпицентры землетрясений с $M \geq 6$, которые были отмечены за все время с VI в. до н. э. по 1985 г., а также плоскости разрывов в очагах 19 землетрясений с $M \geq 6$, определенные по макросейсмическим (пунктир-

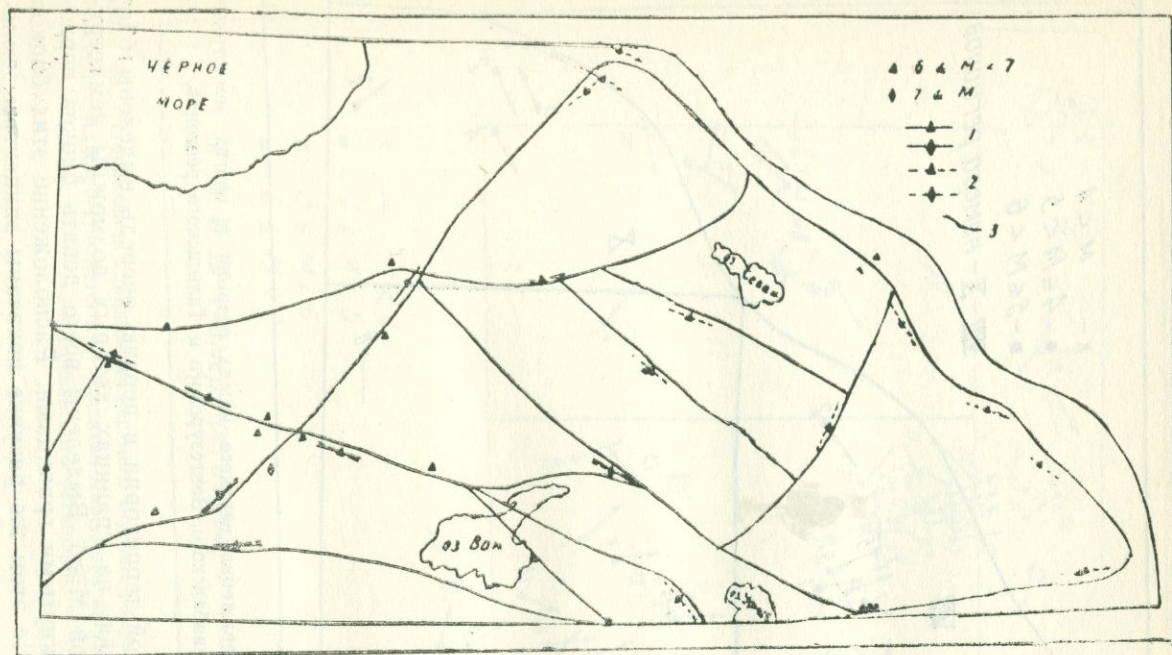


Рис. 48. Схема расположения блоков первого порядка. Разрывы в очагах землетрясений: 1—по инструментальным данным, 2—по макросейсмическим данным; 3—границы блоков.

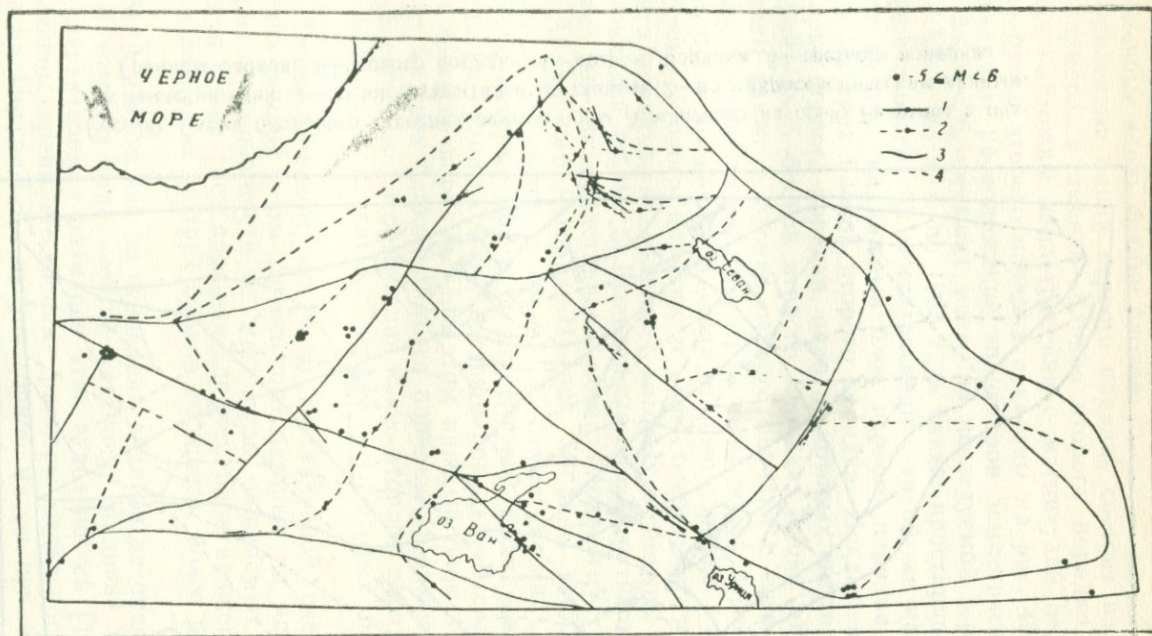


Рис. 49. Схема расположения блоков первого и второго порядков. Разрывы в очагах землетрясений: 1—по инструментальным данным, 2—по макросейсмическим данным. Границы блоков: 3—первого порядка, 4—второго порядка.

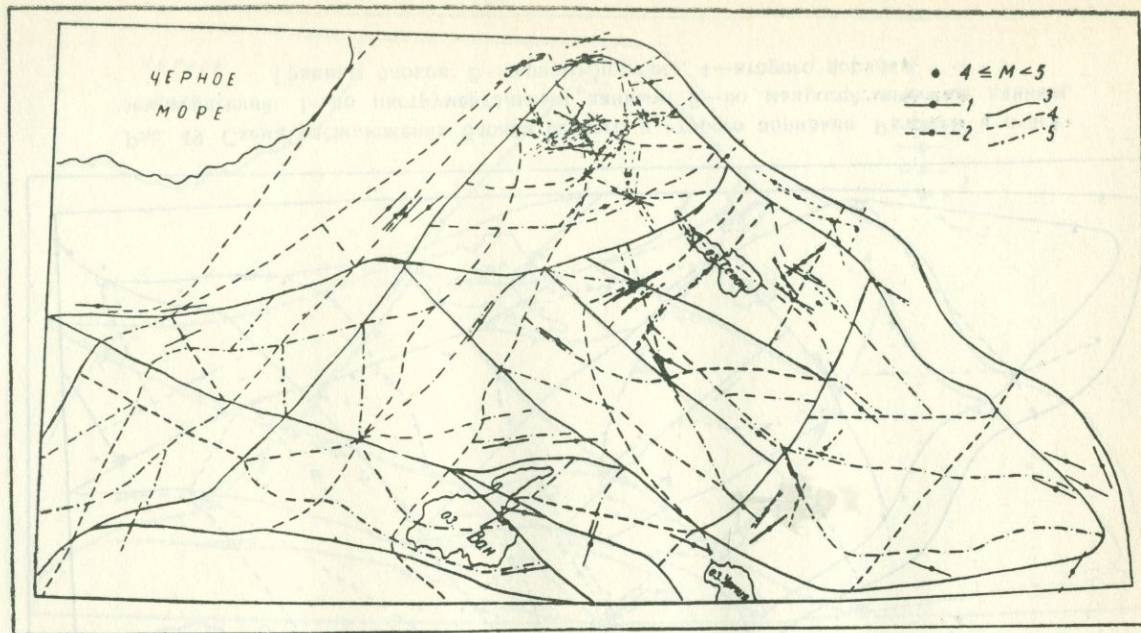


Рис. 50. Схема блокового строения земной коры Армянского нагорья. Разрывы в очагах землетрясений: 1—по инструментальным данным, 2—по макросейсмическим данным. Границы блоков: 3—первого порядка, 4—второго порядка, 5—третьего порядка.

ные линии) или инструментальным (сплошные линии) данным и направленные вдоль границ блоков.

Выделенные блоки первого порядка состоят из блоков меньшего размера, а именно—блоков второго порядка, на границах которых возможны землетрясения с магнитудой $5 \leq M < 6$. Выделенные блоки второго порядка показаны на рис. 49. На этом же рисунке даны расположение эпицентров землетрясений с магнитудой $5 \leq M < 6$, имевших место на исследуемой территории в период с VI в. до н. э. по 1985 г., а также простираения плоскостей разрывов в очагах 32 землетрясений с такой же магнитудой. Как следует из рис. 49, каждый блок первого порядка состоит в основном из трех блоков второго порядка. Исключением являются два блока первого порядка, один из которых состоит из 4 блоков, а второй—из 5 блоков второго порядка. Блоки второго порядка выделены также в блоках первого порядка с незамкнутыми границами, расположенных в пограничных зонах исследуемой территории. Всего выделено 33 блока второго порядка.

Блоки второго порядка в свою очередь состоят из блоков третьего порядка, на границах которых возможны землетрясения с магнитудой $4 \leq M < 5$. Выделенные блоки третьего порядка даны на рис. 50, где представлена схема блокового строения земной коры Армянского нагорья. На рис. 50 даны также простираения плоскостей разрывов в очагах 97 землетрясений с магнитудой $4 \leq M < 5$, которые вместе с эпицентром были использованы при проведении границ блоков третьего порядка. Всего выделено 102 блока третьего порядка. При этом каждый блок второго порядка состоит из трех блоков третьего порядка. Исключением являются пять блоков, из которых один блок второго порядка состоит из двух блоков, а остальные четыре—из четырех блоков третьего порядка каждый.

Таким образом, согласно составленной схеме блокового строения земной коры Армянского нагорья, на исследуемой территории в зависимости от магнитуды ожидаемых землетрясений имеются блоки трех порядков, причем блок низшего порядка состоит в основном из трех блоков соседнего, более высокого порядка.

М. А. Садовский на основании анализа распределений по размерам твердых отдельностей установил наличие преимущественных «характерных» размеров этих отдельностей [149, 153]. Были определены преимущественные размеры отдельностей горной породы на Ингури-ГЭС, кусков горной массы при взрывах, частиц грунта при гранулометрическом анализе шурфовых проб Забайкалья, диспергированного торфа и осколков реологического взрыва, а также преимущественные размеры блоков земной коры, ак-

тивных геологических разломов и небесных тел Солнечной системы [149, 150, 152, 153, 156]. Величины определенных преимущественных размеров находятся в диапазоне масштабов от 0,2 мкм до 140000 км.

Таким образом, дискретность в распределении по размерам наблюдается у твердых отдельностей, размеры которых меняются в пределах 15 порядков. При этом для всех твердых отдельностей отношение соседних преимущественных «характерных» размеров меняется от 2 до 5 и в среднем равно 3,4 [153]. Для блоков земной коры преимущественные размеры определены по распределению блоков земной коры Тянь-Шаня и Памира, Камчатки, Малой Азии, Калифорнии, Западных Альп, Туркмении, Казахстана и Средней Азии, оконтуренных методами морфоструктурного анализа, по результатам гелиевой съемки, по сейсмическим данным и др. [156, 47, 58 и др.]. Были выделены два преимущественных размера: 70 и 120 км. По распределению размеров геоблоков и мегаблоков определены еще три преимущественных размера для блоков земной коры: 500, 1200 и 3200 км. Отношение двух соседних преимущественных размеров для блоков земной коры, согласно этим данным, соответственно, равно: 1,7; 4,2; 2,4 и 2,7, а среднее значение этих величин составляет 2,7 [156].

Нами определены преимущественные «характерные» размеры для блоков земной коры Армянского нагорья. С этой целью измерены площади S проекций выделенных блоков на земную поверхность и по формуле [156]:

$$L = S^{1/2} \quad (7)$$

вычислены линейные размеры блоков L . Затем получены распределения блоков земной коры Армянского нагорья по линейным размерам $\Delta N/N$ в процентах, где ΔN —число блоков с размерами, попадающими в интервал $(L, L+\Delta)$, а N —полное число блоков. Эти определения проведены отдельно для блоков первого, второго и третьего порядка. Полученные данные сведены в табл. 28. На основании данных табл. 28 построены графики распределения блоков земной коры по размерам, представленные на рис. 51.

Как следует из рис. 51, на графике распределения блоков первого порядка имеется максимум при L , равном 130 км, на графике распределения блоков второго порядка—максимум при 70 км, а на графике распределения блоков третьего порядка—при 40 км. Эти максимумы на графиках распределения соответствуют преимущественным размерам блоков земной коры. Следовательно, преимущественный линейный размер блоков L_3 , на границах которых могут иметь место землетрясения с магни-

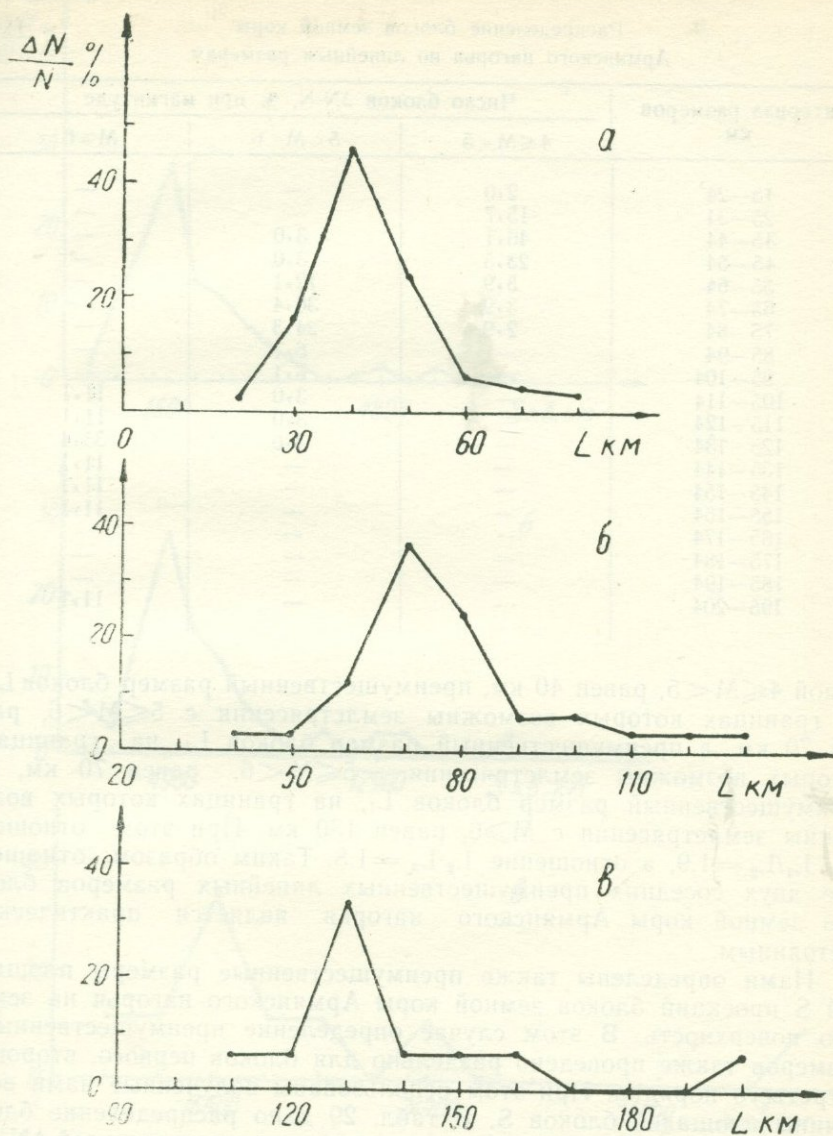


Рис. 51. Графики распределения блоков земной коры Армянского нагорья по линейным размерам.

а) Блоки третьего порядка; б) блоки второго порядка; в) блоки первого порядка.

Распределение блоков земной коры
Армянского нагорья по линейным размерам

Интервал размеров км	Число блоков $\Delta N/N$, % при магнитуде		
	$4 \leq M < 5$	$5 \leq M < 6$	$M \geq 6$
15—24	2,0	—	—
25—34	15,7	—	—
35—44	46,1	3,0	—
45—54	23,5	3,0	—
55—64	5,9	12,1	—
65—74	3,9	36,4	—
75—84	2,9	24,3	—
85—94	—	6,1	—
95—104	—	6,1	—
105—114	—	3,0	11,1
115—124	—	3,0	11,1
125—134	—	3,0	33,4
135—144	—	—	11,1
145—154	—	—	11,1
155—164	—	—	11,1
165—174	—	—	—
175—184	—	—	—
185—194	—	—	—
195—204	—	—	11,1

тудой $4 \leq M < 5$, равен 40 км, преимущественный размер блоков L_2 , на границах которых возможны землетрясения с $5 \leq M < 6$, равен 70 км, а преимущественный размер блоков L_1 , на границах которых возможны землетрясения с $5 \leq M < 6$, равен 70 км, а преимущественный размер блоков L_1 , на границах которых возможны землетрясения с $M \geq 6$, равен 130 км. При этом отношение $L_1/L_2 = 1,9$, а отношение $L_2/L_3 = 1,8$. Таким образом, отношение двух соседних преимущественных линейных размеров блоков земной коры Армянского нагорья является практически постоянным.

Нами определены также преимущественные размеры площадей S проекций блоков земной коры Армянского нагорья на земную поверхность. В этом случае определение преимущественных размеров также проведено отдельно для блоков первого, второго и третьего порядка. При этом использованы полученные нами величины площадей блоков S . В табл. 29 дано распределение блоков земной коры Армянского нагорья по размерам площадей $\Delta N/N$ в процентах, где ΔN —число блоков с размерами площадей, попадающими в интервал $(S, S+\Delta)$, а N —полное число блоков. По данным табл. 29 построены графики распределения блоков зем-

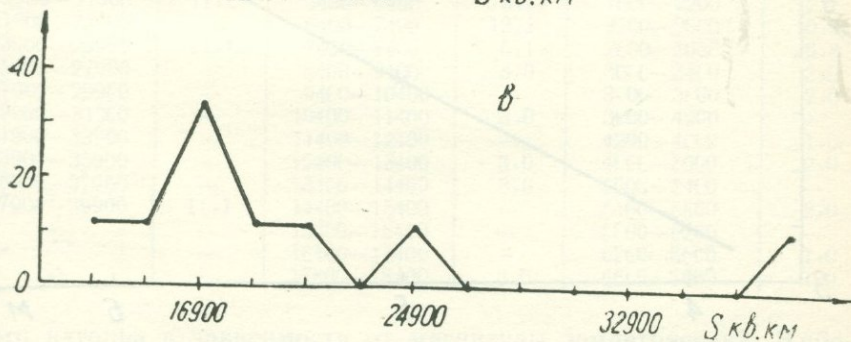
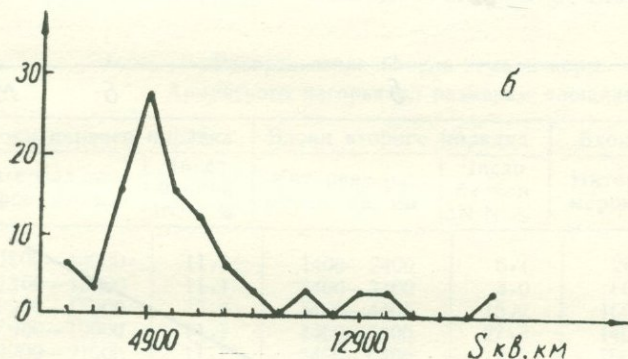
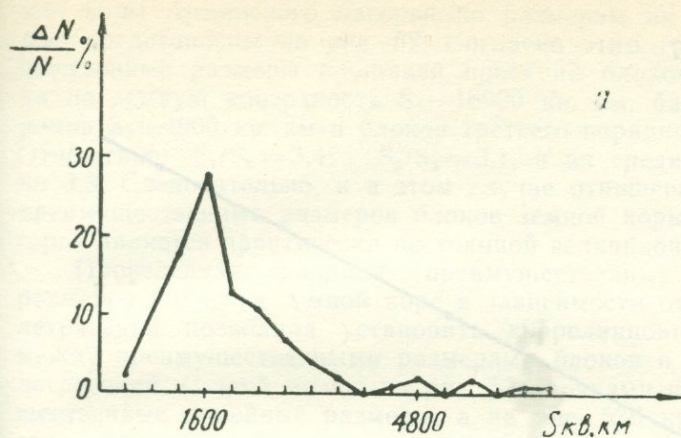


Рис. 52. Графики распределения блоков земной коры Армянского нагорья по размерам площадей.

а) Блоки третьего порядка; б) блоки второго порядка; в) блоки первого порядка.

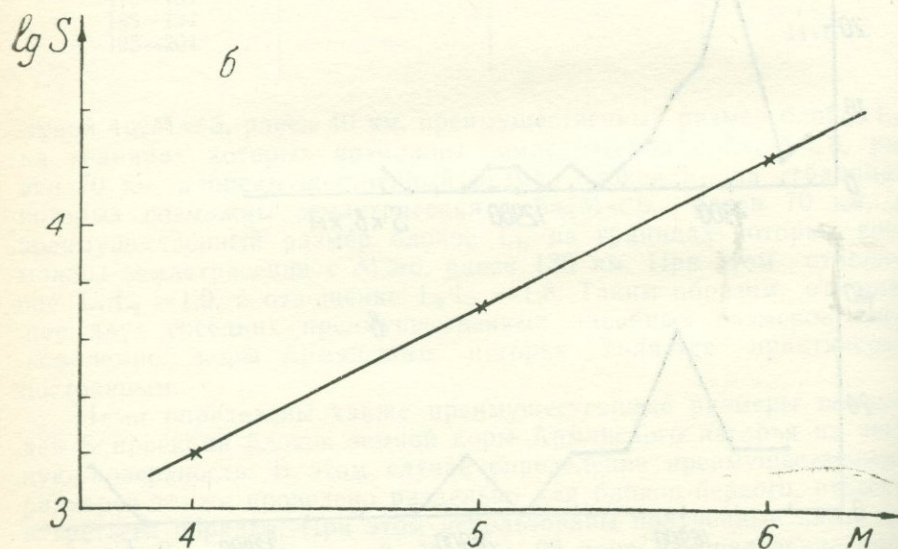
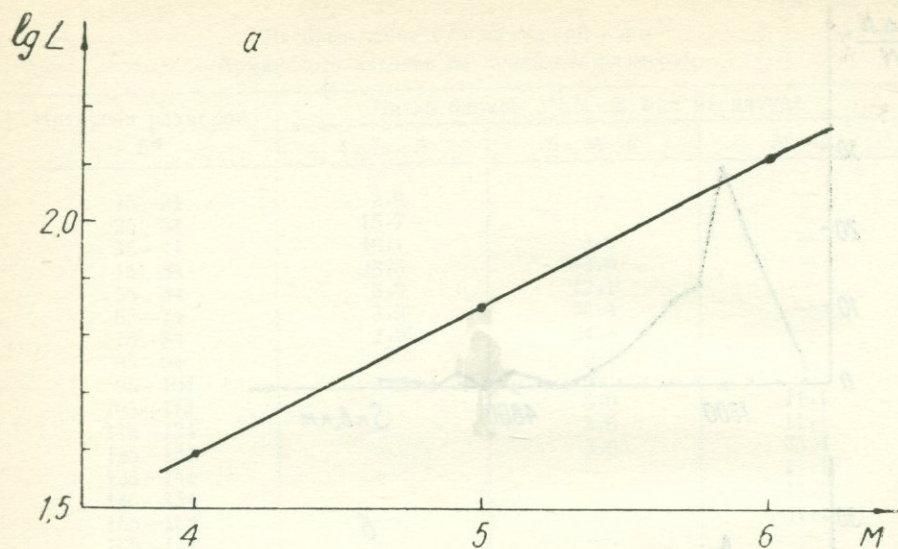


Рис. 53. Преимущественные размеры блоков земной коры Армянского нагорья в зависимости от магнитуды землетрясений. а) Преимущественные линейные размеры блоков; б) преимущественные размеры площадей блоков.

ной коры Армянского нагорья по размерам их площадей, которые представлены на рис. 52. Согласно этим графикам, преимущественные размеры площадей проекций блоков первого порядка на земную поверхность S_1 —16900 кв. км, блоков второго порядка S_2 —4900 кв. км и блоков третьего порядка S_3 —1600 кв. км. Отношение $S_1/S_2=3,4$; $S_2/S_3=3,1$, а их среднее значение равно 3,3. Следовательно, и в этом случае отношение двух соседних преимущественных размеров блоков земной коры Армянского нагорья является практически постоянной величиной.

Проведенная градация преимущественных «характерных» размеров блоков в земной коре в зависимости от магнитуды землетрясений позволила установить корреляционную зависимость между преимущественными размерами блоков и магнитудой землетрясений. С этой целью на рис. 53а точками показаны преимущественные линейные размеры, а на рис. 53б крестиками—преимущественные размеры площадей блоков земной коры Армян-

Таблица 29

Распределение блоков земной коры
Армянского нагорья по размерам площадей

Блоки первого порядка		Блоки второго порядка		Блоки третьего порядка	
Интервал размеров, кв. км	Число блоков $\Delta N/N$ %	Интервал размеров, кв. км	Число блоков $\Delta N/N$ %	Интервал размеров, кв. км	Число блоков $\Delta N/N$ %
11500—13900	11,1	1400—2400	6,1	200—600	2,0
11300—15900	11,1	2400—3400	3,0	600—1000	9,8
59900—17900	33,4	3400—4400	15,2	1000—1400	17,6
17900—19900	11,1	4400—5400	27,3	1400—1800	27,4
19900—21900	11,1	5400—6400	15,2	1800—2200	12,7
21500—23900	—	6400—7400	12,1	2200—2600	10,8
23900—25900	11,1	7400—8400	6,1	2600—3000	6,8
25900—27900	—	8400—9400	3,0	3000—3400	3,9
27900—29900	—	9400—10400	—	3400—3800	2,0
29900—31900	—	10400—11400	3,0	3800—4200	—
31900—33900	—	11400—12400	—	4200—4600	1,0
33900—35900	—	12400—13400	3,0	4600—5000	2,0
35900—37900	—	13400—14400	3,0	5000—5400	—
37900—39900	11,1	14400—15400	—	5400—5800	2,0
—	—	15400—16400	—	5800—6200	—
—	—	16400—17400	—	6200—6600	1,0
—	—	17400—18400	3,0	6600—7000	1,0

ского нагорья в зависимости от магнитуды землетрясений. В обоих случаях имеет место прямолинейная зависимость между логарифмом преимущественных размеров и магнитудой землетрясений. Получены выражения для этих зависимостей в виде:

$$\lg L = 0,574 + 0,256M \pm 0,011, \quad (8)$$

$$\lg S = 1,148 + 0,512M \pm 0,021. \quad (9)$$

Полученные зависимости с успехом могут быть использованы при выделении в земной коре Армянского нагорья блоков четвертого порядка, на границах которых возможны землетрясения с $M < 4$.

§ 4. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР ПО ГЕОЛОГИЧЕСКИМ И ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ И СОПОСТАВЛЕНИЕ С БЛОКОВЫМ СТРОЕНИЕМ ЗЕМНОЙ КОРЫ

а. Тектоническое районирование

Первые работы по тектоническому районированию Армянского нагорья были начаты еще в начале нашего столетия. В 1916 г. Ф. Освальдом была опубликована работа по истории тектонического развития Армянского нагорья, где он рассматривает роль разрывных дислокаций в структуре Армянского нагорья, дает блоковое строение исследуемой территории и на тектонической карте, составленной им, указывает границы блоков на территории Армянского нагорья, выраженные нарушениями сбросового типа [129].

На основе данных общей геологии, структурных особенностей отдельных районов и фациальных особенностей В. П. Ренгарте-ном составлена схема тектонического районирования, на которой даны границы тектонических зон и подзон [146].

В 1946 г. К. Н. Паффенгольцем опубликована работа «Сейсмотектоника Армении и прилежащих частей Малого Кавказа», в которой он приводит схему расчленения Кавказа на тектонические зоны [140]. При этом на территории Малого Кавказа он выделяет четыре зоны: Аджаро-Триалетскую складчатую зону, Сомхетско-Ганджинскую пологоскладчатую зону, Складчатую зону Армении и Нахичеванскую складчатую зону. Границы этих зон проведены им по крупным разрывным нарушениям. В 1959 г. была издана монография К. Н. Паффенгольца, в которой приведены результаты проведенного им более детального тектонического районирования Малого Кавказа [141]. При выделении зон К. Н. Паффенгольцем были учтены особенности тектоники районов, возраст складчатых движений, возраст и фациальный характер отложений, магматизм. Эта схема тектонического районирования представлена на рис. 54, согласно которой на территории Малого Кавказа выделены. I Аджаро-Триалетская зона, II. Сомхето-

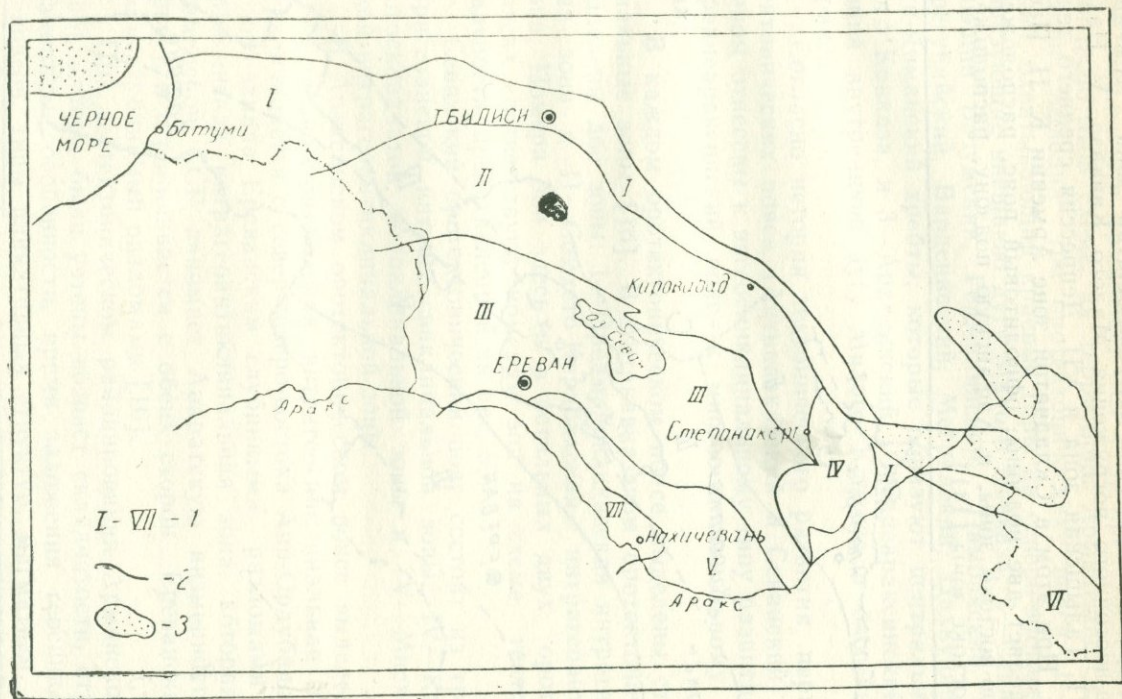


Рис. 54. Схема тектонического районирования Малого Кавказа, составленная К. Н. Цаффенгольцем, 1—Номера зон; 2—границы тектонических зон; 3—погребенные поднятия.

Ганджинско-Карабахская зона, III. Складчатая зона Армении, IV. Зона юго-восточного погружения Малого Кавказа, V. Нахичеванская, VI. Талышская зона и VII. Депрессия среднего течения р. Аракс. При этом в Складчатой зоне Армении К. Н. Паффенгольц выделяет две подзоны: офиолитовый пояс, расположенный на северо-востоке зоны, и Кафанскую подзону, расположенную на юго-востоке зоны [141].

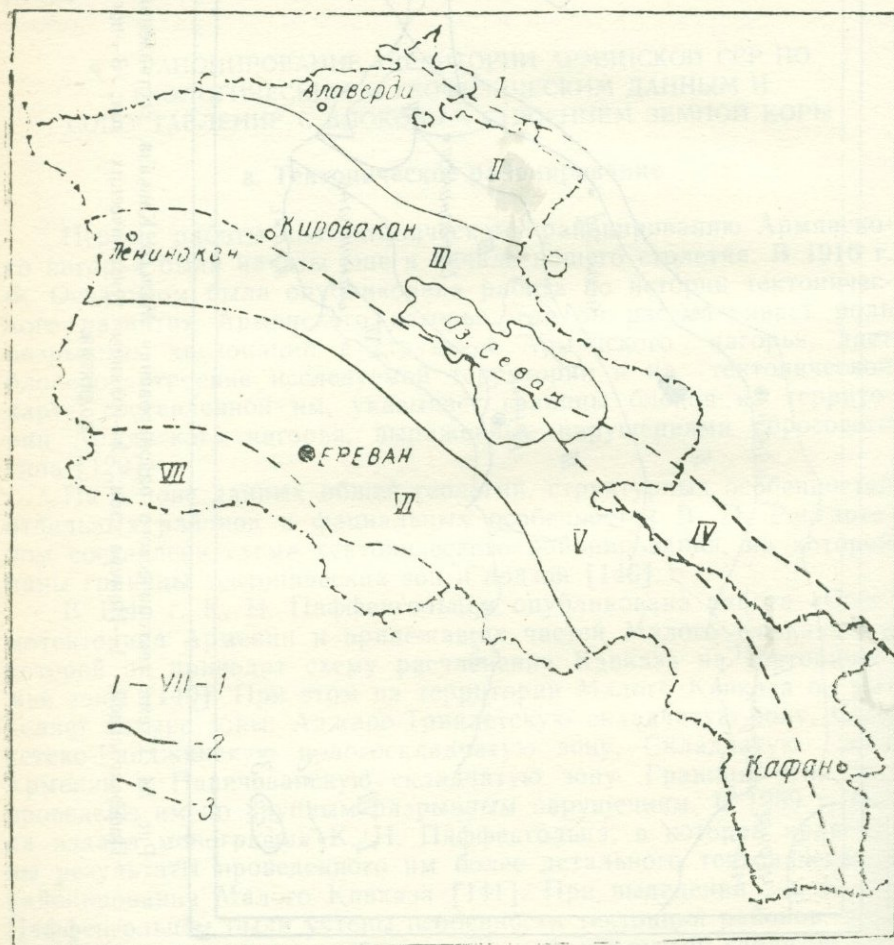


Рис. 55. Схема тектонической зональности Армянской ССР, составленная А. Т. Асланяном. 1—Номера зон; 2—границы стратектонических поясов; 3—границы зон.

А. Т. Асланяном составлена Схема донеогеновой тектонической зональности Армянской ССР [16], представленная на рис. 55. Согласно этой схеме, на территории Армянской ССР А. Т. Асланян выделил три оротектонических пояса: 1—Антикавказский, охватывающий краевые горы на северо-востоке территории, образующие внешнюю дугу Малого Кавказа; 2—Севанский, включающий Базумский, Геджалинский, Памбакский, Мургузский, Арегунийский, Варденисский, Мегринский, Цахкуняцкий и Хуступ-Чиманский хребты, которые образуют центральную дугу Малого Кавказа, и 3—Араксинский (Среднеараксинский), охватывающий внутреннюю дугу Малого Кавказа в бассейне Среднего Аракса.

Согласно истории тектонического развития, первые два оротектонических пояса (Антикавказский и Севанский) А. Т. Асланяном отнесены к эвгеосинклинальному типу развития, а третий—Среднеараксинский пояс—к миогеосинклинальному типу развития.

В каждом оротектоническом поясе выделены структурно-фациальные зоны [16]. В Антикавказском оротектоническом поясе выделены две зоны: I—Предмалокавказская интрагеосинклинальная зона и II—Сомхето-Карабахская интрагеоантиклинальная зона. Номера зон здесь и в остальных двух оротектонических поясах соответствуют номерам зон на схеме тектонической зональности, представленной на рис. 55.

Севанский оротектонический пояс состоит из трех зон: III—Присеванской интрагеосинклинальной зоны; IV—Кафанской пологоскладчатой моноклинальной зоны и V—Мисхано-Зангезурской интрагеоантиклинальной зоны.

В Араксинском оротектоническом поясе выделены две зоны: VI—Еревано-Ордубадская интрагеосинклинальная зона, которая ограничивается с север-северо-востока Ани-Ордубадским, а с юга и юго-запада Ереванским глубинными разломами и VII—Приараксинская интрагеоантиклинальная зона, которая в пределах Армянской ССР занимает Араратскую низменность и Урцский хребет и ограничивается с обеих сторон Ереванским и Араратским глубинными разломами [16].

При геотектоническом районировании Армянской ССР А. А. Gabrielyan были учтены возраст складчатости, структурно-формационные особенности, время заложения геосинклинальных зон и поясов, типы пликативных структур, магматизм, геологическое строение, региональные разрывные нарушения и др. Основываясь на комплексе этих историко-геологических и структурно-формационных признаков, А. А. Gabrielyan на территории Армянской ССР выделил тектоно-формационные комплексы (мегаблоки), зо-

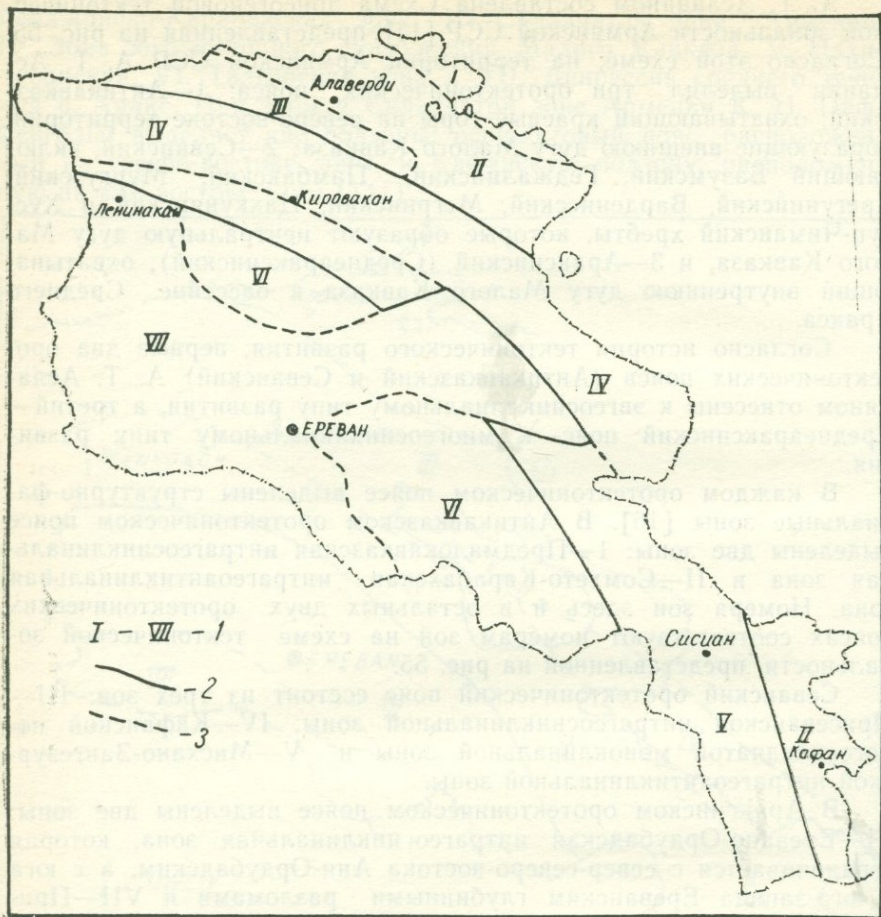


Рис. 56. Схема геотектонического районирования Армянской ССР, составленная А. А. Габриеляном. 1—Номера подзон; 2—границы зон; 3—границы подзон,

ны и подзоны [55]. Схема геотектонического районирования Армянской ССР, составленная А. А. Габриеляном, дана на рис. 56. Согласно этой схеме, на территории Армянской ССР выделены Сомхето-Кафанский пологоскладчатый тектонический комплекс, Базумо-Зангезурская интенсивно-складчатая шовная зона и Приараксинская умеренно-складчатая зона.

Сомхето-Кафанский пологоскладчатый тектонический комплекс делится на Сомхето-Карабахскую антиклинорную зону и Ка-

фанский сегмент. В Сомхето-Карабахской антиклинорной зоне А. А. Габриеляном выделены: I) Ноемберянская моноклиальная подзона; II—Алаверди-Шамшадинская подзона и III—Лорийская моноклиальная подзона. Номера подзон здесь и в дальнейшем соответствуют номерам тектонических подзон на схеме геотектонического районирования, представленной на рис. 56.

Базумо-Зангезурская интенсивно-складчатая тектоническая зона делится на: IV—Севано-Амасийскую подзону, которая представляет собственно Севано-Амасийскую офиолитовую зону, и V—Анкавано-Зангезурскую шовную подзону, которая охватывает Зангезурский, Гегамский, Цахкуняцкий хребты, а также южную часть Варденисского хребта и ограничена с обеих сторон глубинными разломами [55].

В Приараксинской умеренно-складчатой зоне А. А. Габриеляном выделены: VI—Ереван-Ордубадская подзона, в состав которой входят Ереван-Ордубадский синклиниорий, представляющий собой совокупность синклинориев второго порядка (Ереванского, Вединского, Ехегнадзорского, Ордубадского), разделенных небольшими антиклиналями, и Урц-Вайоцзорский антиклинорий, который является совокупностью Урцкого и Вайоцзорского блоков-антиклинориев, и VII—подзона межгорных наложенных орогенных молассовых впадин.

Указанные зоны и подзоны согласно А. А. Габриеляну разделяются региональными разломами глубокого заложения и являются тектоническими блоками земной коры разных рангов [55].

Таковы основные схемы тектонического районирования территории Армянской ССР. Кроме этих схем, имеется также ряд других (Г. Абиha, А. Гукасова, Л. А. Варданянца, Л. Н. Леонтьева, И. Г. Магакьяна, С. С. Мкртчяна и др.), которые здесь нами не приводятся.

б. Гравитационные зоны

Гравитационное поле в редукции Буге на территории Армянской ССР и всего Малого Кавказа в целом характеризуется отрицательными значениями аномалий силы тяжести. Имеется предположение, что наличие отрицательных аномалий силы тяжести на указанной территории может быть обусловлено или увеличением мощности гранитного слоя земной коры в этом регионе, или же процессами, происходящими в подкоровом слое, которые приводят к разуплотнению вещества в зонах поднятия [126, 127]. Первая из указанных причин, вызывающих отрицательные аномалии силы тяжести, нам представляется более существенной,

так как мощность гранитного слоя земной коры Армянского нагорья, определенная нами сейсмологическими методами, действительно имеет увеличенные значения [83].

В региональном плане на фоне отрицательных значений в гравитационном поле имеются области относительных максимумов и минимумов силы тяжести. Наиболее интенсивные отрицательные аномалии силы тяжести отмечены на всех основных возвышенностях и хребтах Армянского нагорья, к числу которых относятся Мокрые горы, г. Арагац, Гегамский, Варденисский и Зангезурский хребты и др. Наименьшими значениями отрицательных аномалий силы тяжести характеризуются Араратская котловина, Нахичеванская котловина и др. [127]. Ш. С. Оганисяном составлена схема расположения гравитационных зон на территории Армянской ССР и Нахичеванской АССР [127], которая представлена на рис. 57. На этой схеме в гравитационном поле рассмотренной территории Ш. С. Оганисян выделяет четыре зоны. При этом три из них являются зонами относительных максимумов аномалий силы тяжести: зона А—Среднеараксинская зона, зона Б—Алаверди-Иджеванская и зона В—Горис-Кафанская. Эти зоны не являются однородными, в них выделены подзоны [127]. Особенно неоднородной является Среднеараксинская зона, которая состоит из трех подзон: Октемберянской субмеридионального простиранья, Центральной и Нахичеванской общекавказского простиранья. Эти подзоны разделены полосами повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести. В Октемберянской подзоне отмечены четыре относительных локальных максимума (Мараликский, Арагацский, Октемберянский, Хербеклинский) и один минимум (Сабунчинский), причем оси как максимумов, так и минимума имеют субмеридиональное простиранье. В центральной подзоне интенсивных повышенных значений аномалий силы тяжести также выделены относительные локальные четыре максимума (Тазакюхский с осью общекавказского простиранья, Армашский и Велидагский с осями широтного простиранья, а также часть Вединского, расположенная на территории СССР) и один минимум—Ранчпарский северо-запад—юго-восточного простиранья. В Нахичеванской сравнительно однородной подзоне Ш. С. Оганисяном выделены относительные локальные три максимума (Хачикский с осью субмеридионального простиранья, Ордубадский и Тазакендский—общекавказского простиранья) и один неинтенсивный минимум—Лейджинский меридионального простиранья.

Вторая зона относительных максимумов аномалий силы тяжести—Алаверди-Иджеванская однородная зона расположена в северо-восточной части территории и занимает значительно мень-

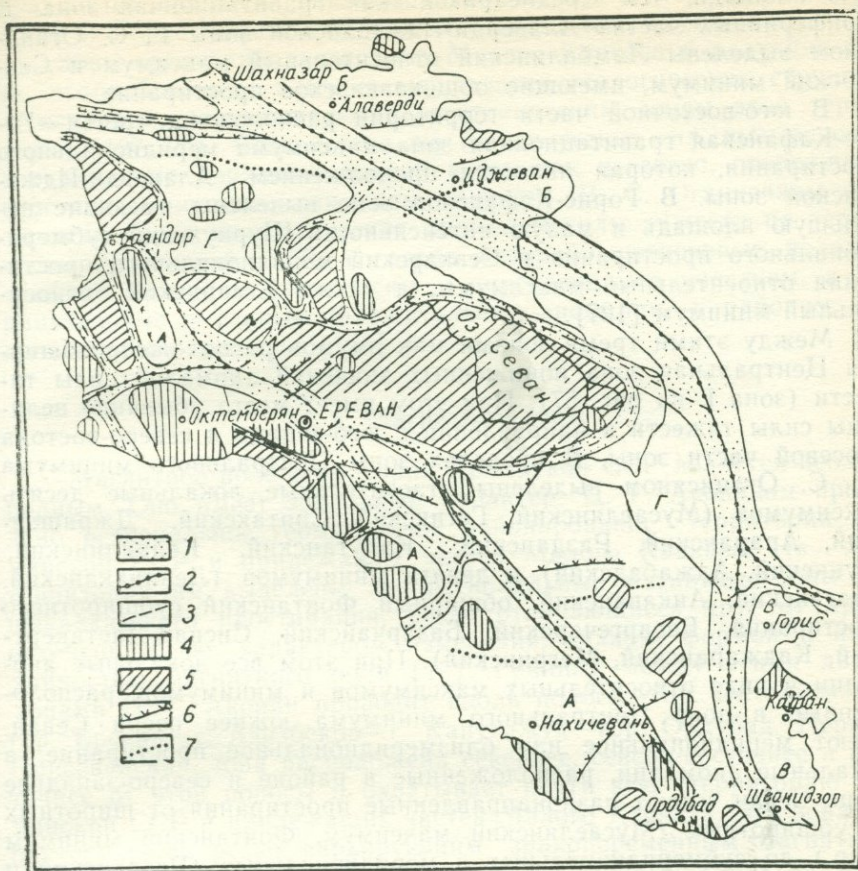


Рис. 51. Схема тектонического районирования Армянской ССР по гравиметрическим исследованиям, составленная Ш. С. Оганисяном. А, Б, В, Г—гравитационные зоны.

1. Зоны повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести. 2. Границы региональных гравитационных зон (разломы глубинного заложения). 3. Границы отдельных элементов гравитационного поля (разломы различного характера). 4. Относительные максимумы силы тяжести. 5. Относительные минимумы силы тяжести. 6. Оси локальных максимумов силы тяжести. 7. Оси локальных минимумов силы тяжести.

шую площадь, чем Среднеараксинская гравитационная зона. В периферийных частях Алаверди-Иджеванской зоны Г. С. Оганисяном выделены Ламбаалинский относительный максимум и Севкарский минимум, имеющие общекавказское простираие.

В юго-восточной части территории расположена третья—Горис-Кафанская гравитационная зона максимума меридионального простираия, которая является продолжением Алаверди-Иджеванской зоны. В Горис-Кафанской зоне выделены имеющие наибольшую площадь и малую интенсивность Шурнухский субмеридионального простираия и Севкарский меридионального простираия относительные максимумы, а также Егвардский относительный минимум [127].

Между этими тремя зонами максимумов расположена обширная Центральная зона пониженных значений аномалий силы тяжести (зона Г на рис. 57). При этом имеет место убывание величины силы тяжести в направлении с юго-запада и северо-востока к осевой части зоны. В пределах зоны Центрального минимума Ш. С. Оганисяном выделены относительные локальные десять максимумов (Мусаелянский, Гетикский, Спитакский, Джрашенский, Апаранский, Разданский, Капутанский, Келанлинский, Акунский, Аджабадский) и девять минимумов (Ленинаканский, Арагацский, Анкаванский, обширный Фонтанский субширотного простираия, Басаргечарский, Базарчайский, Сисиан-Дастакертский, Каджаранский, Мегринский). При этом все локальные аномалии в виде относительных максимумов и минимумов, расположенные в зоне Центрального минимума южнее озера Севан, имеют меридиональное или близмеридиональное простираие, а локальные аномалии, расположенные в районе и северо-западнее озера Севан, имеют разнонаправленные простираия от широтных и субширотных (Мусаелянский максимум, Фонтанский минимум и др.) до субмеридиональных и меридиональных (Разданский и Капутанский максимумы и др.). Следует отметить также, что отдельные локальные относительные максимумы в зоне Центрального минимума занимают значительно меньшие площади (25—200 кв. км), чем минимумы (100—2500 кв. км).

Указанные четыре гравитационные зоны на рис. 57 разделены полосами повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести. Баяндур-Артик-Ереван-Ордубадская полоса повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести протягивается между зонами Среднеараксинского относительного максимума и Центрального минимума, Шахназар-Мургузская полоса относительно повышенных градиентов силы тяжести является границей между зонами Центрального минимума и Алаверди-Иджеванского относительного максимума, а Шванидзор-Горисская полоса больших

градиентов является границей между зонами Центрального минимума и Горис-Кафанского относительного максимума.

Зоны гравитационного поля Малого Кавказа в редукции Буге, отображающего влияние морфологии геологических структур, в основном, соответствуют геотектоническим зонам этой территории [127, 25]. Воздействие же тектонических сил, вызывающих вертикальные движения земной коры, как известно, отображают изостатические аномалии силы тяжести. Ш. С. Оганисяном составлена карта изостатических аномалий силы тяжести на территории Армянской ССР, согласно которой интенсивные положительные аномалии приурочены к опускающимся участкам, а отрицательные и слабые положительные аномалии—к районам, испытывающим поднятие [128].

в. Магнитные зоны

Магнитное поле территории Армянской ССР является неоднородным. Оно имеет зональный характер. Ц. Г. Акопяном проведено региональное геомагнитное районирование территории Армянской ССР и прилежащих частей Малого Кавказа. На этой территории им выделены две региональные магнитные зоны общекавказского простирания, резко отличающиеся друг от друга интенсивностью, характером изменения, знаком, формой и изрезанностью магнитного поля [10]. Границу между этими двумя зонами Ц. Г. Акопян проводит вдоль полосы: гор. Октемберян—гор. Ереван—с. Азизбеков—г. Капутджух—гор. Ордубад. Первая, Присеванская, зона расположена севернее, северо-восточнее и восточнее от этой полосы и охватывает почти всю территорию Армянской ССР и прилежащих частей Малого Кавказа. Эта зона характеризуется резко варьирующим, знакопеременным магнитным полем, форма которого имеет сильно изрезанный характер. Магнитное поле Присеванской зоны в целом аномальное, причем имеются значительные по интенсивности и размерам положительные и отрицательные аномалии. Вторая, Приараксинская, зона расположена южнее, юго-западнее и западнее от пограничной полосы и охватывает юго-восточную часть Араратской низменности и Нахичеванскую АССР. Приараксинская зона, в отличие от Присеванской, характеризуется спокойным, близким к нулевым значениям безградиентным магнитным полем с наличием как положительных, так и отрицательных аномалий [10].

Указанные две зоны Ц. Г. Акопян расчленил на подзоны. При этом в Присеванской зоне он выделил четыре, а в Приараксинской—две подзоны. Все подзоны имеют северо-западное, общекав-

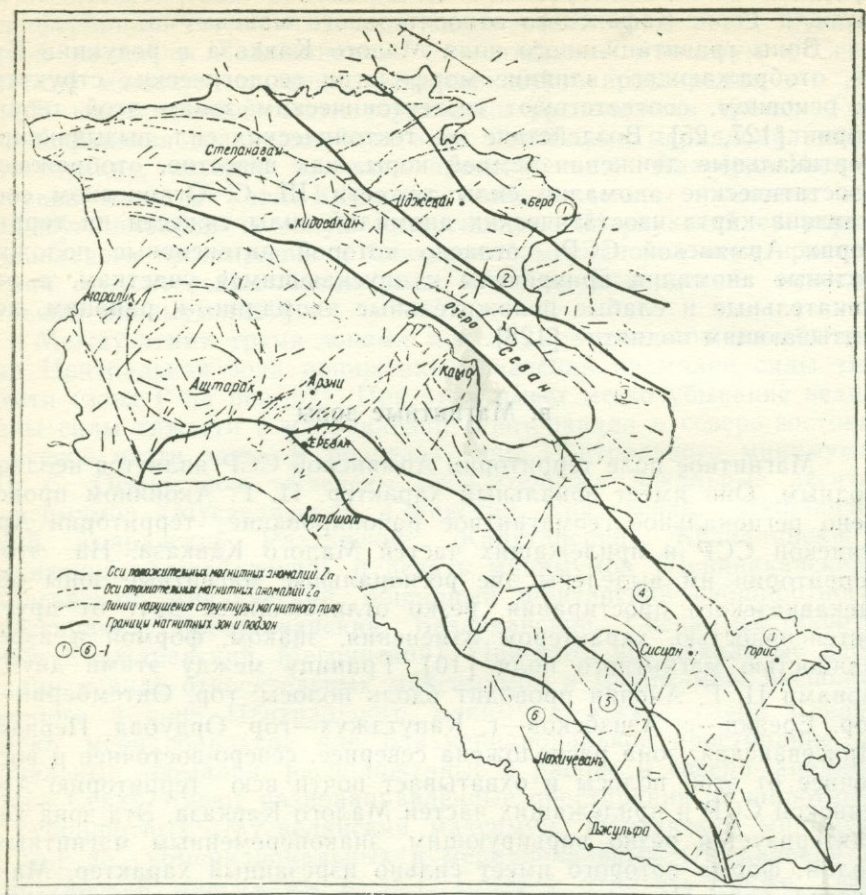


Рис. 58. Схема районирования территории Армянской ССР по магнитометрическим исследованиям, составленная Ц. Г. Акопяном, 1—номера подзон.

казское простираение. Границы магнитных зон и подзон показаны на рис. 58, где дана составленная Ц. Г. Акопяном схема расположения магнитных зон и подзон, а также осей положительных и отрицательных аномалий вертикальной составляющей магнитного поля. На схеме показаны также линии нарушения структуры магнитного поля.

В Присеванской зоне в направлении с северо-востока к юго-западу выделены следующие подзоны (номера подзон соответ-

вуют номерам магнитных подзон на рис. 58): 1) Кохб-Мосесская, имеющая весьма неоднородное, в основном положительное магнитное поле с наличием очень интенсивных положительных и отрицательных аномалий Z_a (до 2000 гамм). Эта подзона характеризуется относительно слабоградиентным положительным полем ΔT_a ; 2) Шамлуг-Иджеванская, имеющая в основном отрицательное магнитное поле с наличием в центральной и юго-восточной частях подзоны отрицательных аномалий $Z_a \leq 500$ гамм. Локальные положительные аномалии в этой подзоне $Z_a = 1500-2000$ гамм. Шамлуг-Иджеванская подзона характеризуется пониженными слабоотрицательными значениями магнитного поля ΔT_a ; 3) Степанаван-Зодская, имеющая сложное магнитное поле с наличием разнонаправленных положительных и отрицательных аномалий Z_a . Аномальное магнитное поле ΔT_a этой подзоны имеет относительно повышенный, беспокойный характер; 4) Артик-Каджаранская, магнитное поле которого характеризуется очень интенсивными как положительными, так и отрицательными аномалиями Z_a , достигающими нескольких тысяч гамм. При этом в подзоне преобладают положительные аномалии Z_a . Они сосредоточены в районе г. Арагац, на участке Кировакан—Севан, на Гегамском, Варденисском и Зангезурском хребтах. Аномальное магнитное поле ΔT_a этой подзоны характеризуется резко варьирующими, интенсивными положительными и отрицательными значениями ΔT_a [10].

Приараксинская зона имеет спокойное магнитное поле ΔT_a со средним уровнем на высоте 400—600 м, близким к нулевым значениям. В Приараксинской зоне Ц. Г. Акопян выделил: 5) Ереван-Ордубадскую и 6) Октемберян-Джультинскую подзоны. Ереван-Ордубадская подзона имеет спокойное отрицательное магнитное поле Z_a . На этом общем фоне пониженных отрицательных значений в подзоне имеются отдельные узколокальные неинтенсивные положительные и отрицательные аномалии Z_a . Октемберян-Джультинская подзона характеризуется спокойным, в основном, положительным магнитным полем, в котором значения относительных максимумов Z_a не превосходят 500 гамм.

В дальнейшем С. Н. Назаретян на основании детальных данных аэромагнитных карт и собственных исследований границу между Присеванской и Приараксинской зонами на юго-востоке территории проводит по направлению гор. Нахичеван—гор. Джульфа [123].

Между магнитным полем и тектонической зональностью территории Армянской ССР установлена определенная связь [10, 123, 25].

Геотермическое поле Армянской ССР имеет сложный характер [116]. Изменение геотермического градиента на территории республики происходит в большом диапазоне значений. Однако геотермическое поле этой территории имеет определенную зональность. Р. Т. Мириджаняном проведено геотермическое районирование территории Армянской ССР, схема которого представлена на рис. 59 [118]. Согласно этой схеме, на территории Армянской ССР Р. Т. Мириджаняном выделены геотермические зоны с минимальными (фоновыми) значениями геотермического градиента и плотности теплового потока (на рис. 59 эти зоны обозначены цифрой 1), зоны со средними значениями геотермического градиента и плотности теплового потока (зоны II на рис. 59) и зоны с повышенными значениями геотермического градиента и плотности теплового потока (зоны III на рис. 59). Как следует из схемы геотермического районирования, зона с повышенными значениями геотермического градиента и плотности теплового потока занимает центральную часть территории Армянской ССР и в виде полосы общекавказского простираения протягивается с северо-запада на юго-восток. В этой полосе имеются две области с аномально высокими значениями плотности теплового потока. Это районы Джермука и Анкавана, где геотермический градиент имеет значения, соответственно, $8,2\text{—}21^{\circ}\text{C}$ на 100 м и $7,6\text{—}17,0^{\circ}\text{C}$ на 100 м [116, 117].

Зоны с минимальными (фоновыми) значениями геотермического градиента и плотности теплового потока занимают северную, северо-восточную и юго-западную части территории республики, а также Араратскую депрессию, включая Ереванскую котловину.

Зона со средними значениями геотермического градиента и плотности теплового потока занимает относительно небольшую область, охватывающую районы Кафана, Гориса и Сисиана [118].

По данным А. А. Аветисянца [3, 4] и Р. Т. Мириджаняна [117, 118] Г. А. Чернявским, В. О. Яникяном и Р. Т. Мириджаняном построена карта тепловых потоков Армянской ССР [174]. На карте значения теплового потока даны в $\text{мккал/см}^2\text{сек}$. Тепловой поток изменяется в большом диапазоне значений, благодаря чему авторы карты приходят к заключению о резкой энергетической неоднородности недр территории Армении. Но в то же время они отмечают весьма четкую закономерность в распределении теплового потока по территории республики, а именно: изолинии теплового потока со значениями от $2,0 \text{ мккал/см}^2\text{сек}$ и выше расположены в центральной полосе территории, в основном совпадающей с Мисхано-Зангезурской геоантиклинальной зоной,

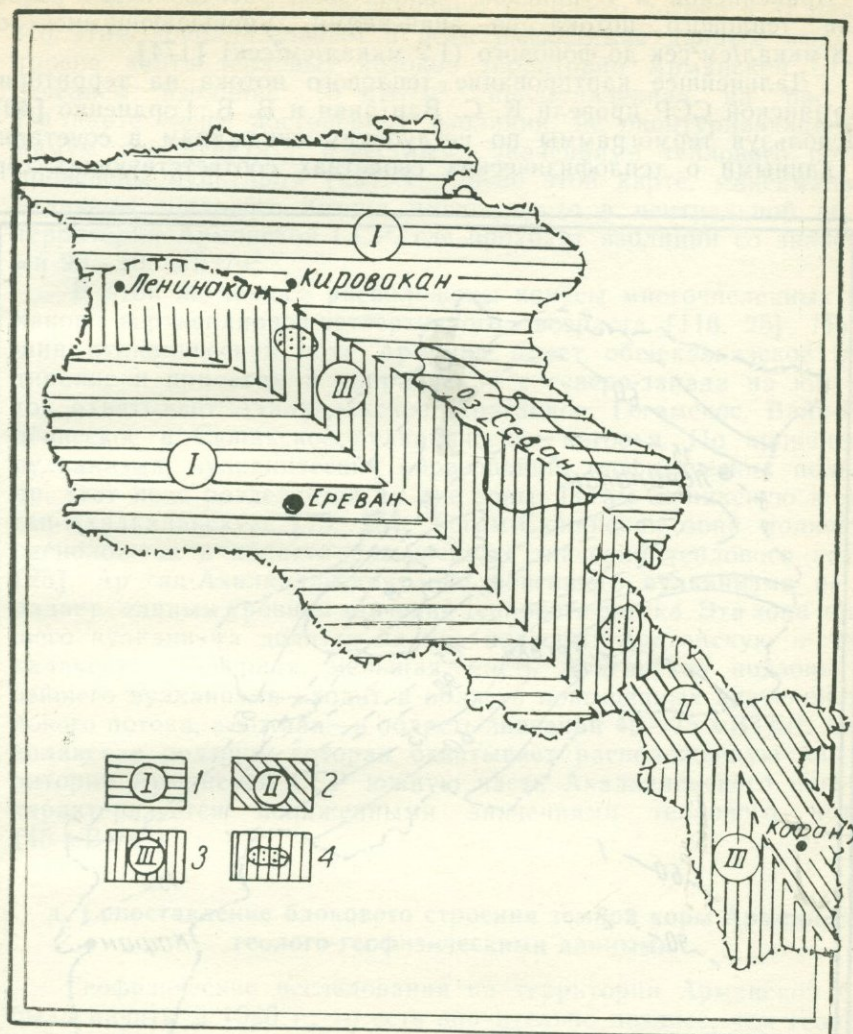


Рис. 59. Схема геотермического районирования Армянской ССР, составленная Р. Т. Мириджаняном. Зоны со значениями геотермического градиента и плотности теплового потока: 1—минимальными (фоновыми), 2—средними, 3—повышенными, 4—районы аномально высокой плотности теплового потока.

а к юго-западу и северо-востоку от этой полосы, в направлении к Араксинской и Куринской депрессиям, расположены изолинии теплового потока со значениями, уменьшающимися от 1,8 мккал/см²сек до фонового (1,2 мккал/см²сек) [174].

Дальнейшее картирование теплового потока на территории Армянской ССР провели К. С. Варганян и В. В. Гордиенко [40]. Используя термограммы по неглубоким скважинам в сочетании с данными о теплофизических свойствах соответствующих гор-



Рис. 60. Карта тепловых потоков территории Армянской ССР.

1—изолинии теплового потока; 2—изолинии теплового потока, менее достоверные.

ных пород, они получили величины теплового потока в 31 пункте. По этим дополнительным и всем имеющимся данным ими построена карта тепловых потоков территории Армянской ССР с сечением изолиний 15 мВт/м^2 , представленная на рис. 60. На карте менее достоверные изолинии, не оконтуривающие минимум три пункта с известными значениями теплового потока, проведены пунктиром [40]. Согласно этой карте, максимальные величины теплового потока имеют место в центральной полосе территории Армянской ССР, где проходят изолинии со значениями $90\text{—}105 \text{ мВт/м}^2$.

В этой же полосе расположены конусы многочисленных вулканов верхнеплиоцен-четвертичного возраста [116, 25]. Новейший вулканический пояс Армении имеет общекавказское простирание и при этом в направлении с северо-запада на юго-восток охватывает Ахалкалакское, Арагацкое, Гегамское, Вайк-Варденисское и Сюникское вулканические нагорья. По проявлению вулканизма, вулканических образований, геофизических полей и др. этот пояс разделяется на две зоны: Гегам-Сюникскую и Арагац-Ахалкалакскую [75, 25]. Гегам-Сюникская зона полностью расположена в области повышенных значений теплового потока [25]. Арагац-Ахалкалакская зона новейшего вулканизма не обладает единым уровнем значений теплового потока. Эта зона новейшего вулканизма делится на две подзоны: Арагацскую и Ахалкалакскую. Северная, меньшая, часть Арагацской подзоны новейшего вулканизма входит в область повышенных значений теплового потока, а южная—в область значений $45\text{—}75 \text{ мВт/м}^2$. Ахалкалакская подзона, которая охватывает расположенную на территории Армянской ССР южную часть Ахалкалакского нагорья, характеризуется пониженными значениями теплового потока (45 мВт/м^2).

д. Сопоставление блокового строения земной коры Армении с геолого-геофизическими данными

Геофизические исследования на территории Армянской ССР были начаты в 1926 г., то есть значительно позднее, чем геологические. Однако до 1945 г. они носили несистематический, разрозненный характер. Начиная с 1945 г. происходит активизация работ по геофизическому изучению территории республики. В настоящее время имеются схемы районирования территории Армянской ССР по данным гравиметрических, магнитометрических, геотермических исследований, которые приведены в настоящей работе. Согласно этим схемам, в большинстве случаев отмечается обратное соотношение между магнитными и гравитационными

аномалиями, а именно локальному минимуму одного поля соответствует максимум другого поля [16, 127]. Так, например, центральная часть территории Армянской ССР (в основном Анкаван-Зангезурская тектоническая зона) характеризуется крупными положительными магнитными аномалиями и пониженными значениями аномалий силы тяжести. Эта же зона характеризуется повышенными значениями теплового потока и геотермического градиента [25, 116, 123].

Представляет интерес сопоставление границ блоков трех порядков согласно схеме блокового строения земной коры Армянского нагорья с границами тектонических, гравитационных, магнитных и геотермических зон и подзон.

При сопоставлении схемы блокового строения земной коры Армянского нагорья со схемой структурно-тектонического районирования Малого Кавказа, составленной К. Н. Паффенгольцем [141], следует отметить, что границы блоков земной коры совпадают с границами тектонических зон не по всей их длине, а в отдельных ее частях. Так, например, границы блоков первого порядка совпадают в отдельных частях с границами между Нахичеванской зоной и депрессией среднего течения р. Аракс, между зоной юго-восточного погружения Малого Кавказа и Армянской зоной, между зоной юго-восточного погружения Малого Кавказа и Сомхето-Ганджинско-Карабахской зоной, а также между Аджаро-Триалетской и Сомхето-Ганджинско-Карабахской зонами; границы блоков второго порядка совпадают в отдельных частях с границами между Армянской и Нахичеванской зонами, между депрессией среднего течения р. Аракс и Армянской зоной, а также между депрессией среднего течения р. Аракс и Нахичеванской зоной; границы блоков третьего порядка совпадают в отдельных частях с границами между Сомхето-Ганджинско-Карабахской и Армянской зонами, между Нахичеванской и Армянской зонами, а также с границами депрессии среднего течения р. Аракс с Нахичеванской и Армянской зонами.

При сопоставлении схемы блокового строения земной коры Армянского нагорья с составленной А. Т. Асланяном схемой до-неогеновой тектонической зональности Армянской ССР [16] можно отметить, что границы только четырех блоков первого порядка частично проходят через территорию республики. При этом границы двух блоков простираются в северо-западном (общекавказском), а двух остальных блоков—в северо-восточном направлениях. Как следует из рис. 48 и 55, границы блоков первого порядка не полностью совпадают с границами тектонических зон. Границы блоков второго порядка в основном не совпадают с границами тектонических зон. Исключениями в этом случае являются

Антикавказский оротектонический пояс, граница которого с Севанским оротектоническим поясом примерно проходит частично по границе блока второго порядка и частично по границе блока третьего порядка, а также граница между Предмалокавказской интерагеосинклинальной и Сомхето-Карабахской интерагеоантиклинальной зонами, которая частично проходит по границе блока второго порядка. Из границ блоков третьего порядка представляет интерес та, которая совпадает с границей между Присеванской интрагеосинклинальной и Кафанской интрагеоантиклинальной зонами.

При сопоставлении схемы блокового строения земной коры Армянского нагорья со схемой геотектонического районирования Армянской ССР, составленной А. А. Габриеляном [55], можно отметить, что и в этом случае границы блока одного порядка не полностью совпадают с границами одной тектонической зоны или подзоны. Так, например, граница между Анкавано-Зангезурской подзоной и Приараксинской умеренно складчатой зоной совпадает с частью границы блока второго порядка, которая одновременно является границей выделенного в его пределах блока третьего порядка. Вторая граница этого блока третьего порядка совпадает с границей между Севано-Амасийской офиолитовой и Анкавано-Зангезурской подзонами в районе северо-западного побережья оз. Севан. Два сильных землетрясения с магнитудой $4\frac{1}{2}$, происшедшие в одной очаговой зоне в этом районе с интервалом в 92 года (Чибухлинское землетрясение 1853 г. и Севанское землетрясение 1945 г.), согласно направленности первой изосейсты балльности, имели одинаково направленные плоскости разрывов в очагах с простираанием вдоль этой границы блока третьего порядка. Другая часть границы указанного выше блока второго порядка совпадает с границей между подзоной наложенных орогенных молассовых впадин и Еревано-Ордубадской подзоной.

При сопоставлении схемы блокового строения земной коры Армянского нагорья со схемой гравитационных зон и подзон на территории Армянской ССР, составленной Ш. С. Оганисяном [127] и представленной на рис. 57, можно отметить, что границы блоков первого порядка только в одном случае примерно совпадают с границей гравитационных зон, а именно с полосой повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести, разделяющей Среднеараксинскую зону относительных максимумов аномалий силы тяжести от Центральной зоны пониженных значений аномалий силы тяжести. Границы блоков земной коры второго порядка в отдельных случаях соответствуют полосам повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести между относительными локальными минимумами или максимумами в Центральной зоне

пониженных значений аномалий силы тяжести (между Фонтанским минимумом и Разданским максимумом, между Фонтанским и Анкаванским минимумами и др.), а также в Среднеараксинской зоне относительных максимумов аномалий силы тяжести (например, между Арагацским относительным максимумом и Сабунчинским относительным минимумом и др.). Границы блоков третьего порядка в отдельных случаях совпадают с зонами между осями локальных максимумов и минимумов силы тяжести (например, в области между осью локальных максимумов силы тяжести, проходящей через Мусаелянский относительный максимум и расположенной южнее осью локальных минимумов силы тяжести; между указанными осями в центральной части Нахичеванской подзоны и др.).

При сопоставлении схемы блокового строения земной коры Армянского нагорья со схемой районирования территории Армянской ССР по магнитометрическим исследованиям, представленной на рис. 58, можно отметить, что границы блоков первого порядка в основном не совпадают с границами магнитных зон и подзон. Только в отдельных частях границы Артик-Каджаранской магнитной подзоны с Ереван-Ордубадской и Октемберян-Джультинской подзонами совпадают с границами блоков первого порядка. С линиями нарушения структуры магнитного поля в районах Джультфа-Сисиан и между Аштараком и Арзни совпадают имеющие северо-восточное простираение границы блоков первого порядка. Линия нарушения структуры магнитного поля, протягивающаяся от гор. Еревана к оз. Севан, совпадает с границей блока второго порядка, а расположенная юго-западнее Маралика—совпадает с границей блока первого порядка, которая одновременно является границей блока второго порядка. С некоторыми линиями нарушения структуры магнитного поля совпадают также границы блоков третьего порядка. К их числу относятся линии нарушения структур магнитного поля северо-восточного простираения, расположенные юго-восточнее Камо, Арташата и др. С границами блоков третьего порядка в отдельных частях совпадают также границы некоторых магнитных подзон (между Степанаван-Зодской и Шамлуг-Иджеванской подзонами, между Степанаван-Зодской и Артик-Каджаранской подзонами и др.).

При сопоставлении схемы блокового строения земной коры Армянского нагорья со схемой геотермического районирования территории Армянской ССР, представленной на рис. 59, можно отметить, что только северо-западная граница южной части зоны III с повышенными значениями геотермического градиента и плотности теплового потока примерно совпадает с границей бло-

ка первого порядка. Границы блоков второго порядка вообще не совпадают с границами геотермических зон. Северо-восточная граница северной части зоны III с повышенными значениями геотермического градиента и плотности теплового потока в основном совпадает с границами блоков третьего порядка.

Полученные при сопоставлении схемы блокового строения земной коры со схемами районирования Армянской ССР по геологическим и геофизическим данным результаты могут быть использованы также при детальном сейсмическом районировании территории Армянской ССР.

§ 5. ВОЗНИКНОВЕНИЕ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ

Землетрясения являются следствием процессов, происходящих в недрах Земли. Следовательно, для того, чтобы иметь возможность прогнозировать землетрясения, необходимо определить, какие именно процессы в земной коре и литосфере ведут к возникновению землетрясений, т. е. определить механизм возникновения землетрясений.

С целью выявления зависимости возникновения землетрясений на территории Армении от геологических условий географическое распределение землетрясений исследователями Кавказа связывалось с теми или иными особенностями геологического строения этой территории.

Первая попытка установления связи очагов Кавказских землетрясений с общей дислокацией региона была сделана Михалевским в 1926 г. Затем в 1935 г. Л. А. Варданянц опубликовал работу по сейсмотектонике Кавказа, в которой он в результате сопоставления выявленных им вероятных сейсмических очагов с тектоническим строением сейсмических областей пришел к выводу, что землетрясения приурочены к пограничным зонам между молодыми поднятиями и погруженными, к местам поперечных и продольных дислокаций, осложняющих основную структуру, к местам, где разломы затухают или где начинается оживление старых разломов, а также к узлам пересечения более древних и более молодых дислокационных зон [39]. В последнем случае, как отмечает Л. А. Варданянц, наблюдается наибольшая активность и интенсивность сотрясений и наибольшая площадь территории, в пределах которой ощущается землетрясение.

В результате исследования сейсмотектоники Армении и прилежащих частей Малого Кавказа К. Н. Паффенгольц пришел к выводу, что причина землетрясений на исследуемой территории—поднятие гор и опускание впадин, обусловленное эпейрогенезом, заканчивающим формирование горного сооружения Ма-

лого Кавказа, процесс которого начался после третичной складчатости и продолжается в настоящее время [140]. Согласно К. Н. Паффенгольцу, все сейсмические очаги в зависимости от тектонического строения участков, к которым они приурочиваются, могут быть разделены на два типа. Первый тип очагов совпадает с крупными разрывами—границами геотектонических комплексов. Это очаги наиболее сильных землетрясений. Ко второму типу К. Н. Паффенгольц относит очаги, которые приурочены к более или менее сложным структурам, расположенным внутри геотектонических комплексов.

В 1952 г. В. В. Белоусовым, И. В. Кирилловой и А. А. Сорским была составлена схема сопоставления тектоники с сейсмичностью Кавказа, согласно которой эпицентры разрушительных землетрясений (или плейстосейстовые области) расположены на границах областей поднятий и опусканий [26].

В результате сопоставления сейсмичности отдельных зон Кавказа, определенной по инструментальным и макросейсмическим данным, с тектоникой нами был сделан вывод, что очаги землетрясений в основном приурочены к границам поднятий и опусканий или же к разрывам [80].

Очаги землетрясений, согласно А. Т. Асланяну, приурочены к границам зон новейших поднятий и погружений, к областям сочленения различно ориентированных складчатых систем и к участкам омоложенных разрывов и флексур [15].

И. В. Кирилловой, Е. Н. Люстихом, В. А. Растворовой, А. А. Сорским и В. Е. Ханном при детальном анализе геотектонического развития и сейсмичности Кавказа была установлена зависимость сейсмической активности от частоты перестройки тектонического плана, характера новейших движений, их относительно возраста и, самое главное, контрастности новейших тектонических движений [105]. В результате проведенного детального анализа они пришли к выводу, что сейсмические зоны, имеющие общекавказское простирание, связаны с глубинными разломами меньшей глубины заложения, а сейсмические зоны, простирание которых направлено вкрест общекавказскому или под значительным углом к нему, приурочены к глубинным разломам более глубокого заложения. При этом районы, где эти зоны в плане перекрещиваются, отличаются наибольшей сейсмичностью [105].

А. А. Габриелян считает, что очаги землетрясений Армении генетически связаны с разрывными нарушениями кавказского и антикавказского пространства, а очаги наиболее крупных (семь и более баллов) землетрясений приурочены к районам, испытавшим неоднократную перестройку тектонического плана и харак-

теризующимся высокой активностью новейших движений дифференциального характера [51, 52, 55].

Выделение сейсмоопасных зон в Альпийской складчатой области, в том числе и на Кавказе, проведено Б. А. Борисовым, Г. И. Рейснером и В. И. Шолпо путем суммарного учета различных геолого-геофизических характеристик [28]. При выделении сейсмоопасных зон использован предложенный ими формальный метод обработки геологических данных, согласно которому из всех геологических признаков выбираются такие, средние значения которых различны для районов с различным ощущаемым уровнем сейсмичности (т. е. магнитудой землетрясений), а прогнозируемая максимальная магнитуда представляется в виде суммы функций, каждая из которых зависит от одной геологической характеристики. При этом авторы формального метода исходят из того, что землетрясения возникают вследствие возникновения разрывов или при возобновлении разрывов, разделяющих блоки земной коры [28].

Связь очагов землетрясений Армянского нагорья с разломами земной коры этой территории установлена также исследованиями зарубежных ученых [148, 185—190, 196, 197, 201, 202, 213, 215 и др.].

Крупный японский сейсмолог профессор Кэити Касахара считает, что «одним из наиболее значительных достижений современной сейсмологии стало безоговорочное признание того факта, что землетрясения, особенно мелкие, порождаются разломами земной коры» [99].

Однако разломы являются сейсмоактивными не по всей своей протяженности, а лишь в отдельных частях, отрезках длины, которые являются пограничными зонами между блоками. По-видимому, и поэтому ни одна схема тектонического или геофизического районирования, как было показано выше, полностью не совпадает со схемой блокового строения земной коры Армянского нагорья.

Важным шагом в сейсмологии, позволяющим ближе подойти к решению проблемы механизма возникновения землетрясений, является переход от модели сплошной упругой среды к новой модели геофизической среды [150, 154, 156], пригодной для описания сейсмического режима и объяснения хода сейсмического процесса [151, 155, 64]. Отличительными характеристиками геофизической среды являются свойственная ей закономерность неэрархической дискретности и ее постоянное деформирование [150, 155, 156].

Полученная нами схема блокового строения земной коры Армянского нагорья показывает, что земная кора исследуемой

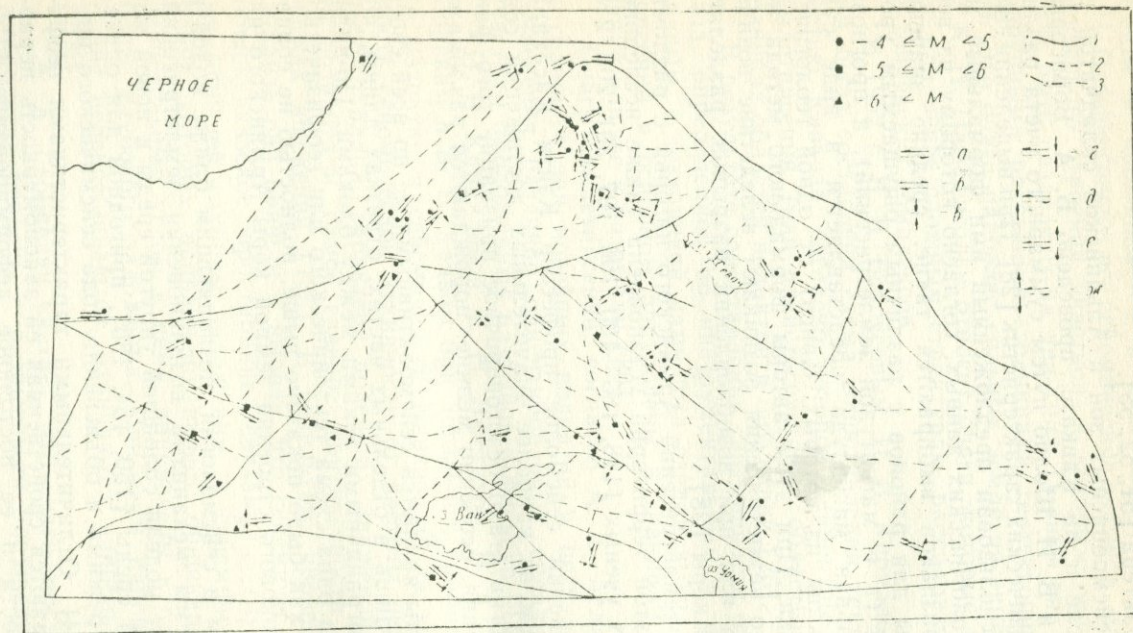


Рис. 61. Схема блокового строения с указанием подвижек в очагах землетрясений Армянского нагорья. Границы блоков: 1—первого порядка, 2—второго порядка, 3—третьего порядка. Подвижки в очагах: а) правосторонний сдвиг, б) левосторонний сдвиг, в) взброс или надвиг, г) сдвиго-взброс, д) взбросо-сдвиг, е) сдвиго-сброс, ж) сбросо-сдвиг.

территории представляет собой не сплошную упругую среду, а состоит из блоков с преимущественными характерными размерами, то есть обладает основным свойством геофизической среды. Блоки находятся в движении относительно друг друга. Движение блоков вызывает землетрясения в пограничных ослабленных зонах между блоками, а землетрясения в свою очередь влияют на движение блоков. Для определения взаимодействия между блоками земной коры нами использованы результаты определений механизма очагов землетрясений. Движение выделенных блоков в земной коре относительно друг друга, как это следует из результатов анализа определенных механизмов очагов землетрясений, происходит в разных направлениях и имеет различный характер. Полученные данные о характере подвижки и о движениях верхнего крыла разрыва в очагах рассмотренных землетрясений с $M \geq 4$ приведены в табл. 30. Согласно этим данным, на рис. 61, на схеме блокового строения исследуемой территории, различными условными знаками показаны имевшие место в очагах землетрясений сдвиги, сдвига-взбросы, сдвига-сбросы, взбросы или надвиги, взбросо-сдвиги, а также сбросо-сдвиги. Согласно данным табл. 30 и рис. 61, на территории Армянского нагорья имеют место, в основном, чистые сдвиги или же сдвиги совместно со сбросами, взбросами и надвигами. Из рассмотренных 68 землетрясений с $M \geq 4$ в очагах 27 землетрясений произошли сдвиги, 23 землетрясения—сдвиги со сбросами, взбросами или надвигами, 14—сбросы, взбросы или надвиги со сдвигами и только в очагах четырех землетрясений произошли чистые взбросы или надвиги, причем из них очаги трех землетрясений расположены в Ереванском регионе.

Как следует из рис. 61, относительное движение блоков, слагающих земную кору Армянского нагорья, имеет сложный характер. Однако при этом отмечаются некоторые определенные закономерности, а именно, движение блоков, пограничными зонами которых являются Северо-Анатолийский и Восточно-Анатолийский разломы, в основном имеет характер чистых сдвигов, а если границами блоков являются ответвления этих разломов, то движение блоков имеет характер или чистых сдвигов, или же сдвигов со сбросами, взбросами или надвигами; движения типа чистых взбросов отмечены на границах блоков, разрывах северо-восточного и близмеридионального простираний, а надвиги, взбросы и сбросы со сдвигами были отмечены на границах блоков, разрывах северо-западного, северо-восточного, а также близширотного простирания.

Согласно приведенным в табл. 30 данным по направлениям и знакам движения верхнего крыла разрыва в очагах землетрясе-

Механизмы очагов землетрясений с $M \geq 4$

№№ регио- нов	Дата и время воз- никновения земле- трясения число, месяц, год, ч, мин	Координаты эпицентра		Магни- туда	Механизм очага (характер подвижки)	Направлен. движения, азимут A°	Движение верхнего крыла раз- рыва в очаге
1	2	3	4	5	6	7	8
I	19/I 1979 23 36	40 01	30 26	4 ³ / ₄	Сдвиг	89	+
	18/X 1980 03 14	40 02	40 15	4 ³ / ₄	—>—	80	+
II	31/VIII 1965 07 29	39 22	40 47	5 ¹ / ₂	—>—	296	+
	19/VIII 1966 12 22	39 10	41 34	6 ³ / ₄	Сдвиго-сброс	104	—
	26/VII 1967 18 53	39 32	40 23	6	Сдвиго-взброс	298	+
	18/IX 1968 06 17	39 49	40 14	4 ¹ / ₂	Сдвиг	62	+
	24/IX 1968 04 19	39 11	40 17	5	Сдвиго-сброс	121	—
	10/IX 1969 12 14	39 15	41 23	5 ¹ / ₄	—>—	132	—
	22/V 1971 16 44	38 51	40 31	6 ³ / ₄	Сдвиг	228	—
	6/IX 1975 09 20	38 31	40 40	6 ³ / ₄	Взбросо-сдвиг	42	+
III	20/V 1959 19 49	41 52	41 52	5 ¹ / ₄	Сдвиг	30	+
	3/I 1970 06 54	41 49	43 23	4 ³ / ₄	Сдвиго-взброс	58	+
	18/VI 1977 14 32	41 50	43 53	4	Сдвиг	254	—
	22/VIII 1978 22 48	41 50	44 00	4 ¹ / ₄	Сдвиго-взброс	306	+
IV	29/III 1961 07 29	40 47	42 30	4 ¹ / ₂	Сдвиго-сброс	236	—
	9/X 1963 04 36	40 00	43 00	4 ¹ / ₂	Надвиг	310	+
	25/V 1968 00 29	40 44	42 12	4 ³ / ₄	Сдвиг	224	—
	22/III 1972 00 51	40 24	42 12	4 ¹ / ₂	—>—	277	+
	21/IV 1976 21 58	40 46	42 08	4 ¹ / ₄	Сбросо-сдвиг	266	—
	29/IV 1976 22 18	40 55	42 49	5	Сдвиго-взброс	57	+
	25/IV 1980 00 57	40 44	42 18	4	Сдвиг	222	—
	30/X 1983 04 12	40 20	42 11	6 ³ / ₄	—>—	31	+
V	5/VI 1964 00 11	39 08	43 12	4 ³ / ₄	Взбросо-сдвиг	287	+
	27/IV 1966 19 48	38 08	42 31	5	Сдвиго-сброс	127	—
	29/IV 1968 17 01	39 14	44 14	5 ¹ / ₂	Сдвиг	332	+
	17/II 1970 02 59	38 39	43 22	4 ¹ / ₂	—>—	282	+
	16/VII 1972 02 46	38 14	43 22	4 ³ / ₄	—>—	88	+
	12/III 1974 06 53	38 25	43 58	4 ¹ / ₂	Взбросо-сдвиг	325	+
	12/I 1976 22 41	38 37	43 10	4 ³ / ₄	Сдвиг	51	+
	24/XI 1976 12 22	39 03	44 02	7	Сдвиго-взброс	309	+
	11/IV 1979 12 14	39 08	43 50	4 ¹ / ₂	—>—	282	+
VI	16/V 1958 09 18	41 14	43 49	4 ¹ / ₂	Надвиго-сдвиг	59	+
	31/V 1958 03 50	41 24	43 55	4 ³ / ₄	Взбросо-сдвиг	340	+
	3/XII 1961 18 31	41 02	44 05	5	Сдвиг	6	+
	30/I 1967 01 20	40 54	44 09	5	Взбросо-сдвиг	335	+
	29/VI 1967 08 22	41 24	43 52	4 ¹ / ₂	Сдвиг	210	—
	8/IX 1971 22 35	41 16	43 59	4 ¹ / ₂	—>—	145	—
	30/III 1974 00 34	41 24	43 58	4	Сдвиго-взброс	44	+
	2/I 1978 06 31	41 24	44 07	5 ¹ / ₄	—>—	353	+

1	2	3	4	5	6	7	8
VII	17 I 1978 19 12	40 51	44 24	4	Сдвига-издвиг	320	+
	17 XII 1983 00 14	41 12	44 01	4 ¹ / ₄	Взбросо-сдвиг	330	+
	4 IX 1962 22 59	39 53	44 06	5 ¹ / ₄	Сдвиг	316	+
	9 X 1962 06 56	39 36	44 42	4	Сдвига-сброс	149	—
	16 VI 1973 08 59	40 15	44 31	4	Взброс	358	+
	2 IV 1976 16 : 8	39 51	43 41	4 ³ / ₄	Взбросо-сдвиг	341	+
	30 IX 1977 16 50	39 42	44 45	4 ¹ / ₂	—»—	370	+
	25 II 1978 08 25	40 12	44 24	4	Взброс	354	+
	2 VIII 1984 05 52	40 11	44 19	4	Надвиго-сдвиг	5	+
	18 IV 1985 16 34	39 43	44 38	4	Взброс	353	+
VIII	30 X 1954 23 43	40 08	45 56	4 ³ / ₄	Надвиго-сдвиг	8	+
	18 II 1963 14 03	40 09	46 50	4 ¹ / ₄	Взбросо-сдвиг	308	+
	5 II 1964 10 24	40 24	46 04	4	—»—	83	+
	28 X 1980 16 52	40 19	45 52	4	Сдвиг	332	+
	11 XII 1980 00 14	40 11	46 03	4 ¹ / ₂	Сдвига-взброс	301	+
IX	31 XII 1963 15 18	38 40	45 25	4 ¹ / ₂	Сдвиг	135	—
	9 VI 1968 00 56	39 16	46 06	5	Сдвига-взброс	6	+
	14 III 1970 01 51	38 37	44 42	5 ¹ / ₄	Сдвига-сброс	124	—
	21 XI 1979 15 36	38 10	47 08	4 ¹ / ₂	—»—	265	—
	25 III 1980 03 57	38 38	45 38	4 ¹ / ₄	Сдвиг	30	+
	16 V 1980 03 05	38 51	45 54	4 ¹ / ₄	Сдвига-взброс	338	+
	10 X 19 0 11 09	38 30	45 38	4 ¹ / ₄	Сдвига-надвиг	70	+
	29 XII 1980 21 52	38 24	44 55	4 ¹ / ₄	Сдвиг	281	+
	9 IV 1985 03 31	39 20	46 32	4 ¹ / ₄	—»—	129	—
X	16 IV 1970 01 26	38 50	48 46	4	—»—	341	+
	23 XII 1970 17 31	38 42	48 36	4	—»—	300	+
	6 X 1975 18 07	38 06	48 24	4 ¹ / ₄	—»—	38	+
	8 XI 1979 05 21	38 42	48 18	4	Сдвига-взброс	300	+
	2 IV 1983 00 32	38 53	48 25	4 ¹ / ₂	Сдвига-сброс	114	—

+ поднятие, — опускание

ний с $M \geq 5$, первого и второго порядка блоки земной коры Армянского нагорья при движении в основном поднимаются. Опускание блоков первого и второго порядков отмечается только в южной и юго-западной частях исследуемой территории (по данным землетрясений в Варто, Киги, в Карлыова, а также Бадаланского, Битлисского и Бингёльского землетрясений). Движение блоков третьего порядка, выделенных по данным землетрясений с магнитудой $4 \leq M < 5$ и расположенных внутри поднимающихся блоков второго порядка, имеет в одних случаях характер также поднятий, а в других—опусканий.

В очагах рассмотренных землетрясений с $M \geq 4$ оси напряжения сжатия в основном горизонтальны или близгоризонтальны. Действительно, из 68 рассмотренных землетрясений такой силы

только в шести случаях угол падения оси напряжения сжатия $e > 30^\circ$, причем в четырех случаях $e = 31 \div 36^\circ$, а в остальных двух случаях $e = 50$ и 63° . Следовательно, территория Армянского нагорья находится в состоянии горизонтального сжатия и это вполне естественно, если учесть, что исследуемая территория расположена между сжимающими ее Евразийской и Аравийской плитами.

В очагах больше половины рассмотренных землетрясений с $M \geq 4$ ось растягивающих напряжений также направлена горизонтально или близгоризонтально, а именно, в 39 случаях из 68 угол падения оси растягивающих напряжений $e \leq 30^\circ$, причем в очагах 35 землетрясений горизонтальны или близгоризонтальны как оси напряжений растяжения, так и оси напряжений сжатия. Только в четырех случаях при горизонтальных осях напряжений растяжения угол падения осей напряжений сжатия $e > 30^\circ$, при этом в двух случаях $e = 31$ и 33° .

В очаге землетрясения 21 апреля 1976 г. с $M = 4\frac{1}{4}$ в районе Олту ось растягивающих напряжений горизонтальна ($e = 1^\circ$), а ось напряжений сжатия — близвертикальна ($e = 63^\circ$). Под действием этих горизонтальных и почти вертикальных сжимающих напряжений в очаге землетрясения произошел сброс со значительным левосторонним сдвигом.

Как известно, согласно новой глобальной тектонике, различают трех видов границы взаимодействия литосферных плит: 1) конвергентные, когда плиты сближаются и при этом возможны надвиги одной плиты на другую или поддвижки одной плиты под другую, вследствие чего происходят сильные землетрясения, 2) дивергентные, когда плиты раздвигаются и на их границах имеют место слабые землетрясения и 3) трансформные разломы, когда плиты сдвигаются относительно друг друга по этим разломам без значительного раздвигания или надвигания или же поддвигания; в этом случае возможны землетрясения средней силы. Если к границам блоков земной коры Армянского нагорья применить указанные представления о границах взаимодействия литосферных плит, то граница блоков земной коры, к которой приурочено вышеуказанное землетрясение в районе Олту 21 апреля 1976 г., имеет дивергентный характер. Однако следует отметить, что в данном случае под действием горизонтальных растягивающих усилий произошел сброс со значительным левосторонним сдвигом. Следовательно, одновременно с горизонтальными имели место вертикальные движения блоков земной коры.

Движения типа чистого сброса или сброса со сдвигом при горизонтальных (или близгоризонтальных) растягивающих и вер-

тикальных (или близвертикальных) сжимающих напряжениях были отмечены и при землетрясениях 24 января 1959 г. и 1 декабря 1974 г. в районе Гори, 23 июля 1964 г. в районе Нахичевана, 12 августа 1976 г. в районе Артвина и 2 декабря 1983 г. в районе Урцадзора. Магнитуда этих землетрясений $M < 4$, то есть они являются относительно слабыми землетрясениями, что действительно соответствует дивергентным границам.

О наличии горизонтальных и вертикальных движений земной коры пишет Е. В. Артюшков в своей монографии «Геодинамика», где он развивает геодинамическую гипотезу, согласно которой дает картину происходящих в недрах Земли процессов, приводящих литосферу к вертикальным и горизонтальным движениям [14].

Однако Е. В. Артюшковым рассматриваются только крупномасштабные движения земной коры и мантии. Очевидно, необходимо создание схемы происхождения вертикальных и горизонтальных движений блоков земной коры с учетом новой модели геофизической среды.

С позиций новой модели геофизической среды может быть объяснено также наличие прогностического признака возникновения сильного землетрясения на территории Армянского нагорья. Происходит следующее: при движении блоков в земной коре вслед за форшоком на одной грани блока (вблизи пересечения граней блока) на другой грани блока также вблизи пересечения граней просходит основное землетрясение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты детального изучения сейсмических условий Армянского нагорья за период 1981—1985 гг. показали, что сейсмическая активность исследуемой территории в этот период была значительно ниже, чем в предыдущие годы. На исследуемой территории в течение 1981—1985 гг. были отмечены всего три основных землетрясения с $M \geq 5$. Это Эрзурум-Карское землетрясение 30 октября 1983 г. с $M = 6\frac{3}{4}$ и два землетрясения с $M = 5\frac{1}{4}$ 27 марта 1982 г. в районе Варто и 18 сентября 1984 г. в районе Олупа. Магнитуда всех остальных землетрясений, имевших место на территории Армянского нагорья в этот период, была меньше 5.

В результате сопоставлений сейсмической активности Армянского нагорья с тектоникой и расположения эпицентров сильных землетрясений с линеаментами, отдешифрованными по космическим снимкам, установлено, что при выделении сейсмоактивных разломов—границ блоков необходим комплексный подход, а именно, использование данных и геологии, и схем линеаментов по КС, ибо если в одних случаях эти границы можно четко проводить по имеющимся геологическим данным, то в других случаях—по линеаментам, выявленным по КС. При этом в отдельных случаях отмечается связь землетрясений не с основными линеаментами, а с второстепенными, а иногда даже и с предполагаемыми. Поэтому, несмотря на то, что на картах нанесены основные уверенно дешифрованные линеаменты, нами при анализе использована более полная схема расположения как уверенно дешифрованных, так и предполагаемых линеаментов.

В результате изучения механизма очагов свыше 160 землетрясений выявлены особенности механизма и напряженного состояния в очагах землетрясений Армянского нагорья.

Детальное изучение механизма очагов землетрясений десяти отдельных сейсмоактивных районов Армянского нагорья показало, что ориентация плоскостей разрывов, подвижек в них и осей главных напряжений в очагах землетрясений этих регионов неодинаковое. В Черноморско-Байбуртском, Эрзинджан-Бингёльском и Талышском регионах плоскость разрыва в очагах всех рассмотрен-

ных землетрясений падает круто, а в Аджаро-Триалетском, Ардахан-Карс-Хорасанском, Ленинаканском и Зангезурском регионах имеются случаи, когда плоскости разрыва в очаге направлены близгоризонтально. Для всех рассмотренных землетрясений с $M \geq 5$ плоскость разрыва в очаге вертикальна или близвертикальна, то есть угол падения этой плоскости $e \geq 60^\circ$. Исключением являются Зангезурское землетрясение 9 июня 1968 г. с $M=5$ ($e=50^\circ$) и землетрясение в Лидже 6 сентября 1975 г. с $M=6\frac{3}{4}$ ($e=54^\circ$).

Подвижки в очагах землетрясений Армянского нагорья имеют в большинстве случаев (66,2% общего числа рассмотренных землетрясений) сдвиговой характер. Отмечается следующее распределение характера подвижки на территории Армянского нагорья: в очагах землетрясений западной, восточной и южной частей исследуемой территории преобладают сдвиговые движения, в очагах землетрясений северной части—как сдвиговые, так и сбросовые, взбросовые и надвиговые движения, а в очагах землетрясений северо-восточной и центральной частей Армянского нагорья преобладают сбросовые, взбросовые и надвиговые движения. Преобладающие сдвиговые движения не были отмечены при землетрясениях Аджаро-Триалетского региона, плоскости разрыва в очагах которых имеют близмеридиональное направление, при землетрясениях Ереванского и Варденис-Кировабадского регионов, плоскости разрыва в очагах которых имеют близмеридиональное, близширотное и северо-восточное простирания, а при землетрясениях Ленинаканского региона—северо-западное простирание. Преобладающие сбросовые, взбросовые, надвиговые движения не были отмечены при землетрясениях Аджаро-Триалетского региона, плоскости разрыва в очагах которых имеют северо-западное простирание, при землетрясениях Ереванского региона—близширотное простирание, при землетрясениях Варденис-Кировабадского региона—близмеридиональное и близширотное простирания, а при землетрясениях Зангезурского региона—близмеридиональное, близширотное и северо-восточное направления.

Характер подвижек в очагах землетрясений Армянского нагорья в течение времени изменился. До разрушительного землетрясения в Варто в 1966 г. в очагах землетрясений преобладали сбросовые, взбросовые и надвиговые движения (55,6% всех рассмотренных землетрясений, происшедших в период 1954—1965 гг.), а после этого землетрясения увеличилась сдвиговая компонента движений в очагах землетрясений, а именно в очагах 61,9% зем-

летрясений, происшедших в период 1966—1985 гг., преобладали сдвиговые движения.

Характер подвижек в очагах рассмотренных землетрясений зависит от магнитуды землетрясений. Магнитуда основных землетрясений, в очагах которых преобладали сбросовые, взбросовые или надвиговые движения, была $M < 5$. Исключением является землетрясение в Лидже 6 сентября 1975 г. Землетрясения, в очагах которых преобладали подвижки типа сдвигов, имели магнитуду от $M < 4$ и до $M = 7$.

Напряжения сжатия в очагах землетрясений Армянского нагорья в большинстве случаев ориентированы горизонтально или близгоризонтально в близмеридиональном направлении, что с позиций тектоники литосферных плит может быть объяснено расположением исследуемой территории между движущимися навстречу друг другу в близмеридиональном направлении Евразийской и Аравийской плитами.

Напряжения растяжения в очагах землетрясений Армянского нагорья в большинстве случаев ориентированы в близширотном направлении. При этом в очагах примерно половины основных землетрясений (52% всех основных землетрясений) оси напряжений растяжения направлены горизонтально или близгоризонтально, в очагах 16,6% всех основных землетрясений — близвертикально, а в очагах остальных 31,4% землетрясений — в промежуточном между горизонтальным и вертикальным направлении.

Оси промежуточных напряжений ориентированы в основном в близширотном и в промежуточном между широтным и меридиональным направлениях. Отмечается преобладание землетрясений, в очагах которых промежуточные напряжения направлены под углом $\epsilon < 60^\circ$ к горизонтальной плоскости.

Результаты определений ориентаций разрывов в очагах землетрясений макросейсмическим и инструментальным методами сведены в таблицу, которая фактически является второй таблицей Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья (КСЗАН).

По отличию в направлениях простираания плоскостей разрывов в очагах форшоков и основных толчков землетрясений Армянского нагорья установлен прогностический признак возникновения сильного землетрясения.

В результате проведенного изучения сейсмических условий и механизма очагов землетрясений установлено, что земная кора исследуемой территории Армянского нагорья имеет блоковое строение.

Преимущественными характерными линейными размерами блоков земной коры Армянского нагорья являются 40, 70 и 130 км.

Блоки земной коры находятся в сложном движении (как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях) относительно друг друга, что и является причиной возникновения землетрясений на границах блоков, причем на границах блоков первого порядка возможны землетрясения с $M \geq 6$, второго порядка — землетрясения с $5 \leq M < 6$, а на границах блоков третьего порядка — землетрясения с $4 \leq M < 5$.

Границами блоков могут быть как видимые на земной поверхности разломы глубокого заложения, так и погребенные разломы, которые выходят на земную поверхность при крупных землетрясениях, как это произошло в случае Чалдыранского землетрясения 24 ноября 1976 г.

Как показывают сопоставления, ни одна схема тектонического или геофизического районирования полностью не совпадает со схемой блокового строения земной коры Армянского нагорья. Следовательно, разломы, **которые являются пограничными** зонами между блоками, сейсмоактивны не по всей своей протяженности, а лишь в отдельных частях, то есть крупные разломы сейсмопасны не сами по себе, а лишь как границы блоков, от движения которых и зависит «сейсможивучесть» или «инертность» того или иного участка крупного разлома. И поэтому, по-видимому, неправильно говорить о глубинном разломе, что он «сейсмогенный», ибо сейсмогенным будет именно та часть разлома, которая является границей сейсмоактивного блока.

Для того, чтобы иметь возможность судить о силе и времени возможного возникновения землетрясения, в первую очередь необходимо определить динамические параметры блоков земной коры (характер и скорость движения, деформирования, напряженное состояние и т. д.), а также с позиций новой геофизической среды выявить, какие процессы в недрах Земли приводят блоки земной коры в движение, и механизм этих движений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдальян С. Великое землетрясение в Армении.—Вестник знания, 1927, № 19.
2. Абиx Г. Землетрясения в Шемахе и Эрзеруме в мае 1859 г.—Записки Кавк. отд. РГО, кн. 5, Тифлис, 1862.
3. Аветисянц А. А. Тепловой поток в Закавказье.—ДАН СССР, 1975, т. 222, № 3.
4. Аветисянц А. А. Геотермические условия недр Армении. М., «Наука», 1979.
5. Агаларова Э. Б., Гасанов А. Г., Гоцадзе О. Д. и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1982 году. М., «Наука», 1985.
6. Агаларова Э. Б., Баграмян А. Х., Гасанов А. Г. и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1983 году. М., «Наука», 1986.
7. Айвазашвили И. В., Папалашвили В. Г. К вопросу сейсмического районирования территории Кавказа.—Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1973, т. XXIX.
8. Айвазашвили И. В., Папалашвили В. Г. Очерк сейсмической активности г. Гори. Тбилиси, «Мецниереба», 1975.
9. Айвазашвили И. В., Ахалбадашвили А. М., Лебедева Т. М. и др. Землетрясение 3 января 1970 г. в Боржомском районе.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1970 году. М., «Наука», 1976.
10. Акопян Ц. Г. Аномальное магнитное поле и его геологическое истолкование.—В кн.: Геология Армянской ССР, т. 10, Геофизика. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1972.
11. Акопян Ц. Г., Пиризян С. А., Самойлюк Л. А. Новые данные о тектоническом строении Зангезурской сейсмоактивной зоны.—В кн.: Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения, Ереван, Изд. АН АрмССР, 1973.
12. Алишан Г. Айратат (на армянском языке). Венеция, 1890.
13. Алоян П. Г. Геотектонические условия возникновения и проявления зангезурских землетрясений 1968 года.—В кн.: Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1973.
14. Артюшков Е. В. Геодинамика. М., «Наука», 1979.
15. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Ереван, «Айпетрат», 1958.
16. Асланян А. Т. Тектоника.—В кн.: Геология СССР, т. XLIII, Армянская ССР. М., «Недра», 1970.

17. Асланян А. Т. Основные черты геологического строения Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле. 1981, т. XXXIV, № 3.
18. Асланян А. Т., Дебадов А. С., Караханян А. С. и др. О возможности применения результатов дистанционного зондирования из космоса для интерпретации пространственного распределения сейсмичности (на примере Анатолийско-Армяно-Иранского региона).—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, т. XXXIV, № 6.
19. Асланян А. Т. Основные черты геологического строения и тектонического развития Тавро-Кавказского орогена.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, т. XXXVI, № 3.
20. Атлас землетрясений в СССР. М., Изд-во АН СССР, 1962.
21. Баграмян А. Х., Папалашвили В. Г., Пирузян С. А., Шагинян С. Г. Спитакское землетрясение 30 января 1967 г.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1967 году. М., «Наука», 1970.
22. Баграмян А. Х., Геодакян Э. Г., Папалашвили В. Г. Гукасянское землетрясение 27 июня 1973 года.—Сейсмол. бюлл. Кавказа. Тбилиси, «Мецниереба», 1974.
23. Баграмян А. Х., Бабаян Т. О., Геодакян Э. Г. и др. Спитакское землетрясение 21 марта 1975 года.—Сейсмол. бюлл. Кавказа. Тбилиси, «Мецниереба». 1977.
24. Баграмян А. Х., Геодакян Э. Г., Гогмачадзе и др. Шахназарское землетрясение 30 марта 1974 г.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1975 году. М., «Наука», 1978.
25. Бадалян М. С. Особенности новейшего вулканизма Армении.—Ереван, Изд. АН АрмССР, 1986.
26. Белоусов В. В., Кириллова И. В., Сорский А. А. Краткий обзор сейсмичности Кавказа в сопоставлении с его тектоническим строением.—Изв. АН СССР, сер. геофиз., 1952, № 5.
- ✓ 27. Борисов Б. А., Рейснер Г. И. О сейсмо-тектоническом каталоге землетрясений Кавказа.—Изв. АН СССР. Физика Земли, 1974, № 9.
28. Борисов Б. А., Рейснер Г. И., Шодпо В. Н. Выделение сейсмоопасных зон в Альпийской складчатой области. М., «Наука», 1971.
29. Бунэ В. И., Кириллова И. В., Анянни И. В. и др. Опыт оценки максимальной сейсмической опасности на примере Кавказа.—В кн.: Сейсмические исследования для строительства. М., «Наука», 1971.
30. Бунэ В. И., Полякова Т. П. Сейсмоактивные зоны центрального участка Альпийской складчатой области.—В кн.: Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 18. М., «Наука», 1976.
31. Бюс Е. И., Цхакая А. Д., Чураян А., Назаров А. Ереванское землетрясение 7 января 1937 г. Тбилиси: Изд-во ГрузФАН СССР, 1937.
32. Бюс Е. И., Цхакая А. Д. Материалы Ереванского землетрясения 7 января 1937 г. Тбилиси, Изд-во ГрузФАН СССР, 1937.
33. Бюс Е. И., Гигинейшвили В. М. Лечинаканское землетрясение 22.X 1926 г.—Кварт. сейсм. бюлл., 1943, т. 12. № 2.

34. Бюс Е. И., Цхакая А. Д. Табачкурское землетрясение в ночь с 7 по 8 мая 1940 г.—Кварт. сейсм. бюлл. Тбилиси, 1945, 12, № 3
35. Бюс Е. И. Ахурянское землетрясение 25 января 1935 г.—Кварт. сейсм. бюлл., 1947, т. 13, № 1—4.
36. Бюс Е. И. Михайлово-Аджикендское землетрясение 19.IX. 1942 г.—Кварт. сейсм. бюлл., 1947, т. 13, № 1—4.
37. Бюс Е. И., Рубинштейн М. М. Новые данные о Табачкурском землетрясении 1—8 мая 1940 г.—Сообщ. АН СССР, 1953, 14, № 2.
38. Бюс Е. И. Сейсмические условия Закавказья, т. I, II, III. Тбилиси, Изд-во АН СССР, 1948, 1952, 1955.
39. Варданянц Л. А. Сейсмоструктура Кавказа.—Тр. Сейсмол. ин-та АН СССР, 1935, № 64.
40. Вартанян К. С., Гордиенко В. В. Новые определения теплового потока на территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. XXXVII, № 4.
41. Введенская А. В. Определение полей смещений при землетрясениях с помощью теории дислокаций.—Изв. АН СССР, серия геофизич., 1956, № 3.
42. Введенская А. В., Джанузаков К. Д., Иодко В. К. и др. Бюллетень сильных землетрясений СССР за 1961 г.—В сб.: Вопросы инженерной сейсмологии, выпуск 9.—Тр. Ин-та физики Земли АН СССР, 1964, № 33 (200).
43. Введенская А. В. Исследования напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. М., «Наука», 1969.
44. Введенская А. В., Голубева Н. В. Особенности процесса развития очагов сильнейших землетрясений мира.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1978, № 4.
45. Введенская А. В., Голубева Н. В. Динамика очага и энергетический баланс волнового поля сильнейших землетрясений мира.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1980, № 8.
46. Введенская А. В. Прогноз повторного сильнейшего землетрясения. Тезисы докладов XIX Генеральной Ассамблеи Европейской сейсмологической комиссии (Москва, 1—6 октября 1984 г.). М., «Наука», 1984.
47. Введенская А. В. Сейсмодинамика. М., «Наука», 1984.
48. Введенская А. В. Инерциальная модель очага и возможности прогноза повторного землетрясения.—Вулканология и сейсмология АН СССР, 1986, № 3.
49. Введенская А. В. О применении сетки Вульфа при определении динамических параметров очагов землетрясений. Тр. Геофиз. ин-та, 1953, № 20.
50. Вебер В. Н. О землетрясении в Ахалкалакском уезде 19.XII.1899.—Изв. Кавк. отд. РГО, 1909, т. 13.
51. Габриелян А. А. Новейшая тектоника и сейсмичность Армянской ССР и смежных частей Антикавказа.—Изв. АН АрмССР, сер. геол. и географ. наук, 1963, т. 16, № 4—5.

52. *Габриелян А. А.* Геологические критерии сейсмичности и задачи сеймотектонических исследований в Армении.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1972, т. XXV, № 4.
53. *Габриелян А. А., Пирузян С. А.* Сеймотектоническая схема Армении и сопредельных частей Антикавказа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1972, т. XXV, № 4.
54. *Габриелян А. А.* Очерк сеймотектоники Кавказа и сопредельных стран.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, т. XXX, № 4—5.
55. *Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П.* Сеймотектоника Армянской ССР. Ереван, Изд-во Госунта, 1981.
56. *Гамкрелидзе П. Д.* Основные черты геологии Грузии в связи с ее глубинным строением.—В кн.: Глубинное строение Кавказа. М., «Наука», 1966.
57. *Гельфанд И. М., Губерман Ш. А., Жидков М. П.* и др. Распознавание мест возможного возникновения сильных землетрясений. Четыре региона Малой Азии и Юго-Восточной Европы. Машинный анализ цифровых сейсмических данных. М., «Наука», 1974 (Выч. сейсмология; вып. 7).
58. *Гельфанд И. М., Губерман Ш. А., Кейлис-Борок В. И.* и др. Условия возникновения сильных землетрясений (Калифорния и некоторые другие районы). Исследование сейсмичности и моделей Земли. М., «Наука», 1976 (Выч. сейсмология; вып. 9).
59. Геология СССР, т. X, Грузинская ССР.—М., «Недра», 1964.
60. Геология СССР, т. XLVII, Азербайджанская ССР. Геологическое описание.—М., «Недра», 1972.
61. *Горшков Г. П.* Геологические условия Зангезурского землетрясения 27 апреля 1931 года.—Тр. Сейсмол. ин-та АН СССР, 1933, № 31.
62. *Гоцадзе О. Д., Кейлис-Борок В. И.* и др. Исследование механизма землетрясения.—Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, 1957, № 40.
63. *Гоцадзе О. Д.* К исследованию Мадятапского землетрясения 1959 года.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1968, № 4.
64. *Григорян С. С.* О механизме возникновения землетрясений и содержании эмпирических закономерностей сейсмологии.—ДАН СССР, 1988, т. 229, № 5.
65. *Джанашивили М.* Землетрясения в прошлом. Историческая справка.—Изв. Кавк. отд. РГО, 1902, т. 15.
66. Дманисское землетрясение 2 января 1978 года. М., «Наука», 1982.
67. *Егоркина Г. В., Соколова И. А., Егорова Л. М.* Изучение глубинных разломов по материалам, полученным по станциям «Земля» на территории Армении.—Разведочная геофизика, вып. 72, 1976.
68. Землетрясение 3 января 1970 г. в Боржомском районе / *Айвазишвили И. В., Ахалбадашвили А. М., Лебедева Т. М.* и др. Тбилиси, «Мецниереба», 1973.
69. *Инчичян Гукас.* Заметки о древней Армении (на арм. яз.). Венеция, 1822.
70. *Иованес Драсханакертци.* История Армении католикоса Иованеса Драсханакертци (на арм. яз.). Тифлис, 1912.

71. *Иованес Шахатуняц*. Хроника Архив Армянской истории, т. 10 (на арм. яз.). Тифлис, 1912.
72. *Иованес Шахатуняц*. Памятки Эчмиадзинского собора и пяти гаваров Арарата, т. 2 (на арм. яз.). Эчмиадзин, 1842.
73. *Иоселиани М. С.* Глубинные разломы территории Грузии по геофизическим данным.—В кн.: Сейсмологический бюллетень Кавказа за 1976 г. Тбилиси, «Мецниереба», 1979.
74. *Костанян Карпет*. Летопись землетрясений в Армении (на арм. яз.). Тифлис, 1902.
75. *Карпетян К. И., Адамян А. А.* Новейший вулканизм некоторых районов Армянской ССР. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1973.
76. *Карпетян Б. К., Шахсуварян Л. В.* Результаты инженерного обследования Бюраканского землетрясения.—Изв. АН АрмССР, сер. физ.-мат., естеств. и техн. науки, 1954, т. 7, № 5.
77. *Карпетян Б. К., Карпетян Н. К.* Сейсмические воздействия на здания и сооружения. М., «Наука», 1978.
78. *Карпетян Б. К., Карпетян Н. К.* Предпосылки прогнозирования землетрясений и сейсмостойкое строительство в Армянской ССР. Ереван, «Айастан», 1981.
79. *Карпетян Н. К.* Динамические параметры очагов землетрясений Кавказа.—Изв. АН СССР, серия геофиз., 1958, № 2.
80. *Карпетян Н. К.* О сейсмичности Кавказа.—Изв. АН АрмССР, сер. геол. и географ. наук, 1960, № 1.
81. *Карпетян Н. К.* Сейсмическое районирование территории Армянской ССР. Фонды ИГИС АН АрмССР, Ленинакан, 1963.
82. *Карпетян Н. К.* Напряженное состояние в очагах зангезурских землетрясений 1968 г. и механизм их возникновения.—В кн.: Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения. Ереван. Изд. АН АрмССР, 1973.
83. *Карпетян Н. К.* Годографы сейсмических волн для землетрясений Армянского нагорья. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1974.
84. *Карпетян Н. К.* Напряженное состояние в очагах землетрясений Армении и механизм их возникновения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, т. XXX, № 3.
85. *Карпетян Н. К.* Механизм очага Ереванского землетрясения 16 июня 1973 года.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1978, т. XXXI, № 3.
86. *Карпетян Н. К.* Сейсмический режим территории прогностического полигона.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, № 5.
87. *Карпетян Н. К.* Механизм очагов землетрясений Ванского района. Рукопись деп. в ВИНТИ 30.09.82, № 5002—82.
88. *Карпетян Н. К.* Чалдыранское землетрясение и механизм его возникновения. Рукопись деп. в ВИНТИ 30.09.82, № 5003—82.
89. *Карпетян Н. К.* Учет механизма очага сильного землетрясения при сейсмическом районировании.—Научно-технический реферативный сборник. Се-

- рия 14. Строительство в особых условиях, сейсмостойкое строительство ВНИИИС Госстроя СССР, 1982, вып. 3.
90. *Карпетян Н. К.* Механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья (сейсмические условия).—Ереван, Изд. АН АрмССР, 1986.
 91. *Карпетян Н. К.* Сейсмогеодинамика Ереванского региона. Тезисы докладов III семинара—школы «Геодинамика Кавказа» (6—11 октября 1986 г.). Ереван, Изд. АН АрмССР, 1986.
 92. *Карпетян Н. К.* Механизм очагов землетрясений и напряженно-деформированное состояние трех регионов Армянского нагорья.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, т. XXXIX, № 2.
 93. *Карпетян Н. К.* Механизм очагов землетрясений Лининаканского региона.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987, т. XL, № 1.
 94. *Карпетян Н. К.* Механизм очагов землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987, т. XL, № 2.
 95. *Карпетян Н. К.* Механизм очагов землетрясений Аджаро-Триалетского региона.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987, т. XL, № 5.
 96. *Карпетян Н. К.* Механизм очагов землетрясений Ереванского региона.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987, т. XL, № 6.
 97. *Караханян А. С.* Линеаменты и кольцевые структуры Малого Кавказа.—Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 3.
 98. Карта распространения землетрясений в России с пограничными областями. Составлена А. П. Орловым по 1880 г. и дополнена И. В. Мушкетовым по 1890 г.
 99. *Касахара К.* Механика землетрясений. Пер. с англ.—М., «Мир», 1985.
 100. *Каспаров В. А., Агаларова Э. Б., Алимурзоев С. Р.* и др. Сильные землетрясения Азербайджана в 1980 г.—В кн.: Сейсмологический бюллетень. Кавказа. 1980 год. Тбилиси, «Мецниереба», 1986.
 101. *Кейлис-Борок В. И.* О динамической характеристике очага по сейсмическим наблюдениям.—ДАН СССР, 1950, т. 20, № 6.
 102. *Кейлис-Борок В. И.* К вопросу об определении динамических параметров очагов.—Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, 1950, № 9 (136).
 103. *Кейлис-Борок В. И.* Об исследовании источников, приближенно эквивалентных очагам землетрясений.—Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, 1950, № 9 (136).
 104. *Кириллова И. В.* Сейсмичность Ахалкалакского нагорья.—Изв. АН СССР, сер. геофиз., 1952, № 5.
 105. *Кириллова И. В., Люстих Е. Н., Растворова В. А.* и др. Анализ геотектонического развития и сейсмичности Кавказа. М., Изд-во АН СССР, 1960.
 106. *Кисловская В. В.* К вопросу о магнитудах кавказских землетрясений.—В кн.: Изучение сейсмической опасности. Ташкент, ФАН, 1971.
 107. *Кулиев Ф. Т., Каспаров В. А., Алимурзоев О. Х., Глечиева Н. А.* Исходные данные и оценка их представительности для изучения сейсмичности Восточного Кавказа и акватории Каспия.—В кн.: Материалы конференции по

изучению сейсмичности и глубинного строения Азербайджана. Баку, март, 1973. Баку, ЭЛМ, 1974.

108. *Лебедев П. И.* Ленинанское землетрясение 22 октября 1926 г.—Изв. АН СССР. Отд. физ.-мат. наук, 1927, т. 21, № 9, 10, 11.
109. *Лебедева Т. М.* Эпицентры кавказских землетрясений за время 1933—1938 гг.—Кварт. сейсмол. бюлл., 1947, т. 13, № 1—4.
110. *Лебедева Т. М.* Макросейсмические материалы Табакурского землетрясения 7.V.1940 г.—Кварт. сейсм. бюлл. Тбилиси, 1947, 13, № 1—4.
111. *Лебедева Т. М., Папалашвили В. Г.* Землетрясение 12 февраля 1953 г. в Горийском районе.—Тр. Ин-та геофизики. АН ГССР, 1954, т. 13.
112. *Лебедева Т. М., Махатадзе Л. Н., Папалашвили В. Г.* Параванское землетрясение 29 июня 1967 г.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1967 г. М., «Наука». 1970.
- ✓ 113. *Малиновский Н. В.* Каталог землетрясений в АзССР.—Тр. Аз. отд. Зак. ФАН СССР, 1935, т. 10.
114. *Малиновский Н. В.* Сейсмичность Нахичеванской АССР. Сейсмичность Нагорно-Карабахской а. о.—Тр. Аз. ФАН СССР, 1939, 1/58.
115. *Махатадзе Л. Н., Бакрадзе Е. И.* Мадатапское землетрясение 8 декабря 1959 г.—В кн.: Сейсмостойкость сооружений, вып. 2. Тбилиси, «Мецниереба», 1968.
116. *Мириджанян Г. Т.* Некоторые данные о геотермических особенностях территории Армянской ССР.—В кн.: Геология Армянской ССР, т. 10, Геофизика. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1972.
117. *Мириджанян Р. Т.* О природе аномального повышенного геотермического поля Центрального района Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле. 1974, т. XXVII, № 6.
118. *Мириджанян Р. Т.* Геотермическое районирование территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1965, т. XVIII, № 3—4.
119. *Михалевский А. Н.* Определение глубин очагов Кавказских землетрясений.—Изв. Азерб. ун-та, 1923, № 3.
120. *Михалевский А. Н.* Землетрясения Кавказа и их связь с дислокацией края.—Изв. Азерб. ун-та, 1926, т. 4.
- ✓ 121. *Мушкетов И. В., Орлов А. П.* Каталог землетрясений Российской империи.—Записки РГО, 1893, т. 26.
122. *Мушкетов И. В.* Материалы по Ахалкалакскому землетрясению 19 декабря 1899 г.—Тр. Геол. ком. Новая серия. 1903, вып. 1.
123. *Назаретян С. Н.* Глубинные разломы территории Армянской ССР. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1984.
124. *Назаров А. Г., Пирюзян С. А., Шахсварян Л. В.* Зангезурские землетрясения 1968 г. ДАН АрмССР, 1969, том XLIX, № 2.
125. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 года / Под ред. Кондорской Н. В., Шебакина Н. В. М., «Наука», 1977.
126. *Оганисян Ш. С.* О причинах, вызывающих ориентальные аномалии силы

- тяжести на территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, т. XIX, № 1—2.
127. *Оганисян Ш. С.* Гравитационное поле и его геологическое истолкование.— В кн.: Геология Армянской ССР, т. 10, Геофизика. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1972.
 128. *Оганисян Ш. С.* Изостатические аномалии силы тяжести и новейшие движения земной коры на территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1972, т. XXV, № 4.
 129. *Освальд Ф.* К истории тектонического развития Армянского нагорья. Зап. Кавк. отд. Русск. геогр. общ-ва, т. 29, вып. 12. 1916.
 130. *Пагирев Д. И.* Гибель с. Акори. 20 июня 1840 г.—Изв. Кавк. отд. РГО, 1909, т. 19.
 131. *Папалашвили В. Г., Шебалин Н. В.* К вопросу о повторяемости сотрясений в Тбилиси по макросейсмическим данным.—Сообщ. АН ГССР, 1972, 65, № 1.
 132. *Папалашвили В. Г., Султанова З. З., Дарахвелидзе Л. К.* и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1971 году. М., «Наука», 1975.
 133. *Папалашвили В. Г., Султанова З. З., Баграмян А. Х.* и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1973 году. М., «Наука», 1976.
 134. *Папалашвили В. Г., Баграмян А. Х., Левкович Р. А., Агамирзов Р. А.* Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1975 году. М., «Наука», 1978.
 135. *Папалашвили В. Г., Гоцадзе О. Д., Баграмян А. Х., Кулиев Ф. Т.* Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1977 году. М., «Наука», 1981.
 136. *Папалашвили В. Г., Баграмян А. Х., Гоцадзе О. Д.* Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1978 году. М., «Наука», 1982.
 137. *Папалашвили В. Г., Гоцадзе О. Д., Гоголадзе Т. Н.* и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1979 году. М., «Наука», 1982.
 138. *Папалашвили В. Г., Агаларова Э. Б., Каспаров В. А., Гоцадзе О. Д.* Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1980 году. М., «Наука», 1983.
 139. *Патарая Е. И.* Гомаретское землетрясение 11 июня 1954 года.—Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1957, т. XVI.
 140. *Паффенгольц К. Н.* Сейсмотектоника Армении и прилежащих частей Малого Кавказа. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1946.
 141. *Паффенгольц К. Н.* Геологический очерк Кавказа. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1959.
 142. *Пирюзян С. А.* Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Ереван, «Айастан», 1969.
 143. *Пирюзян С. А., Гедакян Э. Г., Бабаджанян А. Г.* и др. Сейсмотектонические условия возникновения Ереванского землетрясения 2 августа 1984: о-

- да. Тезисы докл. III семинара-школы «Геодинамика Кавказа» (6—11) октября 1986 г.). Ереван, Изд. АН АрмССР, 1986.
144. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. / Балакина Л. М., Введенская А. В., Голубева Н. В., и др.—М., «Наука», 1972.
 145. Рагимов Ш. С. Вопросы изучения строения Земли. Баку, Изд-во АН АзССР, 1966.
 146. Ренгартен В. П. Тектоническое описание Закавказья.—В кн.: Геология СССР, т. 10. М.: Госгеолтехиздат, 1941.
 147. Результаты комплексного изучения Загезурского землетрясения. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1973.
 148. Рихтер Ч. Ф. Элементарная сейсмология. М., ИЛ, 1963.
 149. Садовский М. А. О естественной кусковатости горных пород.—ДАН СССР, 1979, т. 247, № 4.
 150. Садовский М. А., Писаренко В. Ф., Родионов В. Н. От сейсмологии к геомеханике: О модели геофизической среды.—Вестник АН СССР, 1983, № 1.
 151. Садовский М. А., Писаренко В. Ф. О зависимости времени подготовки землетрясения от его энергии.—ДАН СССР, 1983, т. 271, № 2.
 152. Садовский М. А., Голубева Т. В., Писаренко В. Ф., Шнирман М. Г. Характерные размеры горной породы и иерархические свойства сейсмичности.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1984, № 2.
 153. Садовский М. А. Иерархия структур: от пылинок до планет.—Земля и Вселенная, АН СССР, М., «Наука», 1984, № 6.
 154. Садовский М. А. О моделях геофизической среды и сейсмического процесса.—Прогноз землетрясений. Душанбе, «Дониш», 1984, № 4.
 155. Садовский М. А. Состояние и перспективы научных исследований по прогнозу землетрясений.—Вестник АН СССР, 1985, № 10.
 156. Садовский М. А., Болховитинов Л. Г., Писаренко В. Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М., «Наука», 1987.
 157. Степанос еп. Сюнеци. История дома Сисакян (на арм. яз.). Тифлис, 1910.
 158. Степанян В. А. Землетрясения в Армянском нагорье и прилегающих окрестностях (на армянском языке). Ереван, «Айастан», 1964.
 159. Степанян В. А. Краткая хронология наиболее значительных землетрясений в исторической Армении и в прилегающих районах. Ереван: Изд-во АрмФАН СССР, 1942.
 160. Султанова З. З. Землетрясения Азербайджана. Баку: Гянджлик, 1969.
 161. Тарасов С. Землетрясения Ахалкалакского уезда 19.XII.1899 г. и I.VIII. 1898 г.—Изв. Кавк. отд. РГО, 1902, 15.
 162. Товма Арцруни. История дома Арцруни Товмы вардапета Арцруни (на арм. яз.). СПб., 1887.
 163. Цагарели А. Л. О связи мезозойско-кайнозойского вулканизма Грузии с глубинными разломами.—В кн.: Глубинное строение Кавказа. М., «Наука», 1966.

164. Цхакая А. Д. Сейсмичность Джавахетского (Ахалкалакского) нагорья и прилегающих районов.—Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1957, т. 16.
165. Цхакая А. Д. Землетрясения Кавказа за 1957—1958 годы.—Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1960, т. XIX.
166. Цхакая А. Д., Майсурадзе О. М. Аджаро-Гурийское землетрясение 20 мая 1959 г.—Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1963, т. XXI.
167. Цхакая А. Д., Лебедева Т. М., Ахалбадашвили А. М. Мадатанское землетрясение в декабре 1959 г.—Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1963, т. XXI.
168. Цхакая А. Д., Джибладзе Э. А., Папалашвили В. Г. и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1962 году. М., «Наука», 1964.
169. Цхакая А. Д., Джибладзе Э. А., Папалашвили В. Г. и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1963 году. М., «Наука», 1966.
170. Цхакая А. Д., Джибладзе Э. А., Папалашвили В. Г. и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1964 году. М., «Наука», 1967.
171. Цхакая А. Д., Джибладзе Э. А., Султанова З. З. и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1968 году. М., «Наука», 1972.
172. Цхакая А. Д., Джибладзе Э. А., Папалашвили В. Г. и др. Землетрясения Кавказа.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1969 году. М., «Наука», 1973.
173. Цхакая А. Д., Папалашвили В. Г. Сейсмические условия Кавказа. Тбилиси, «Мецниереба», 1973.
174. Чернявский Г. А., Яникян В. О., Мириджанян Р. Т. Некоторые результаты глубинных магнитотеллурических зондирований на территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, т. XXXIII, № 6.
175. Шаторная Н. В. Сильные землетрясения мира.—В кн.: Землетрясения в СССР в 1975 году. М., «Наука», 1978.
176. Шебалин Н. В. Определение глубины очага землетрясения по его магнитуде M и макросейсмическим данным.—Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, 1959, т. 18.
177. Шебалин Н. В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М., «Наука», 1974.
178. Широкова Е. И. О напряжениях, действующих в очагах землетрясений Кавказа и примыкающих районов.—Изв. АН СССР, серия геофиз., 1962, № 10.
179. Широкова Е. И. Общие закономерности в ориентации главных напряжений в очагах землетрясений Средиземноморско-Азиатского сейсмического пояса.—Изв. АН СССР. Физика Земли, 1967, № 1.
180. Широкова Е. И. Изменения механизма очагов землетрясений и их связь с «ожившими» разрывами на Среднем и Ближнем Востоке.—Изв. АН СССР. Физика Земли, 1977, № 9.
181. Шихалибейли Э. Ш. Геологическое строение и история тектонического развития восточной части Малого Кавказа, г. 3 (история тектонического развития).—Баку, Изд. АН АзССР, 1967.

182. *Abich H.* Geologische Forschungen in den Kaukasischen Ländern. Band 3, Wien, 1878—1887.
183. *Agalarova E. B., Agamirzoyev R. A., Gjul E. K., Kasparov V. A. and Kuliyeu F. T.* Strong and destructive earthquakes and seismic activity of the Azerbaijan SSR and the Caspian water area. Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, 1973.
184. *Alsan E., Teruan L. and Bath M.* An earthquake catalogue for Turkey for the interval 1913—1970.—Kandilli observatory seismological Department Cengelkoy—Ystanbul, Turkey and seismological institute, Uppsala, Sweden, 1975, Report №7—75.
185. *Ambraseys N. N. and Zatopek A.* The Varto—Üstükran (Anatolia) earthquake of 19 August 1936; summary of a field report: Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 58, №1, p. 47—102, February, 1968.
186. *Ambraseys N. N.* Historical seismicity of North—Central Iran.—Geol. Surv. Iran, 1974, Rep. 29.
187. *Ambraseys N. N., Melville C. P.* A history of Persian earthquakes. Cambridge Univ. Press, 1982. 219 p.
188. *Arioglu E. and Anadol K.* The structural performance of rural dwellings during recent destructive earthquakes in Turkey (1969—1972).—Fifth World Conference on Earthquake Engineering, 57, Rome. 1973.
189. *Arioglu E., Anadol K.* Response of rural dwellings to recent destructive earthquakes in Turkey (1973—1975).—Sixth World Conference on Earthquake Engineering, New Delhi, India, 11—16 January, 1977.
190. *Bereberian M.* Contribution to the seismotectonics of Iran (part 111).—Geological and Mining Survey of Iran.—Teheran, 1977, No 40.
191. *Brinkmann R.* Geology of Turkey. Ferdinand Enke ver bay Stuttgart, 1976
192. Bulletin des stations de la classe du rseau sismique de l'URSS (1928—1937).
193. Bull. of the International Seismological Centre (1964—1980) Edinburgh Scotland, 1966—1982.
194. Bureau central international sismo'ogique. Bull. mensuel, Strasbourg, 1904—1980.
195. *Ergin K., Glu ve Uz Z.* A catalog of earthquakes for Turkey and surrounding areas. Istanbul, 1967, 1971.
196. *Karaesmen E.* Observations on the behaviour of reinforced concrete framed building, during 22 May 1971 Bingol earthquake.—Fifth World Conference on Earthquake Engineering, 55, Rome, 1973.
197. *Karaesmen E.* A survey of building damages in September 6, 1975 Lice (Turkey).—Sixth World Conference on Earthquake Engineering New Delhi, India, 11—16 January, 1977.
198. *Karapetian B. K., Karapetian N. K., Piruzian C. A., Simonian S. S.* A study of strong earthquakes and prediction of seismic hazard in Armenia. P oc. of the 7 European Conf. of Earthquake Eng., Athens, 1982.

199. *Karapetian N. K.* Intensity of earthquake Foci of Armenia and the mechanism of their origin. Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, A-4(115), Part I, Warsaw, 1977.
200. *Karnik V.* Seismicity of the European area. V.I,II.—Prague: Czechoslov. Ac. Sci., 1968, 1971.
201. 24 Kasım 1976 Çaldıran Depremi Raporu. Ankara: Haziran, 1977.
202. *Ketin I.* Über der tektonisch mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums.—Geol. Rundschau, 1948, 36, 77—83.
203. *Kiefer H.* Erdbeben in Kaukasen im Jahre 1868.—Tiflis, 1869.
204. *McKenzie D. P.* Plate tectonics of the Mediterranean region. Nature, 226 Apr. 18, 1970.
205. *Nabavi M. S.* Rapport sur le seisme de Macou dans la province d'Azarbaïdjan (29 April 1968).—Publ. Inst. Geoph. Univ. Teheran, № 51.
206. *Nazarov A. G., Karapetian B. K., Karapetian N. K.* and andere. Result of engineering—seismological studies of the Zanghezur earthquake in 1968 Proceedings of the fifth world conference on earthquake engineering. Rome 1974.
207. *Öcal N.* Erdbebenkatalog der Türkei für Jahre bis 1850 mit den Maximalintensitäten $I_0 \geq 7$. Istanbul, 1961.
208. *Öcal N.* Türkiye'nin sismitesi ve zaiizale Görfiyasi 1850—1960. İstanbul, 1963.
209. *Öcal N.* Catalogue for earthquake in Turkey 1960—1964. İstanbul, 1964.
210. *Pamir H. N., Ketin I.* Das anatolische Erdbeben Ende 1939.—Geol. Rundschau, 1941, 32, 279—287.
211. *Perrey A.* Note sur les tremblements de terre en 1868.—Bruxelles: Mem. publ. par l'Acad. de Belgique, 1869.
212. Report on the great Dasht—e—Bayaz earthquake.—Presented by the institute of geophysics Tehran University, № 46.
213. *Stöcklin J.* Structural history and tectonics of Iran—a review—Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1964, v. 52, № 7.
214. The international seismological summary. 1912—1963.
215. *Wallace R. E.* Earthquake of August 19, 1966, Varto area, Eastern Turkey —Bulletin of the seismological society of America, vol. 58, № 1, p. 11—45 February, 1968.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Настоящая монография «Сейсмогеодинамика и механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья» была окончательно оформлена и сдана в печать за несколько месяцев до разрушительного Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года. Спитакское землетрясение нанесло громадный ущерб. Были разрушены полностью (Спитак и др.) или частично (Ленинакан, Кировакан и т. д.) многие населенные пункты в северной части территории республики, имелись большие человеческие жертвы. В связи с этим появилась необходимость настоящего Послесловия, в котором даются продолжение Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья (КСЗАН) за последующие после 1985 г. три года, а именно за 1986—1988 гг., сейсмические условия возникновения Спитакского землетрясения, а также результаты изучения этого землетрясения по сейсмологическим данным.

В табл. 31 даны сведения об основных параметрах сильных землетрясений, которые имели место на территории Армянского нагорья в 1986—1988 гг. Табл. 31 составлена по тем же принципам, что и первая таблица Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья, содержащая основные параметры землетрясений за период с 550 г. до н. э. по 1980 г. и приведенная в работе [3], а также аналогичная таблица для землетрясений Армянского нагорья за период 1981—1985 гг., которая приведена в главе I настоящей монографии. Следовательно, табл. 31 является продолжением первой таблицы—Основные параметры землетрясений. Каталога сильных землетрясений Армянского нагорья. В табл. 31 внесены основные землетрясения, их форшоки и афтершоки с энергетическим классом $K \geq 10$, а также афтершоки Спитакского землетрясения—с $K \geq 9-10$. Установление энергетических классов, приведенных в этой таблице, было проведено по следующей схеме:

при $9,3 \leq K \leq 9,7$ принято $K = 9-10$,

при $9,8 \leq K < 10,2$ принято $K = 10$,

при $10,3 \leq K \leq 10,7$ принято $K = 10-11$,

Каталог сильных землетрясений Армянского нагорья за период 1986—1988 гг.

Основные параметры землетрясений

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин			Эпицентр			Глубина очага		Магнитуда		Интенсивность в эпицент.		Район или название землетрясения	К	Примечание
				φN	λE	класс	h км	класс	M	класс	J ₀ баллы	класс			
1	2			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1281	1/I	1986	06 09	39 00	41 50	4	10	5	4 ¹ / ₂	2	6	1	35 км к ЮВ от Варто	12	—
1282	3/I	1986	01 31	39 14	48 27	4	10	5	3 ¹ / ₂	3	4—5	1	30 км к СЗ от Масаллы	10—11	—
1283	6/I	1986	14 15	40 19	46 12	3	15	4	3 ³ / ₄	4	4—5	1	40 км к ЮЗ от Кировабада	10—11	—
1284	8/I	1986	22 47	41 41	43 54	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4—5	1	20 км к СЗ от Цалки	10—11	—
1285	27/I	1986	18 47	39 04	48 30	3	10	5	3 ¹ / ₂	4	4—5	1	15 км к СЗ от Масаллы	10—11	—
1286	30/I	1986	01 52	38 34	44 18	3	10	4	3 ¹ / ₂	4	4—5	1	15 км к ЮВ от Каракаллы	10—11	—
1287	12/III	1986	11 39	40 05	39 48	5	15	5	4	3	5	1	20 км к СЗ от Каракулака	11	—
1288	12/III	1986	17 53	41 08	44 01	3	15	4	3	3	4—5	1	15 км к В от Гукасяна	10—11	—
1289	18/III	1986	08 58	40 37	39 37	5	15	5	4	3	5	1	25 км к СВ от Гюмюшхане	10—11	—
1290	26/III	1986	22 25	41 08	43 58	3	5	5	3	3	4—5	1	5 км к В от Гукасяна	10	—
1291	29/III	1986	17 59	40 40	42 20	4	15	4	3 ¹ / ₂	3	4—5	1	10 км к С от Ортиюло	10—11	—
1292	30/III	1986	20 31	38 55	44 45	4	15	4	3 ³ / ₄	2	4—5	1	30 км к ЮЗ от Мергена	10—11	—
1293	10/IV	1986	14 53	39 02	43 46	3	15	4	3 ³ / ₄	2	4—5	1	5 км к С от Мурадие	10—11	—
1294	11/IV	1986	04 10	39 52	43 15	4	15	5	4 ¹ / ₂	2	6	1	20 км к СВ от Каракёсе	12	—
1295	11/V	1986	06 12	41 55	43 41	5	5	5	3 ¹ / ₂	2	4—5	1	20 км к СВ от Бакуриани	10—11	—
1296	13/V	1986	08 44	41 26	43 45	3	20	5	5 ¹ / ₂	2	7—8	3	20 км к СВ от Богдановки	14	—
1297	13/V	1986	09 15	41 24	43 43	3	10	5	3 ¹ / ₂	3	4—5	1	15 км к СВ от Богдановки	10—11	а 1296
1298	13 V	1986	09 24	41 25	43 44	3	10	4	4	3	5	1	15 км к СВ от Богдановки	11	а 1296
1299	13/V	1986	09 28	41 24	43 46	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4—5	1	15 км к СВ от Богдановки	10—11	а 1296
1300	13/V	1986	09 38	41 26	43 46	3	5	5	3 ¹ / ₂	3	4—5	1	20 км к СВ от Богдановки	10—11	а 1296
1301	13/V	1986	15 28	41 24	43 49	3	10	5	3 ¹ / ₂	3	4—5	1	20 км к СВ от Богдановки	10—11	а 1296
1302	14 V	1986	22 31	41 25	43 46	3	5	4	4	3	5	1	20 км к СВ от Богдановки	11	а 1296
1303	15 V	1986	08 27	41 25	43 44	3	10	5	3 ¹ / ₂	3	5	1	15 км к СВ от Богдановки	11	а 1296
1304	31/V	1986	05 46	40 45	42 44	3	15	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	35 км к СЗ от Карса	10—11	—
1305	2/VI	1986	22 16	40 17	42 09	3	15	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	25 км к С от Хорасана	10—11	—
1306	9 VI	1986	05 49	38 32	48 24	4	20	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	40 км к СЗ от Астары	10—11	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1307	7/VII 1986 23 11	38 29	45 17	4	15	4	3 ¹ /2	3	4-5	1	25 км к ЮВ от Хоя	10-11	ф 1310
1308	8/VII 1986 01 53	38 26	45 17	4	15	4	3 ¹ /4	3	4-5	1	30 км к ЮВ от Хоя	10-11	ф 1310
1309	10/VII 1986 18 57	38 24	45 17	4	15	5	4 ¹ /4	2	5-6	1	30 км к ЮВ от Хоя	11-12	ф 1310
1310	12/VII 1986 17 00	38 23	45 16	4	15	5	4 ¹ /2	2	6	1	25 км к ЮВ от Хоя	12	—
1311	17/VII 1986 00 11	38 26	45 17	4	10	5	4	2	5	1	30 км к ЮВ от Хоя	11	a 1310
1312	27 VII 1986 09 37	41 17	43 27	3	5	5	3 ¹ /2	2	4-5	1	15 км к ЮЗ от Ахалкалаки	10-11	—
1313	10 VIII 1986 17 47	38 23	43 28	5	15	5	4 ¹ /4	3	5-6	1	15 км к ЮВ от Вана	11-12	—
1314	3/IX 1986 09 28	41 33	43 26	3	10	4	4 ¹ /4	3	6	1	30 км к СЗ от Богдановки	12	—
1315	3/IX 1986 11 03	41 34	43 29	3	5	4	3 ¹ /4	3	4-5	1	30 км к СЗ от Богдановки	10-11	a 1314
1316	6/X 1986 03 58	38 18	45 32	4	10	5	3 ¹ /4	3	4-5	1	30 км к ЮЗ от Меренда	10-11	—
1317	1/XI 1986 03 18	41 20	40 07	4	20	4	4	3	4-5	1	Черное море, в 50 км к СВ от Трабзона	11	—
1318	28/XI 1986 07 39	38 52	44 28	5	15	4	3 ¹ /2	3	4-5	1	15 км к СВ от Чакмака	10-11	—
1319	11/XII 1986 18 51	38 43	45 11	5	15	4	3 ¹ /2	3	4-5	1	25 км к СВ от Хоя	10-11	—
1320	8/I 1987 15 23	38 26	45 11	5	15	4	3 ¹ /2	3	4-5	1	20 км к ЮВ от Хоя	10-11	—
1321	22/I 1987 05 42	39 59	42 05	5	15	4	3 ¹ /4	3	4-5	1	15 км к ЮЗ от Хорасана	10-11	—
1322	26/I 1987 18 59	40 32	44 58	4	15	5	3 ¹ /4	3	4-5	1	5 км к ЮЗ от Севана	10-11	—
1323	12/IV 1987 16 55	38 00	48 40	5	15	5	3 ¹ /4	3	4-5	1	40 км к ЮВ от Ардебиля	10-11	—
1324	14 V 1987 22 24	40 17	40 05	5	10	5	4 ¹ /2	3	6	1	20 км к СЗ от Байбурта	—	—
1325	13 VII 1987 12 54	39 02	43 21	4	15	4	4	3	5	1	5 км к З от Эрджиниша	11	—
1326	23 VII 1987 15 01	40 39	40 08	5	15	4	3 ¹ /4	3	4-5	1	10 км к СВ от Эрикли	10-11	—
1327	13/IX 1987 01 23	40 03	40 30	5	15	4	4	2	5	1	30 км к ЮВ от Байбурта	10-11	—
1328	11/X 1987 09 51	39 19	48 10	5	15	4	4	3	5	1	50 км к СЗ от Масаллы	11	—
1329	18/X 1987 12 51	38 52	48 25	5	15	4	3 ¹ /4	3	4-5	1	25 км к ЮЗ от Масаллы	10-11	—
1330	7/XI 1987 11 49	38 36	44 11	5	25	4	3 ¹ /2	3	4-5	1	10 км к ЮВ от Моллахасана	10-11	—
1331	15/XI 1987 21 02	40 05	41 46	4	15	5	3 ¹ /2	3	4-5	1	10 км к СВ от Пасинлера	10-11	—
1332	7/I 1988 10 59	38 40	45 22	5	15	5	4 ¹ /4	3	5-6	1	35 км к СВ от Хоя	11-12	—
1333	27/I 1988 03 46	39 46	45 03	4	15	4	4 ¹ /2	3	6	1	25 км к СВ от Ильичевска	12	—
1334	20/III 1988 07 17	38 45	44 19	4	15	4	3 ¹ /4	3	4-5	1	5 км к СЗ от Чакмака	10-11	—
1335	30/III 1988 21 41	39 11	40 07	5	15	5	4	3	5	1	25 км к ЮЗ от Киги	11	—
1336	6/IV 1988 11 12	41 27	44 01	3	10	4	3 ¹ /2	4	4-5	1	15 км к ЮЗ от Триалети	10-11	—
1337	20/IV 1988 03 49	38 53	44 04	4	15	5	4 ¹ /4	2	6-7	1	30 км к ЮВ от Мурадие	12-13	—
1338	21/IV 1988 10 01	39 02	43 54	4	15	5	4 ¹ /2	2	6	1	10 км к СВ от Мурадие	12	a 1337
1339	6/V 1988 00 14	39 10	44 04	4	15	4	4	3	5	1	30 км к СВ от Мурадие	11	a 1337
1340	17/V 1988 11 40	40 00	42 11	4	15	4	4 ¹ /4	2	5-6	1	5 км к Ю от Хорасана	11	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1341	17/V	1988 17 00	40 12	42 04	4	15	4	4	2	5	1	20 км к СЗ от Хорасана	11	—
1342	22 VI	1988 01 18	41 06	43 59	3	5	5	3 ¹ / ₂	3	5	1	10 км к СВ от Гукасяна	11	—
1343	24 VI	1989 20 43	41 26	43 43	3	5	5	3 ¹ / ₂	3	5	1	15 км к СВ от Богдановки	11	—
1344	25 VI	1988 16 15	38 33	42 59	4	25	4	5	2	6—7	1	оз. Ван, в 25 км к ЮЗ от Ал-машата	12—13	—
1345	29 VI	1988 02 31	40 26	41 12	4	15	4	4	2	5	1	15 км к ЮВ от Испира	11	—
1346	5 VII	1988 03 44	38 48	44 05	4	15	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	35 км к ЮВ от Мурадие	10—11	a 1337
1347	22 VII	1988 16 31	38 31	45 35	4	15	4	4	2	5	1	15 км к СЗ от Меренда	11	—
1348	22 VII	1988 16 49	38 35	44 59	4	15	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	5 км к С от Хоя	10—11	—
1349	3 VIII	1988 17 05	40 24	42 11	4	15	4	4 ¹ / ₄	2	5—6	1	20 км к ЮВ от Олту	11—12	—
1350	6 IX	1988 19 16	42 00	41 52	3	5	5	4 ¹ / ₂	1	7	2	15 км к СЗ от Махарадзе	12	—
1351	9 IX	1988 01 02	41 57	43 46	3	15	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	15 км к ЮВ от Хашури	10—11	—
1352	27 IX	1988 07 13	41 15	45 23	4	15	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	10 км к СЗ от Акстафы	10—11	—
1353	18 X	1988 12 35	40 19	41 17	4	15	4	3 ³ / ₄	4	4—5	1	25 км к ЮВ от Испира	10—11	—
1354	14 XI	1988 10 55	39 32	47 28	4	15	4	3 ³ / ₄	4	4—5	1	35 км к СВ от Джебранла	10—11	—
1355	7 XII	1988 07 41	40 54	44 08	3	12	4	7	1	10	2	Спитакское	16	—
1356	7 XII	1988 07 45	40 51	44 06	3	15	4	6 ¹ / ₄	2	9	1	15 км к СЗ от Спитака	15	a 1355
1357	7 XII	1988 07 54	40 54	44 07	5	10	4	4	4	5	1	15 км к СЗ от Спитака	11	a 1355
1358	7 XII	1988 07 56	40 53	44 14	5	10	4	4	4	5	1	7 км к СЗ от Спитака	11	a 1355
1359	7 XII	1988 07 59	40 48	44 16	4	10	4	4	3	5	1	4 км к ЮЗ от Спитака	11	a 1355
1360	7 XII	1988 08 06	40 52	44 07	4	10	4	5	3	7	1	14 км к СЗ от Спитака	13	a 1355
1361	7 XII	1988 08 40	40 55	44 11	3	10	4	3 ³ / ₄	4	4—5	1	12 км к СЗ от Спитака	10—11	a 1355
1362	7 XII	1988 08 43	40 54	44 17	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	8 км к СВ от Спитака	10	a 1355
1363	7 XII	1988 08 46	40 52	44 20	3	5	5	3 ³ / ₄	3	4—5	1	7 км к СВ от Спитака	10—11	a 1355
1364	7 XII	1988 08 48	40 49	44 17	4	10	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	2 км к ЮВ от Спитака	10—11	a 1355
1365	7 XII	1988 08 57	40 52	44 05	3	10	4	4	3	5	1	17 км к СЗ от Спитака	11	a 1355
1366	7 XII	1988 09 18	40 52	43 50	4	10	4	3 ³ / ₄	3	4—5	1	38 км к СЗ от Спитака	10—11	a 1355
1367	7 XII	1988 09 28	40 52	44 18	3	5	5	4	3	5	1	5 км к СВ от Спитака	11	a 1355
1368	7 XII	1988 09 34	40 54	44 12	3	10	4	4 ¹ / ₂	3	6—7	1	10 км к СЗ от Спитака	12—13	a 1355
1369	7 XII	1988 09 42	40 52	44 12	4	10	4	3 ¹ / ₄	3	3—4	1	7 км к СЗ от Спитака	9—10	a 1355
1370	7 XII	1988 09 54	40 50	44 10	4	10	4	3 ¹ / ₄	3	3—4	1	9 км к З от Спитака	9—10	a 1355
1371	7 XII	1988 10 20	40 56	44 14	4	15	4	4	3	5	1	12 км к СЗ от Спитака	11	a 1355
1372	7 XII	1988 10 56	40 53	44 17	3	10	4	4 ¹ / ₄	3	5—6	1	6 км к СВ от Спитака	11—12	a 1355
1373	7 XII	1988 11 01	40 54	44 14	3	5	5	3 ³ / ₄	3	5	1	8 км к СЗ от Спитака	10—11	a 1355
1374	7 XII	1988 11 03	40 55	44 16	3	10	4	4	3	5	1	10 км к С от Спитака	11	a 1355

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1375	7/XII 1988 12 09	40 55	44 13	3	5	5	3 ³ /4	3	5	1	11 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1376	7/XII 1988 12 12	40 57	44 02	4	10	4	3 ¹ /2	3	4	1	25 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1377	7/XII 1988 12 47	40 54	44 10	3	10	4	3 ¹ /2	3	4	1	12 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1378	7/XII 1988 12 55	40 55	44 11	4	10	4	3 ¹ /2	3	4	1	12 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1379	7/XII 1988 14 04	40 55	43 59	3	10	4	4 ¹ /4	3	5-6	1	27 км к СЗ от Спитака	11-12	а 1355
1380	7/XII 1988 14 07	40 54	44 26	4	5	5	3 ¹ /4	3	4	1	16 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1381	7/XII 1988 14 10	40 52	44 06	3	10	4	4	3	5-6	1	15 км к СЗ от Спитака	11-12	а 1355
1382	7/XII 1988 14 14	40 54	44 09	4	15	4	3 ¹ /4	3	3-4	1	13 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1383	7/XII 1988 14 37	40 49	44 14	3	10	4	4	3	5	1	4 км к ЮЗ от Спитака	11	а 1355
1384	7/XII 1988 14 46	40 55	44 16	3	10	5	3 ¹ /4	3	3-4	1	10 км к С от Спитака	9-10	а 1355
1385	7/XII 1988 15 03	40 58	44 19	4	5	5	3 ¹ /4	3	4	1	16 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1386	7/XII 1988 15 38	40 54	44 10	4	5	5	3 ¹ /4	3	4	1	12 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1387	7/XII 1988 15 53	40 56	43 59	3	10	4	3 ¹ /2	3	4	1	28 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1388	7/XII 1988 16 50	40 58	44 00	3	10	4	3 ³ /4	3	4-5	1	28 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1389	7/XII 1988 16 55	40 56	44 05	4	5	5	3 ¹ /4	3	4	1	20 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1390	7/XII 1988 18 05	40 54	44 20	4	10	4	4 ¹ /4	4	5-6	1	9 км к СВ от Спитака	11-12	а 1355
1391	7/XII 1988 18 26	40 56	44 02	3	10	4	3 ³ /4	3	4-5	1	24 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1392	7/XII 1988 19 17	40 56	44 17	3	10	4	4	3	5	1	12 км к СВ от Спитака	11	а 1355
1393	7/XII 1988 19 28	40 45	44 25	4	10	4	3 ¹ /4	3	3-4	1	15 км к ЮВ от Спитака	9-10	а 1355
1394	7/XII 1988 20 07	40 54	44 18	4	10	4	4 ¹ /4	4	5-6	1	8 км к СВ от Спитака	11-12	а 1355
1395	7/XII 1988 20 15	40 56	44 03	4	10	4	3 ¹ /2	3	4	1	22 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1396	7/XII 1988 20 35	40 54	44 05	3	10	4	3 ¹ /4	3	3-4	1	18 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1397	7/XII 1988 22 03	41 00	43 53	3	10	4	3 ¹ /2	3	4	1	39 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1398	7/XII 1988 22 14	40 50	44 21	4	10	4	3 ¹ /4	3	3-4	1	7 км к В от Спитака	9-10	а 1355
1399	7/XII 1988 23 50	40 55	44 01	4	15	4	3 ¹ /4	3	3-4	1	24 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1400	8/XII 1988 00 14	40 57	44 01	3	10	4	3 ³ /4	3	4-5	1	26 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1401	8/XII 1988 01 15	41 00	44 20	4	10	5	4 ¹ /4	4	5-6	1	20 км к СВ от Спитака	11-12	а 1355
1402	8/XII 1988 01 49	40 58	44 04	3	10	4	4	4	5	1	23 км к СЗ от Спитака	11	а 1355
1403	8/XII 1988 02 09	40 52	44 28	4	15	4	4	4	5	1	17 км к СВ от Спитака	11	а 1355
1404	8/XII 1988 02 46	40 53	44 12	4	10	4	3 ¹ /4	4	3-4	1	9 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1405	8/XII 1988 04 09	40 55	44 11	3	10	4	4 ¹ /4	4	5-6	1	12 км к СЗ от Спитака	11-12	а 1355
1406	8/XII 1988 04 48	40 57	44 11	3	15	4	3 ³ /4	4	4	1	15 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1407	8/XII 1988 05 36	40 55	44 10	4	15	4	4	4	5	1	13 км к СЗ от Спитака	11	а 1355
1408	8/XII 1988 06 04	40 42	44 23	3	15	4	3 ¹ /2	4	4	1	18 км к ЮВ от Спитака	10	а 1355
1409	8/XII 1988 06 28	40 52	44 02	4	15	4	3 ¹ /4	4	3-4	1	21 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1410	8/XII 1988 07 06	40 46	44 24	4	10	4	3 ¹ / ₄	4	3-4	1	14 км к ЮВ от Спитака	9-10	а 1355
1411	8/XII 1988 07 46	40 47	44 30	3	10	4	4 ¹ / ₂	4	6	1	21 км к ЮВ от Спитака	12	а 1355
1412	8/XII 1988 09 07	40 52	44 18	4	5	5	3 ¹ / ₄	4	3-4	1	5 км СВ от Спитака	9-10	а 1355
1413	8/XII 1988 10 14	40 53	44 09	4	5	5	3 ³ / ₄	4	5	1	12 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1414	8/XII 1988 12 09	40 56	44 10	4	10	4	3 ¹ / ₂	4	4	1	15 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1415	8/XII 1988 12 46	40 55	44 05	4	15	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	19 км к СЗ от Спитака	10	и 1355
1416	8/XII 1988 14 41	40 52	44 17	4	10	4	3 ¹ / ₄	4	3-4	1	4 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1417	8/XII 1988 16 22	40 43	44 21	4	10	4	3 ¹ / ₄	4	3-4	1	15 км к ЮВ от Спитака	9-10	а 1355
1418	8/XII 1988 17 59	40 52	44 09	4	5	5	3 ¹ / ₄	4	4	1	11 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1419	8/XII 1988 19 45	40 52	44 12	4	5	5	3 ¹ / ₄	4	4	1	7 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1420	8/XII 1988 20 32	40 56	44 16	3	10	4	4 ¹ / ₂	3	6	1	12 км к С от Спитака	12	а 1355
1421	8/XII 1988 22 08	40 52	44 14	4	10	4	3 ¹ / ₂	4	4	1	5 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1422	9/XII 1988 01 12	40 54	44 15	3	10	4	3 ¹ / ₂	4	4	1	8 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1423	9/XII 1988 01 50	40 44	41 22	4	0	4	3 ¹ / ₄	4	3-4	1	14 км к ЮВ от Спитака	9-10	а 1355
1424	9/XII 1988 08 31	40 54	44 04	4	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	19 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1425	9/XII 1988 14 01	40 53	44 07	3	10	4	4	4	5	1	15 км к СЗ от Спитака	11	а 1355
1426	9/XII 1988 14 13	40 58	44 01	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	27 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1427	9/XII 1988 14 48	40 56	44 08	3	10	4	3 ¹ / ₄	4	3-4	1	17 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1428	9/XII 1988 20 24	40 48	44 22	4	5	5	3 ¹ / ₂	4	4-5	1	9 км к ЮВ от Спитака	10	а 1355
1429	10/XII 1988 04 04	41 00	44 01	4	10	4	3 ¹ / ₄	4	3-4	1	29 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1430	10/XII 1988 10 05	40 50	44 14	3	5	5	3 ¹ / ₄	4	4	1	3 км к З от Спитака	9-10	а 1355
1431	10/XII 1988 19 13	40 51	44 20	3	10	4	4	4	5	1	6 км к СВ от Спитака	11	а 1355
1432	10/XII 1988 19 46	40 52	44 16	4	10	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	4 км к С от Спитака	10-11	а 1355
1433	10/XII 1988 21 25	40 57	44 06	3	10	4	3 ¹ / ₂	4	4	1	20 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1434	11/XII 1988 03 55	40 55	44 18	3	5	5	3 ¹ / ₄	4	4	1	10 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1435	11/XII 1988 04 58	41 01	44 14	4	10	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	21 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1436	11/XII 1988 12 20	40 44	44 22	4	10	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	14 км к ЮВ от Спитака	10-11	а 1355
1437	11/XII 1988 12 21	40 46	44 23	4	10	5	3 ¹ / ₂	4	4	1	12 км к ЮВ от Спитака	10	а 1355
1438	11/XII 1988 23 08	40 58	44 27	3	5	5	3 ¹ / ₄	4	4	1	22 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1439	12/XII 1988 01 14	40 54	44 05	3	10	4	3 ¹ / ₂	4	4	1	18 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1440	12/XII 1988 08 45	40 58	44 18	3	5	5	3 ¹ / ₂	4	4-5	1	15 км к СВ от Спитака	10	а 1355
1441	12/XII 1988 15 36	40 55	44 16	3	10	4	4 ¹ / ₂	4	5-6	1	10 км к С от Спитака	11-12	а 1355
1442	12/XII 1988 17 22	40 53	44 05	3	5	5	3 ¹ / ₄	3	4	1	17 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1443	13/XII 1988 04 21	40 56	44 14	4	5	5	3 ³ / ₄	4	5	1	12 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1444	13/XII 1988 21 07	40 54	44 12	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	10 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1445	13/XII 1988 21 35	40 58	44 06	3	10	4	3 ¹ / ₂	4	4	1	21 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1446	14/XII 1988 00 59	40 56	44 08	4	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	17 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1447	14/XII 1988 20 49	40 56	44 10	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	15 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1448	15/XII 1988 04 14	40 49	44 27	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	16 км к ЮВ от Спитака	9-10	а 1355
1449	15/XII 1988 15 43	40 55	44 09	4	10	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	14 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1450	16/XII 1988 18 53	40 53	44 00	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	24 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1451	17/XII 1988 05 59	40 56	43 59	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	28 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1452	17/XII 1988 23 33	40 54	44 10	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	12 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1453	18/XII 1988 04 03	40 52	44 21	4	15	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	8 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1454	18/XII 1988 13 06	40 57	44 03	3	5	5	3 ¹ / ₂	3	4-5	1	23 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1455	18/XII 1988 17 49	40 50	44 19	4	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	4 км к В от Спитака	10	а 1355
1456	18/XII 1988 19 52	41 01	44 10	3	5	5	3 ¹ / ₄	3	4	1	23 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1457	18/XII 1988 20 00	40 51	44 24	3	5	5	3 ¹ / ₄	3	4	1	11 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1458	19/XII 1988 02 35	40 46	44 25	3	5	5	3 ¹ / ₂	3	4-5	1	15 км к ЮВ от Спитака	10	а 1355
1459	19/XII 1988 05 22	40 53	44 15	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	6 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1460	19/XII 1988 17 29	40 51	44 19	3	10	4	4 ¹ / ₄	4	5-6	1	5 км к СВ от Спитака	11-12	а 1355
1461	20/XII 1988 00 05	40 49	44 29	3	10	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	19 км к ЮВ от Спитака	10-11	а 1355
1462	20/XII 1988 00 34	40 53	44 15	3	5	4	3 ¹ / ₄	3	4	1	6 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1463	22/XII 1988 02 20	40 48	44 21	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	8 км к ЮВ от Спитака	10	а 1355
1464	22/XII 1988 12 24	40 51	44 06	3	15	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	15 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1465	22/XII 1988 18 13	40 57	44 05	3	5	5	3 ¹ / ₂	3	4-5	1	21 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1466	22/XII 1988 18 19	40 48	44 26	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	14 км к ЮВ от Спитака	10	а 1355
1467	22/XII 1988 20 14	41 04	43 59	3	5	5	3 ¹ / ₄	3	4	1	36 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1468	22/XII 1988 21 23	40 47	44 34	3	5	5	3 ¹ / ₂	3	4-5	1	26 км к ЮВ от Спитака	10	а 1355
1469	23/XII 1988 07 42	40 50	44 17	3	5	5	3 ³ / ₄	4	5	1	1 км к В от Спитака	10-11	а 1355
1470	23/XII 1988 13 00	40 48	44 23	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	11 км к ЮВ от Спитака	9-10	а 1355
1471	23/XII 1988 16 43	40 53	44 02	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	21 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1472	24/XII 1988 05 48	40 51	44 17	4	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	2 км к СВ от Спитака	10	а 1355
1473	24/XII 1988 11 42	40 54	44 18	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	8 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1474	24/XII 1988 14 14	40 57	44 10	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	16 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1475	25/XII 1988 06 48	40 56	44 01	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	25 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1476	26/XII 1988 14 56	40 56	44 02	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	24 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1477	27/XII 1988 07 45	40 55	44 07	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	16 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1478	27/XII 1988 12 30	40 57	44 03	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	23 км к СЗ от Спитака	9-10	а 1355
1479	27/XII 1988 18 02	40 56	44 03	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	22 км к СЗ от Спитака	10	а 1355

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	23	14
1480	28/XII 1988 03 46	41 00	44 00	4	10	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	30 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1481	29/XII 1988 10 08	41 00	44 18	4	5	5	3 ¹ / ₂	3	4-5	1	19 км к СВ от Спитака	10	а 1355
1482	29/XII 1988 18 43	40 57	43 59	3	10	4	3 ¹ / ₂	3	4	1	28 км к СЗ от Спитака	10	а 1355
1483	30/XII 1988 13 28	40 56	44 02	3	15	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	24 км к СЗ от Спитака	10-11	а 1355
1484	31/XII 1988 04 07	40 58	43 58	3	10	4	4 ¹ / ₂	3	6-7	1	30 км к СЗ от Спитака	12-13	а 1355
1485	31/XII 1988 15 35	40 52	44 19	3	15	5	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	6 км к СВ от Спитака	9-10	а 1355
1486	31/XII 1988 15 54	40 50	44 18	3	10	4	3 ³ / ₄	4	4-5	1	3 км к В от Спитака	10-11	а 1355
1487	31/XII 1988 17 22	40 49	44 20	3	10	4	3 ¹ / ₄	3	3-4	1	6 км к ЮВ от Спитака	9-10	а 1355

а—афтершок, ф—форшок, С—север, Ю—юг, З—запад, В—Восток, СЗ—северо-запад, СВ—северо-восток, ЮЗ—юго-запад, ЮВ—юго-восток.

при $10,8 \leq K \leq 11,2$ принято $K=11$,
при $11,3 \leq K \leq 11,7$ принято $K=11-12$

и так далее.

Согласно табл. 31, на территории Армянского нагорья за период 1986—1988 гг. произошло 207 землетрясений, из которых 60 землетрясений были основными толчками, а 147 (т. е. 71% всего числа)—форшоками или афтершоками. При этом 132 землетрясения были афтершоками разрушительного Спитакского землетрясения, 34 основных землетрясения имели силу 4—5 баллов, а 26—силу 5 и более баллов.

Распределение всех землетрясений по магнитуде в отдельные годы и в течение всего рассматриваемого периода дано в табл. 32. Как следует из этой таблицы, в период 1986—1988 гг. более двух третей (71%) всех землетрясений имели магнитуду менее 4, 14% землетрясений были с магнитудой 4, 12,1% с магнитудой $4\frac{1}{4}$ — $4\frac{1}{2}$ и только 2,9% всех землетрясений имели магнитуду более $4\frac{1}{2}$. Примерно такое распределение землетрясений по магнитуде имеет место также для форшоков и афтершоков. В случае основных толчков больше половины (58,3%) землетрясений имели магнитуду менее 4, 16,7%—магнитуду 4, 18,3%—магнитуду $4\frac{1}{4}$ — $4\frac{1}{2}$ и только 6,7%—магнитуду более $4\frac{1}{2}$. На исследуемой территории произошли только три основных землетрясения с $M \geq 5$: в 1986 г. в Ахалкалакском нагорье, в 1988 г. в оз. Ван и в районе Спитака.

В отдельные 1986, 1987 и 1988 гг. на территории Армянского нагорья произошло неодинаковое количество землетрясений с силой 4—5 и более баллов: наибольшее число основных землетрясений было отмечено в 1986 г., а наименьшее в 1987 г. При этом в 1987 г. вообще не были отмечены афтершоки такой силы. Наибольшее число афтершоков имело место, естественно, в 1988 г. после разрушительного Спитакского землетрясения 7 декабря этого года.

На рис. 62 дана схема расположения эпицентров основных землетрясений с силой 4—5 и более баллов, а на рис. 63—график распределения основных землетрясений, их форшоков и афтершоков по отдельным регионам исследуемой территории Армянского нагорья в период 1986—1988 гг.

Наибольшее количество основных толчков, по 9 землетрясений, произошло в Черноморско-Байбуртском, Ардахан-Карс-Хорасанском, Ванском и Зангезурском регионах, затем в Ленинканском (8 землетрясений), в Талышском (6 землетрясений) и

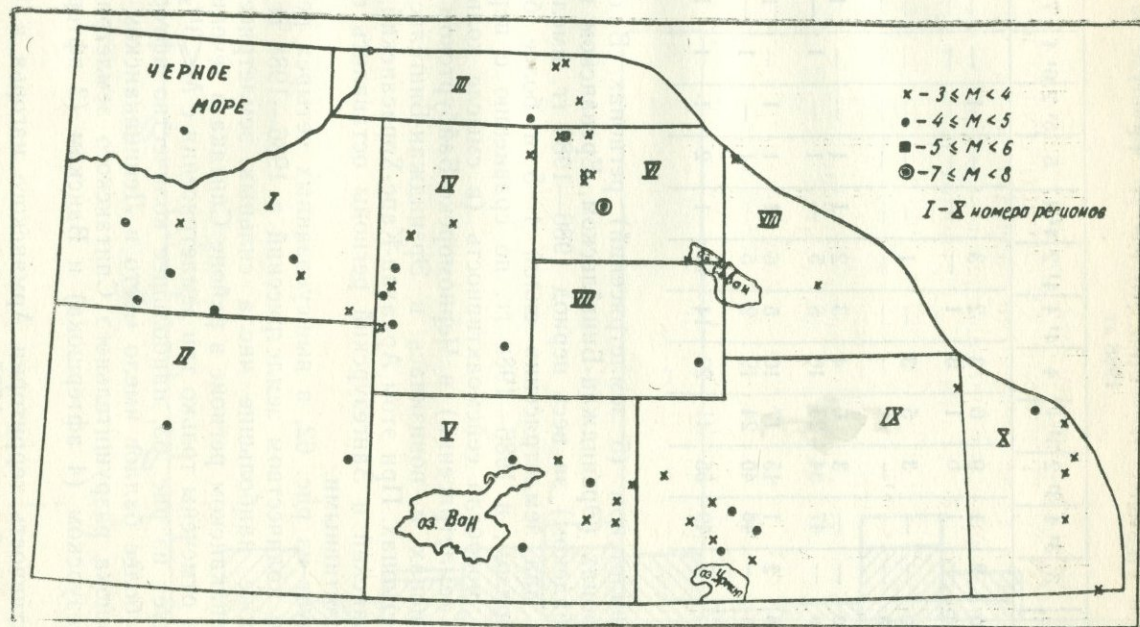


Рис. 62. Карта эпицентров землетрясений Армянского нагорья силой 4—5 и более баллов за период 1986—1988 гг.

Распределение землетрясений Армянского нагорья по магнитуде за 1986—1988 гг

Число землетрясений за годы	Магнитуда землетрясений		3	3 ¹ / ₄	3 ¹ / ₂	3 ³ / ₄	4	4 ¹ / ₄	4 ¹ / ₂	4 ³ / ₄	5	5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₄	7	Всего
	о	а													
1986	о	а	2	1	9	6	3	2	3	—	—	1	—	—	27
			—	1	6	1	3	1	—	—	—	—	—	—	12
19 87	о	а	—	—	3	5	3	—	1	—	—	—	—	—	12
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1988	о	а	—	—	3	6	4	3	2	1	1	—	—	1	21
			—	47	34	23	16	8	5	—	1	—	1	—	135
1 1985—1988	о	а	2	1	15	17	10	5	6	1	1	1	—	1	60
			—	48	40	24	19	9	5	—	1	—	1	—	147
Всего			2	49	55	41	29	14	11	1	2	1	1	1	207

в Аджаро-Триалетском (5 землетрясений) регионах. В остальных трех регионах (Эрзинджан-Бингёльском, Ереванском и Варденис-Кировабадском) за весь период 1986—1988 гг. имели место одно или два землетрясения силой 4—5 и более баллов.

Таким образом, в 1986—1988 гг. по сравнению с периодом 1981—1985 гг. возросла сейсмоактивность (в смысле количества происшедших землетрясений) в Черноморско-Байбуртском и Талышском регионах и понизилась в Эрзинджан-Бингёльском и Ереванском регионах. При этом Ардахан-Карс-Хорасанский, Ванский, Ленинанканский и Зангезурский регионы оставались относительно сейсмоактивными.

Как следует из рис. 62, в вышеуказанных четырех регионах с наибольшим количеством землетрясений в 1986—1988 гг. были отмечены также наибольшие числа сильных землетрясений с $M \geq 4$. В Ленинанканском регионе в районе Спитака в течение этих трех лет были отмечены только три землетрясения с $M \leq 3\frac{1}{2}$.

Как следует из рис. 63, наибольшее количество афтершоков силой 4—5 и более баллов имело место в Ленинанканском регионе (64 афтершока разрушительного Спитакского землетрясения) затем в Зангезурском (4 афтершока) и Ванском (3 афтершока) регионах.

Сейсмоактивность территории Армянского нагорья в 1986 г. была более высокой, чем в 1985 г., как по количеству землетрясений, так и по их силе.

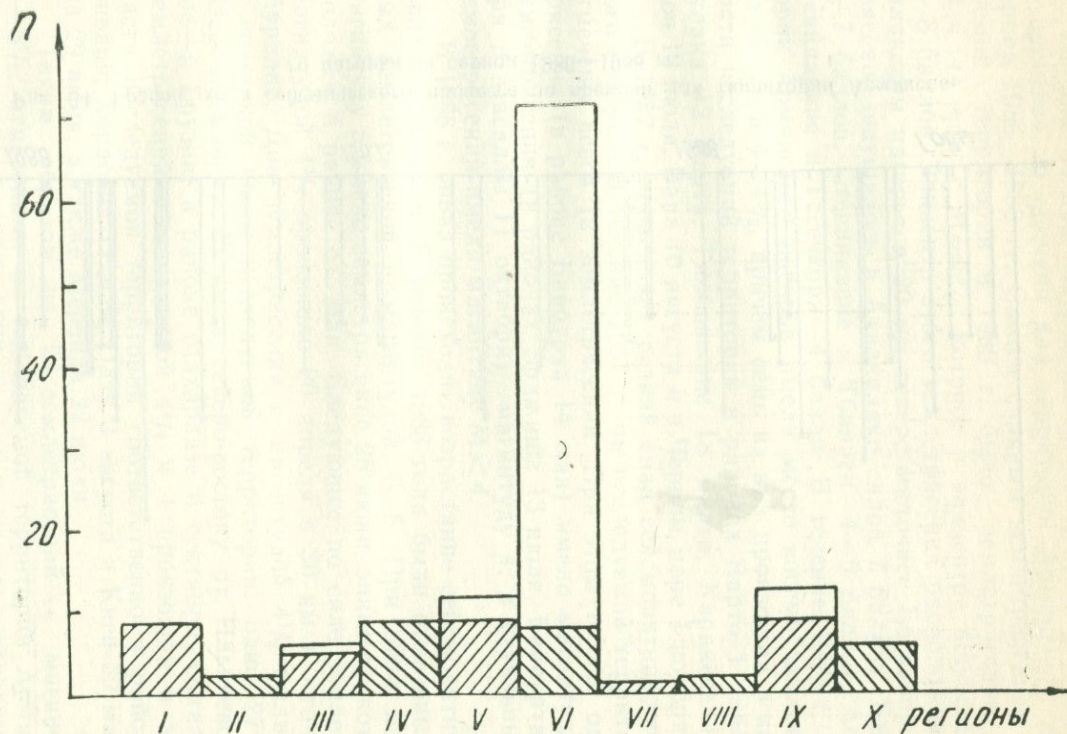


Рис. 63. График распределения землетрясений по регионам в период 1986—1988 гг. Заштрихованная площадь соответствует числу основных землетрясений, незаштрихованная—числу форшоков и афтершоков.

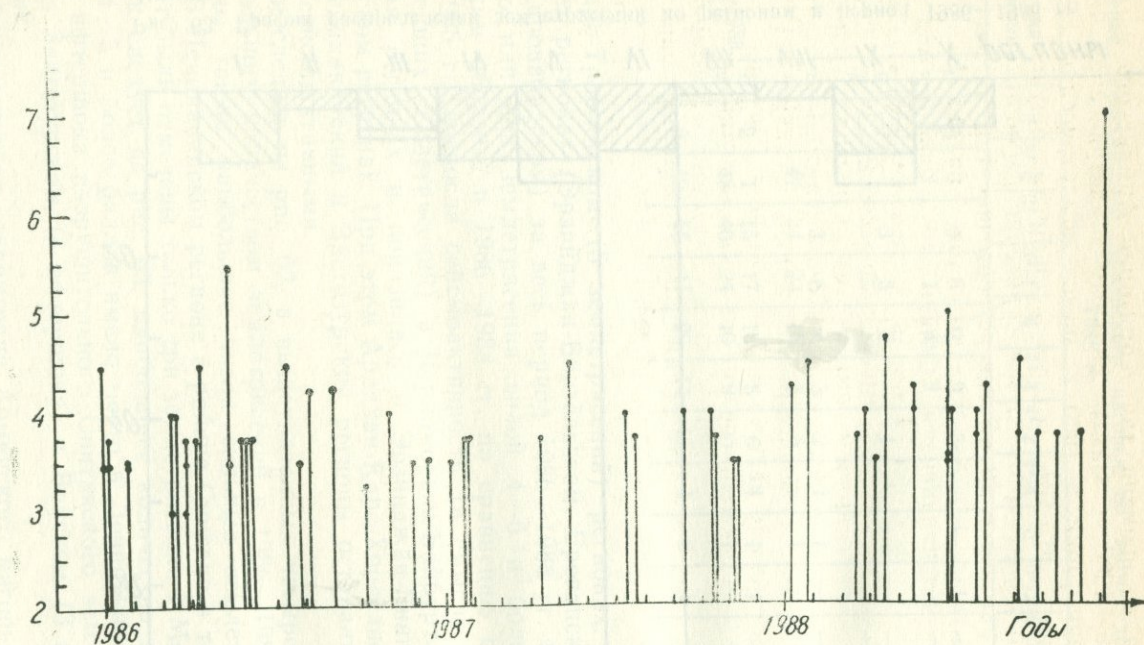


Рис. 64. График хода сейсмического процесса во времени для территории Армянско-го нагорья за период 1986—1988 гг.

На рис. 64 дан построенный нами график хода сейсмического процесса во времени для территории Армянского нагорья за период 1986—1988 гг. Самым сильным землетрясением на исследуемой территории в 1986 г. было землетрясение 13 мая в 08 ч. 44 мин. с $M=5\frac{1}{2}$, которое в эпицентре ощущалось силой 7—8 баллов. Эпицентр этого землетрясения расположен на Ахалкалакском нагорье в 20 км северо-восточнее Богдановки. Землетрясение ощущалось в Ахалкалаки силой 7 баллов, Бакуриани—6—7 баллов, Степанаване и Тбилиси—4—5 баллов, Абастумани, Ленинанкане и Гегечкори—4 балла. В течение 1986 г. на территории Армянского нагорья имели место восемь землетрясений с магнитудой 4— $4\frac{1}{2}$, причем семь из них произошли в зарубежной части исследуемой территории в районах Варто 1 января, Каракулака 12 марта, Гюмюшхане 18 марта, Каракёсе 11 апреля, Хоя 12 июля, Вана 10 августа и в Черном море 1 ноября.

В 1987 г. происходит резкий спад сейсмоактивности Армянского нагорья. В течение 1987 г. на исследуемой территории были отмечены всего 12 землетрясений. При этом только одно землетрясение (в районе Байбурта 14 мая) имело магнитуду $4\frac{1}{2}$, три землетрясения (в районах Эрджиша 13 июля, Байбурта 13 сентября и Масаллы 11 октября)—магнитуду 4, а остальные восемь землетрясений имели магнитуду $M < 4$.

В 1988 г. снова происходит возрастание сейсмоактивности Армянского нагорья. В течение 1988 года были отмечены 11 основных землетрясений с магнитудой 4—5. При этом наибольшую магнитуду 5 имело землетрясение 25 июня, эпицентр которого расположен в районе оз. Ван. Следующее по силе землетрясение с магнитудой $4\frac{3}{4}$ произошло 20 апреля в 30 км к юго-востоку от Мурадие. Два землетрясения с магнитудой $4\frac{1}{2}$ были отмечены в советской части исследуемой территории: одно 27 января в Азербайджане в 25 км к северо-востоку от Ильичевска и другое—в Грузии, в районе Махарадзе 6 сентября. Остальные семь землетрясений с магнитудой $4\frac{1}{4}$ и 4 произошли в зарубежной части исследуемой территории соответственно в районах Хоя 7 января, Хорасана 17 мая, Олту 3 августа и Киги 30 марта, Испира 29 июня, а также Меренда 22 июля.

Таким образом, из 24 землетрясений с магнитудой $M=4—5\frac{1}{2}$, отмеченных на исследуемой территории Армянского нагорья в течение 1986—1988 гг., только четыре произошли в пределах территории Советского Союза. В районе Спитака в этот период такой силы землетрясения не наблюдались. Следовательно, в очаговой зоне Спитакского землетрясения в течение нескольких лет перед катастрофой имело место затишье сейсмической актив-

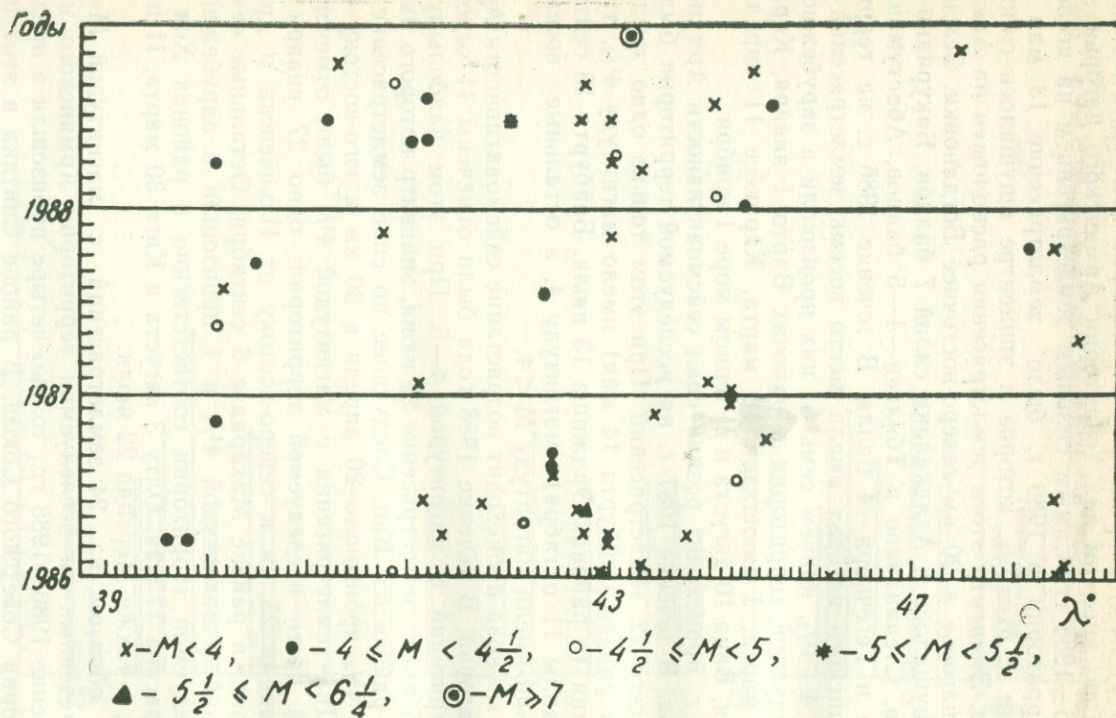


Рис. 65. Распределение сильных землетрясений Армянского нагорья в период 1986—1988 гг. во времени и по земной поверхности в широтном направлении.

ности (в смысле землетрясений с $M \geq 4$) и разрушительное Спитакское землетрясение 7 декабря явилось внезапным, весьма значительным сейсмическим событием как по времени возникновения, так и по силе проявления. Сказанное особенно четко прослеживается на пространственно-временных диаграммах развития сейсмического процесса вдоль и поперек Армянского нагорья за период с 1986 по 1988 гг. На диаграммах по оси ординат отложено время, а по оси абсцисс—долгота (рис. 65) или широта (рис. 66). Совместный анализ двух этих пространственно-временных диаграмм показывает, что перед разрушительным Спитакским землетрясением имело место затишье сильных землетрясений, а именно в окружности 60 км с центром в эпицентре этого землетрясения в течение трех лет перед этим не наблюдались землетрясения с $M \geq 4$.

Как было показано в главе I настоящей монографии, долготы эпицентров землетрясений с $M \geq 4\frac{1}{2}$ в период 1981—1985 гг. в основном имеют значения в интервале $39,4-42,3^\circ$, а эпицентры землетрясений с $M \geq 5$ имеют долготы от $41,9^\circ$ до $42,3^\circ$. Согласно пространственно-временной диаграмме развития сейсмического процесса в течение 1986—1988 гг. вдоль исследуемой территории, долготы эпицентров землетрясений с $M \geq 4\frac{1}{2}$ находятся в интервале от 40° до $45,3^\circ$. В этом же интервале долгота сосредоточена и основная масса землетрясений с $M < 4\frac{1}{2}$. Долготы эпицентров землетрясений с $M \geq 5$ расположены в узком интервале от $42,9^\circ$ до $44,2^\circ$. Следовательно, в 1986—1988 гг. эпицентры сильных землетрясений с $M \geq 4\frac{1}{2}$ по сравнению с периодом 1981—1985 гг. мигрировали в направлении с запада на восток. При рассмотрении пространственно-временной диаграммы развития сейсмического процесса в 1986—1988 гг. поперек исследуемой территории можно отметить, что в этот период сильные землетрясения с $M \geq 4\frac{1}{2}$ занимают как южную, так и северную части исследуемой территории. Следовательно, миграции сильных землетрясений с $M \geq 4\frac{1}{2}$ на территории Армянского нагорья в широтном направлении в течение 1986—1988 гг. не отмечается.

Используя данные о землетрясениях Армянского нагорья за период 1986—1988 гг., приведенные в табл. 32, нами подсчитаны значения энергии и высвобожденной деформации при землетрясениях с $K \geq 10$. При этом для Спитакского землетрясения, как было указано выше, были учтены также афтершоки с $K = 9-10$.

Результаты этих вычислений приведены в табл. 33. Согласно данным этой таблицы, как при основных землетрясениях, так и при афтершоках наименьшее количество энергии выделилось в 1987 г., а наибольшее, основное количество энергии—в 1988 г.

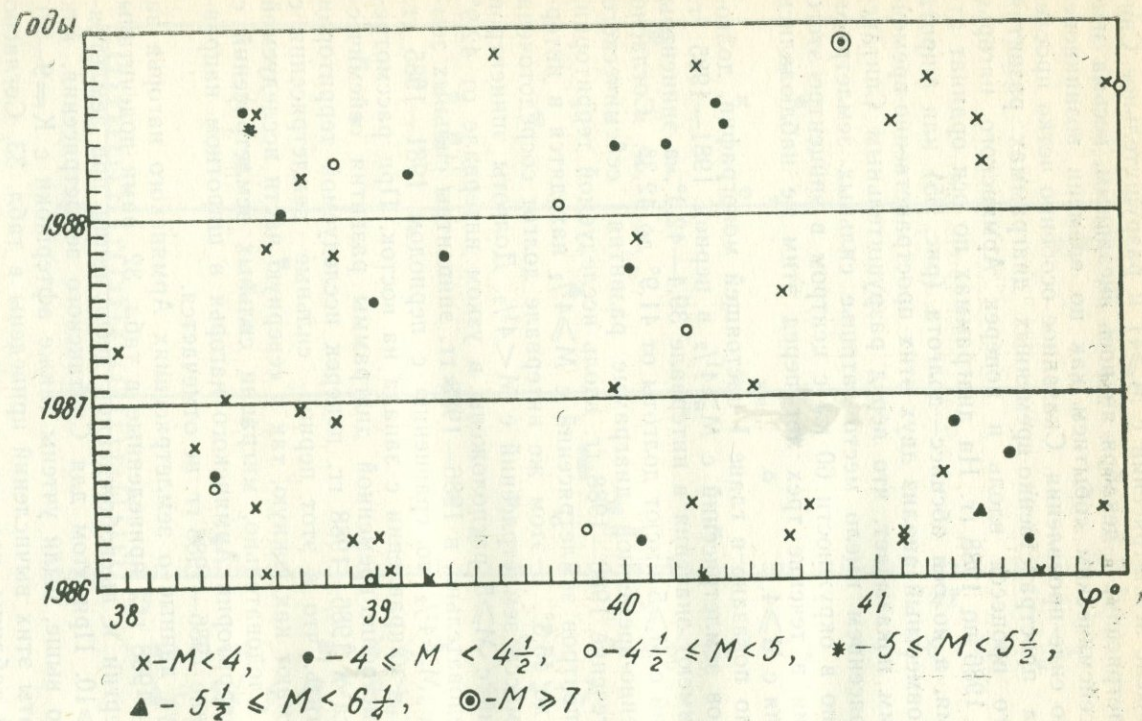


Рис. 66. Распределение сильных землетрясений Армянского нагорья в период 1986—1988 гг. во времени и по земной поверхности в меридиональном направлении.

Значения энергии и высвобожденной деформации при землетрясениях Армянского нагорья за период 1986—1988 гг.

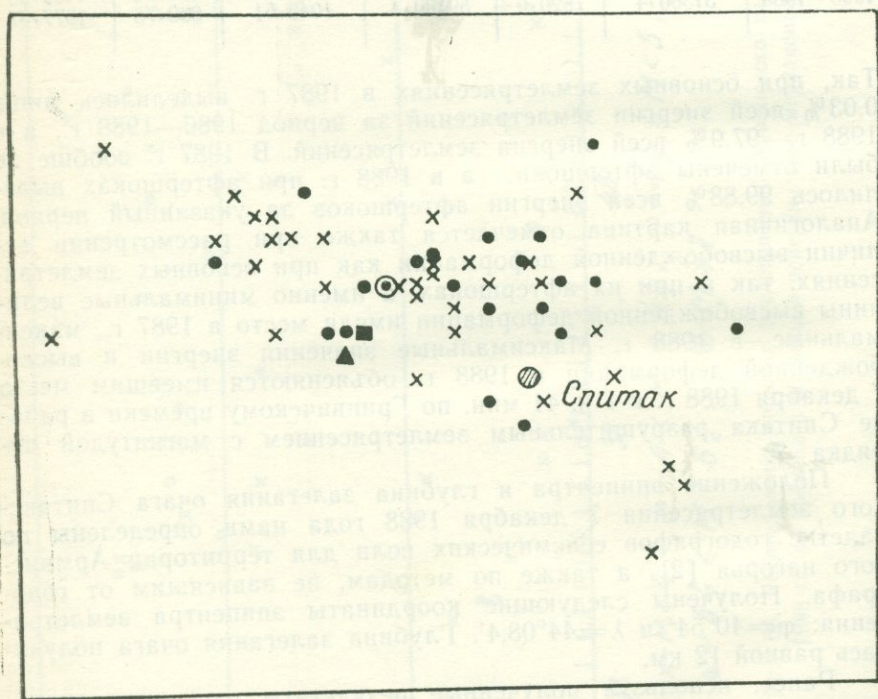
Годы	Энергия землетрясений, 10 ¹¹ Дж			Высвобожденная деформация при землетрясениях, 10 ⁵ Дж ^{1/2}		
	без афтер- шоков	афтер- шоков	всего	без афтер- шоков	афтер- шоков	всего
1986	1047,2	9,3	1056,5	181,59	27,85	209,44
1987	16,4	—	16,4	35,55	—	35,55
1988	50296,8	7810,7	58107,5	829,47	602,91	1432,38
1986—1988	51360,4	7820,0	59180,4	1046,61	630,76	1677,37

Так, при основных землетрясениях в 1987 г. выделилось лишь 0,03% всей энергии землетрясений за период 1986—1988 г., а в 1988 г.—97,9% всей энергии землетрясений. В 1987 г. вообще не были отмечены афтершоки, а в 1988 г. при афтершоках выделилось 99,88% всей энергии афтершоков за указанный период. Аналогичная картина отмечается также при рассмотрении величин высвобожденной деформации как при основных землетрясениях, так и при их афтершоках, а именно минимальные величины высвобожденной деформации имели место в 1987 г., максимальные—в 1988 г. Максимальные значения энергии и высвобожденной деформации в 1988 г. объясняются имевшим место 7 декабря 1988 г. в 7 ч. 41 мин. по Гринвичскому времени в районе Спитака разрушительным землетрясением с магнитудой порядка 7.

Положение эпицентра и глубина залегания очага Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года нами определены по палетке годографов сейсмических волн для территории Армянского нагорья [2], а также по методам, не зависящим от годографа. Получены следующие координаты эпицентра землетрясения: $\varphi=40^{\circ}54'$ и $\lambda=44^{\circ}08,4'$. Глубина залегания очага получилась равной 12 км.

Ранее, используя полученные результаты изучения сейсмических условий и механизма очагов землетрясений, нами было установлено, что земная кора территории Армянского нагорья имеет блоковое строение [6]. Выделены блоки трех порядков, на границах которых возможны землетрясения различной силы, и определены преимущественные характерные линейные и площадные размеры этих блоков. Эпицентральная область Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. расположена на границе двух блоков (рис. 61).

Спитакское землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками, самое сильное из которых произошло спустя 4 мин 22 сек. после основного толчка и имело магнитуду $6\frac{1}{4}$. Составлен Каталог афтершоков Спитакского землетрясения за период с 7 по 31 декабря 1988 г. (табл. 31), в котором приводятся данные о 132 афтершоках с $K \geq 9-10$, ощущавшихся в эпицентре силой 3—4 и более баллов. На рис. 67 дана схема расположения эпицентров афтершоков указанной силы, которые произошли в течение первых суток после основного толчка. В этот период имели место 55 афтершоков такой силы, причем магнитуда 33 афтершоков была меньше 4-х. Как следует из этого рисунка, область

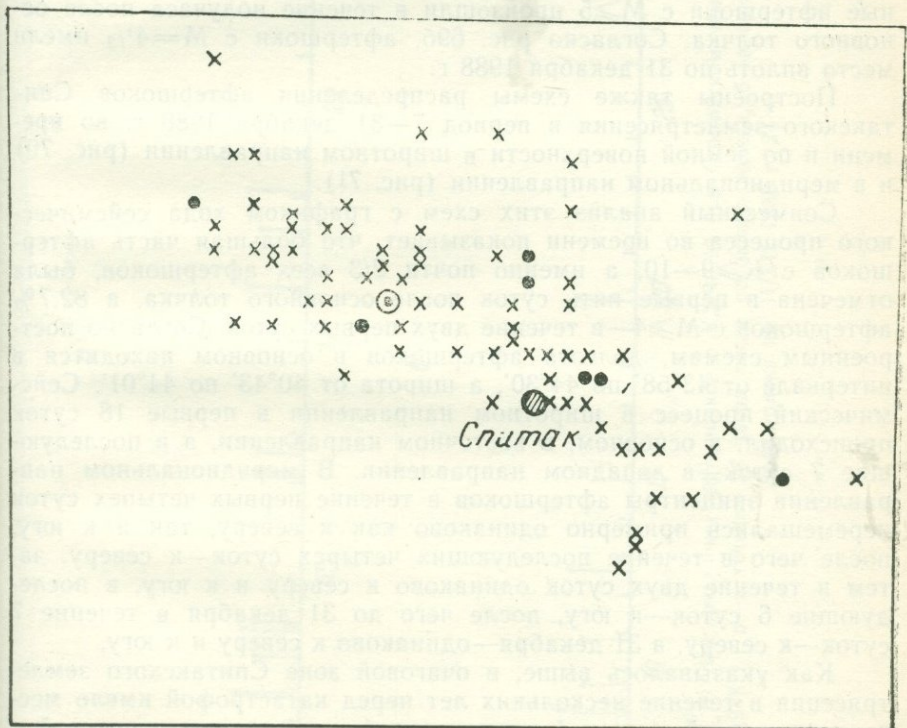


$x - M < 4$, $\bullet - 4 \leq M < 5$, $\blacksquare - M = 5$

$\blacktriangle - M = 6\frac{1}{4}$ $\odot - a$

Рис. 67. Схема расположения эпицентров афтершоков Спитакского землетрясения, происшедших в течение 24 часов после основного толчка. а—эпицентр Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. 07 ч. 41 мин.

занимаемая эпицентрами афтершоков, имеет близширотное прости-
 рание с северо-запада на юго-восток. При этом большая часть
 эпицентров расположена восточнее, северо-восточнее и юго-вос-
 точнее от эпицентра основного толчка. Однако эпицентры двух
 наиболее сильных афтершоков с $M=6\frac{1}{4}$ и $M=5$ расположены
 юго-западнее эпицентра основного толчка. На рис. 68 дана схема
 расположения афтершоков, происшедших в течение последующих
 суток до конца декабря 1988 года. Область афтершоков после-
 первых суток сохранила направленность своего близширотного
 простираения, но несколько расширилась в северо-западном и се-
 веро-восточном направлениях от основного толчка. В этот период



$x - M < 4$, $\bullet - 4 \leq M < 5$, $\odot - a$

Рис. 68. Схема расположения эпицентров афтершоков Спитакского землетрясе-
 ния, происшедших в период 8/XII 1988 г. 07 ч. 46 мин—31/XII 1988 г. 24 ч.
 а—эпицентр Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. 07 ч. 41 мин.

произошло 77 афтершоков с $K \geq 9-10$, причем 70 из них имели $M < 4$ и только у семи афтершоков магнитуда была в пределах $4-4\frac{1}{2}$.

Таким образом, 41,5% всех афтершоков с $K \geq 9-10$ периода от 7 по 31 декабря 1988 г. произошли в первые сутки после основного толчка.

Нами построен график хода сейсмического процесса во времени при Спитакском землетрясении, представленный на рис. 69. При этом на рис. 69а дан этот график для первых суток после основного толчка, а на рис. 69б—для периода от основного толчка по 31 декабря 1988 г. Как следует из рис. 69а, наиболее сильные афтершоки с $M \geq 5$ произошли в течение получаса после основного толчка. Согласно рис. 69б, афтершоки с $M = 4\frac{1}{2}$ имели место вплоть по 31 декабря 1988 г.

Построены также схемы распределения афтершоков Спитакского землетрясения в период 7—31 декабря 1988 г. во времени и по земной поверхности в широтном направлении (рис. 70) и в меридиональном направлении (рис. 71).

Совместный анализ этих схем с графиком хода сейсмического процесса во времени показывает, что большая часть афтершоков с $K \geq 9-10$, а именно почти $2/3$ всех афтершоков, была отмечена в первые пять суток после основного толчка, а 82,7% афтершоков с $M \geq 4$ —в течение двух первых суток. Согласно построенным схемам, долгота афтершоков в основном находится в интервале от $43^\circ 58'$ по $44^\circ 30'$, а широта от $40^\circ 43'$ по $41^\circ 01'$. Сейсмический процесс в широтном направлении в первые 18 суток происходил, в основном, в восточном направлении, а в последующие 7 суток—в западном направлении. В меридиональном направлении эпицентры афтершоков в течение первых четырех суток перемещались примерно одинаково как к северу, так и к югу, после чего в течение последующих четырех суток—к северу, затем в течение двух суток одинаково к северу и к югу, в последующие 6 суток—к югу, после чего до 31 декабря в течение 7 суток—к северу, а 31 декабря—одинаково к северу и к югу.

Как указывалось выше, в очаговой зоне Спитакского землетрясения в течение нескольких лет перед катастрофой имело место затишье сейсмической активности (в смысле землетрясений с $M \geq 4$). Однако 6 декабря 1988 г. в очаговой зоне разрушительного Спитакского землетрясения имели место два землетрясения: первое в 15 ч. 27 мин. с $K = 9$ и второе в 18 ч. 34 мин с $K = 7-8$. Возникает вопрос, можно ли было по сейсмологическим данным этих землетрясений предположить возникновение более сильного землетрясения, т. е. рассматривать землетрясения 6 декабря как

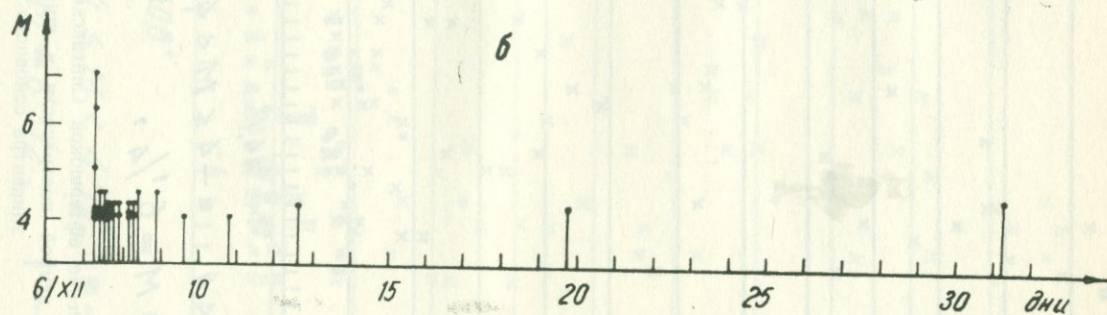
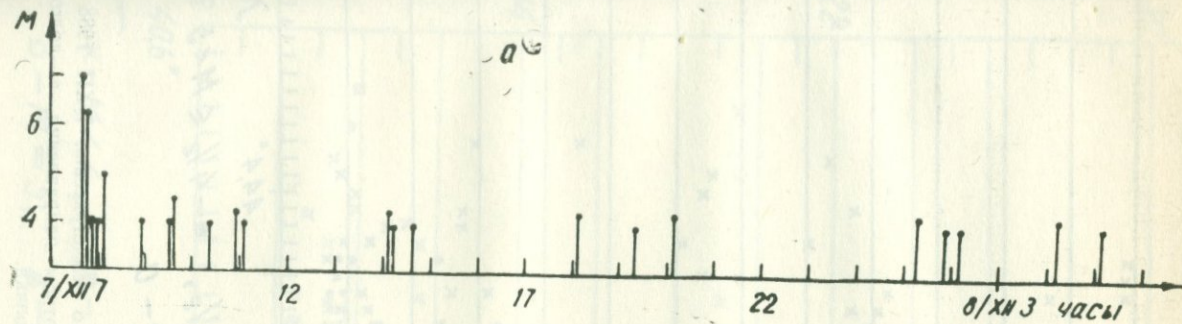


Рис. 69 Распределение афтершоков с $K \geq 9-10$ при Спитакском землетрясении 7/XII 1988 г.: а—в течение 24 часов после основного толчка, б—в период от основного толчка по 31/XII 1988 г. 24 ч.

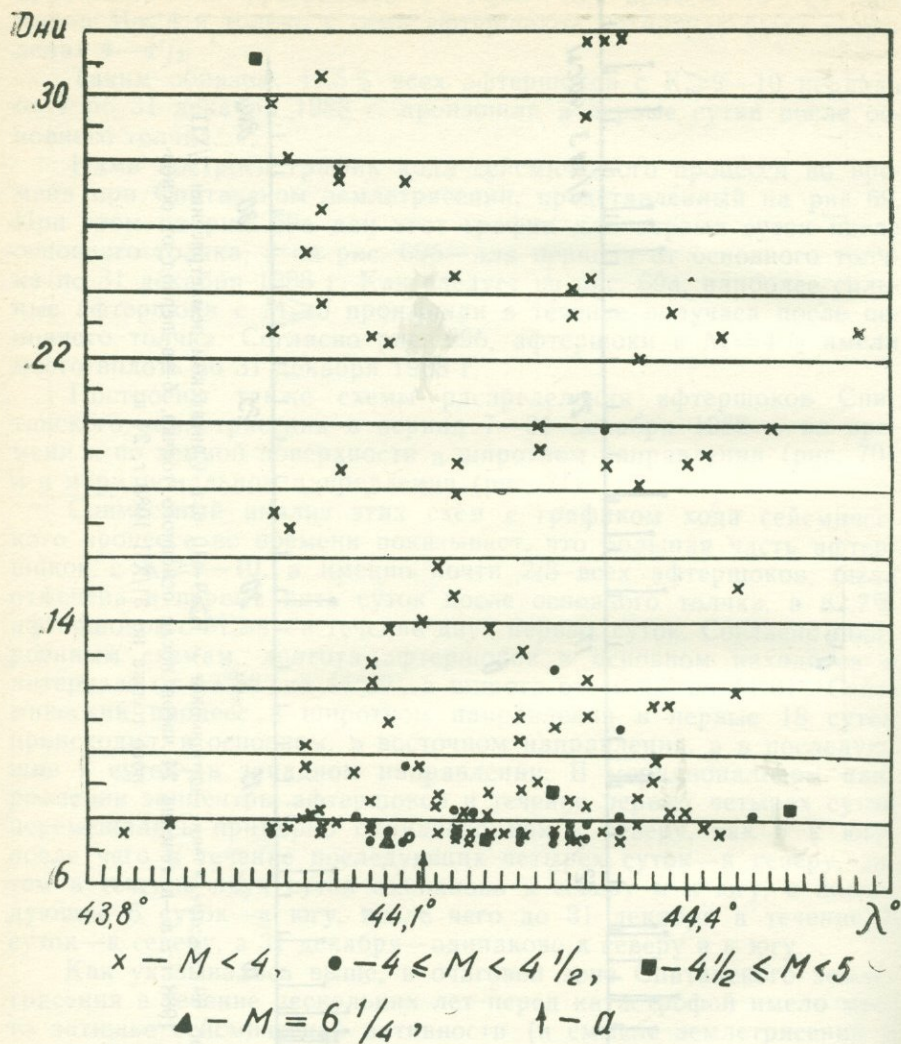
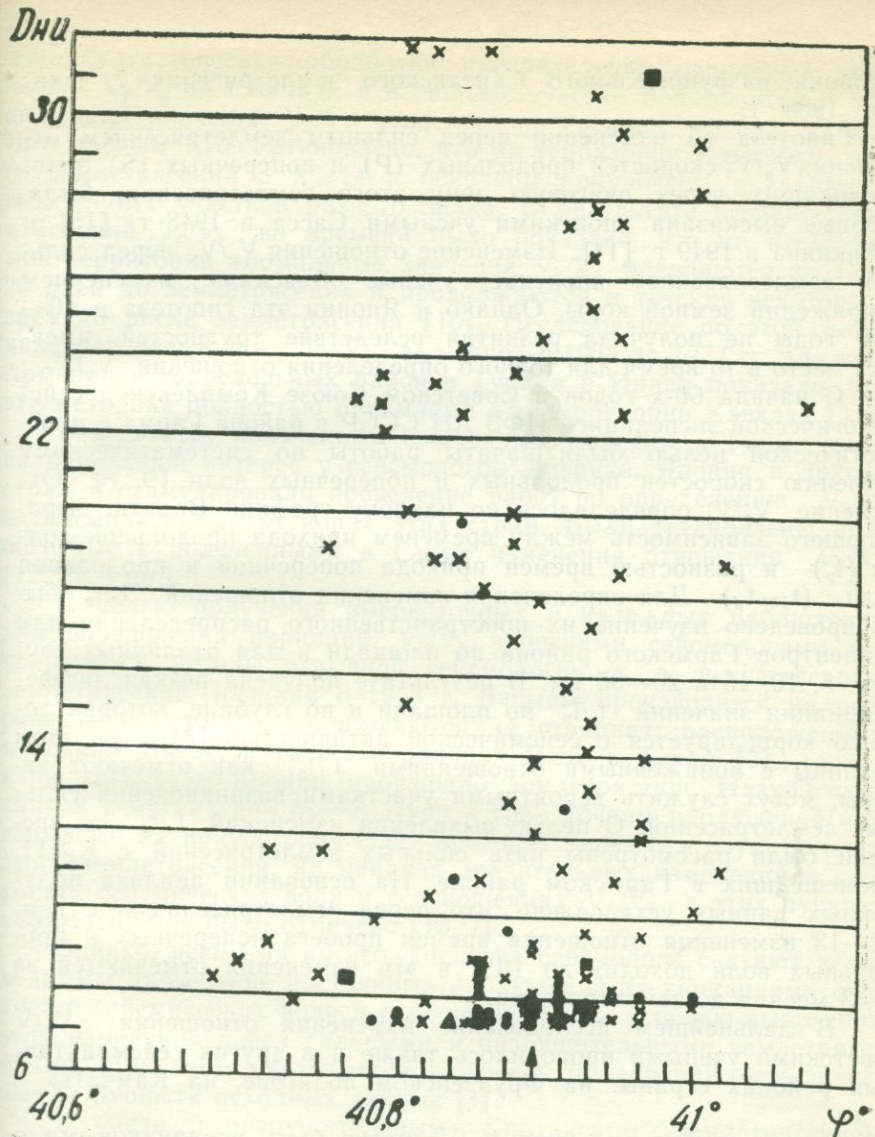


Рис. 70. Распределение афтершоков Спитакского землетрясения 7/XII 1988 г. во времени и по земной поверхности в широтном направлении. а—долгота эпицентра основного толчка.



$\times - M < 4$, $\bullet - 4 \leq M < 4\frac{1}{2}$, $\blacksquare - 4\frac{1}{2} \leq M < 5$
 $\circ - M = 5$, $\blacktriangle - M = 6\frac{1}{4}$, $\uparrow - a$

Рис. 71. Распределение афтершоков Спитакского землетрясения 7/XII 1988 г. по времени и по земной поверхности в меридиональном направлении. а—широта эпицентра основного толчка.

форшоки разрушительного Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г.

Гипотеза об изменении перед сильным землетрясением отношения V_p/V_s скоростей продольных (P) и поперечных (S) волн, проходящих через очаговую зону этого землетрясения, была впервые высказана японскими учеными Сасса в 1948 г. [15] и Хакиява в 1949 г. [14]. Изменение отношения V_p/V_s перед сильным землетрясением японские ученые объясняли изменением напряжений земной коры. Однако в Японии эта гипотеза в 40—50-е годы не получила развития вследствие трудностей, имеющих место в то время для точного определения отношения V_p/V_s .

С начала 60-х годов в Советском Союзе Комплексной сейсмологической экспедицией ИФЗ АН СССР в районе Гарма с прогностической целью были начаты работы по систематическому изучению скоростей продольных и поперечных волн [9, 8]. Отношение V_p/V_s определялось по наклону графика Вадати, выражающего зависимость между временем прихода продольной волны (t_p) и разностью времен прихода поперечной и продольной волн ($t_s - t_p$). Для определения изменения отношений t_s/t_p было проведено изучение их пространственного распределения для эпицентров Гармского района по площади и для различных глубин: 5, 10, 15 и 20—35 км. В результате получена резкая дифференциация значений t_s/t_p по площади и по глубине, которая хорошо коррелируется с сейсмической активностью [8]. При этом границы с пониженными отношениями t_s/t_p , как отмечают авторы, могут служить вероятными участками возникновения сильных землетрясений. С целью выявления изменений t_s/t_p во времени были рассмотрены пять сильных землетрясений с $K \geq 11$, происшедших в Гармском районе. На основании анализа полученных данных установлено, что перед землетрясениями с $K = 12—13$ изменения отношения времен пробега поперечных и продольных волн доходит до 10% и эти изменения отмечаются за 2—3 месяца до землетрясения.

В дальнейшем исследование изменения отношения V_p/V_s советскими учеными проводилось также и в других сейсмоактивных районах страны: на Фрунзенском полигоне, на Камчатке и т. д.

Учитывая, что значения V_p/V_s могут быть неодинаковыми в разных направлениях от очага землетрясения, Л. Б. Славина в 1971 г. предложила отношение V_p/V_s определять не по наклону графика Вадати, т. е. по совокупности данных группы сейсмических станций, а по данным одной станции получать единичные значения этого отношения [10]. Эта методика была использована ею при изучении V_p/V_s в районе Камчатки. При этом прове-

дена статистическая обработка распределения единичных значений V_p/V_s по площади и выделены участки повышенных и пониженных значений V_p/V_s относительно среднего уровня, принятого равным 1,73. Установлено, что на территории Камчатки очаги землетрясений с $K \geq 14$ в основном приурочены к границам выделенных участков разного знака. В результате исследования изменений V_p/V_s во времени было показано, что на исследуемой территории аномальные значения V_p/V_s появляются за 12—20 дней до землетрясения и продолжают в течение некоторого времени после землетрясения [10]. Исследование по этой методике распределения V_p/V_s за период с 1965 по 1977 гг. для юга Армении и сопредельных районов Турции и Ирана показало, что эта методика полностью приемлема для территории Кавказа [11].

Результаты, полученные советскими учеными в Гарме, вызвали большой интерес у сейсмологов Америки, Японии и других стран и стимулировали проведение работ по определению V_p/V_s в сейсмоактивных регионах этих стран. Были установлены аналогичные с полученными в Гарме изменения отношения V_p/V_s [12, 16 и др.].

С целью получения высокоточных и надежных наблюдений для определения вариаций V_p/V_s японскими сейсмологами используются методы взрывной сейсмологии, т. е. искусственных землетрясений, начиная с 1968 г. Взрывы производятся на острове Идзу-Осима и записываются на станциях, расположенных в южном Китае, а также в районах Идзу и Токай [7]. 14 января 1978 г. в Японии произошло землетрясение Идзу-Осимаканкай с магнитудой $M=7$. Лучи к трем точкам наблюдений над взрывами на полуострове Идзу проходят через очаговую область этого землетрясения, но никаких значительных изменений в скоростях сейсмических волн и в отношениях V_p/V_s в этих пунктах наблюдений не было отмечено [13, 7].

Однако, несмотря на это, японские сейсмологи считают необходимым проведение постоянных наблюдений за вариациями скоростей сейсмических волн и отношений V_p/V_s с целью выявления этих изменений перед сильными и разрушительными землетрясениями. При этом указывается важность и необходимость повышения точности исходных данных [1].

В связи с разрушительным Спитакским землетрясением представляло интерес исследовать поведение параметра V_p/V_s в очаговой зоне этого землетрясения в периоды задолго до землетрясения и непосредственно перед самим землетрясением и установить возможности использования этого параметра наряду с другими (например, геохимическими, биологическими и т. д.), в качестве предвестника Спитакского землетрясения. С этой

целью были отобраны двадцать землетрясений, эпицентры которых расположены в районе Спитакя и которые произошли до разрушительного Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. в период от 30 января 1967 г. по 6 декабря 1988 г. В числе этих землетрясений Спитакское 1967 г. с $K=13$, Кироваканское 1978 г. с $K=11$, ряд более слабых землетрясений и, наконец, два землетрясения 6 декабря 1988 г., которые произошли в очаговой зоне Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. и явились форшо-ками этого землетрясения.

По данным сейсмических станций «Ереван», «Варденис», «Ленинакан», «Степанаван», «Абастумани», «Ахалкалаки», «Бакуриани», «Богдановка», «Гори», «Душети» и «Тбилиси» нами вычислены значения V_p/V_s при указанных 20 землетрясениях. Эти станции расположены в разных направлениях от очаговой зоны Спитакского землетрясения на расстояниях, не превышающих 160 км.

Вычисление отношений V_p/V_s на отдельных сейсмических станциях нами проводилось по формуле [10]:

$$V_p/V_s = \frac{t_s - t_p}{t_p - t_0} + 1, \quad (10)$$

где t_s и t_p — времена вступлений на данную сейсмическую станцию прямых поперечных и продольных сейсмических волн, V_s и V_p — скорости распространения этих волн, а t_0 — время в очаге землетрясения, которое определялось по данным сети сейсмических станций Кавказа. При этом определение времени в очаге землетрясения производилось по методам, не зависящим от годографов сейсмических волн.

Полученные величины V_p/V_s даны в табл. 34. Проведено сопоставление полученных величин V_p/V_s с их фоновыми, нормальными значениями для территории Армянского нагорья. Фоновые, нормальные величины V_p/V_s на территории Армянского нагорья для различных глубин залегания очагов землетрясений нами определены ранее, и для глубин очага $0 \div 20$ км имеют значения $1,715 \pm 0,0002$ [2].

Отношение V_p/V_s , вычисленное для одного и того же землетрясения, по данным станций, расположенных в различных направлениях от эпицентра, имеет неодинаковые значения. Исходя из этого, в табл. 34 для каждого землетрясения дано среднее по всем сейсмическим станциям значение V_p/V_s . Анализ средних значений этого отношения показывает, что имеется определенная связь между величиной V_p/V_s и энергетическим классом землетрясения. Так, для I Спитакского землетрясения 30 января

Значения V_p/V_s в очаговой зоне Спитакского землетрясения

№ № п п	Дата и время возникновения землетрясения — число, месяц, год, ч, мин			Энергетический класс, К	Среднее значение V_p/V_s
1	2			3	4
1	30/I	1967	01 20	13	1,762
2	27/VI	1973	23 24	10—11	1,712
3	10/I	1977	12 26	10	1,706
4	17/I	1978	19 12	11	1,714
5	3/VII	1979	05 48	9	1,697
6	18/XII	1979	23 20	9	1,692
7	7/V	1980	3 41	9	1,694
8	9/V	1980	03 37	9	1,703
9	17/I	1982	10 27	10—11	1,732
10	12/III	1986	17 53	10—11	1,686
11	26/III	1986	22 25	10	1,664
12	29/III	1986	19 11	9—10	1,669
13	27/XII	1986	05 59	9—10	1,669
14	15/IV	1987	15 48	9—10	1,665
15	22/VI	1988	01 18	11	1,671
16	3/IX	1988	15 55	9	1,669
17	11/XI	1988	17 55	8—9	1,702
18	3/XII	1988	15 54	7—8	1,718
19	6/XI	1988	15 27	9	1,748
20	6/XII	1988	18 34	7—8	1,750
21	7/XII	1988	07 41	—	1,817
22	7/XII	1988	07 54	11	1,714
23	7/XII	1988	07 56	11	1,741
24	7/XII	1988	07 59	11	1,776
25	7/XII	1988	08 40	10—11	1,714
26	7/XII	1988	08 46	10—11	1,711
27	7/XII	1988	08 57	11	1,722
28	7/XII	1983	09 34	12—13	1,750
29	7/XII	1988	10 20	11	1,757
30	7/XII	1988	10 56	11—12	1,769
31	7/XII	1988	11 01	10—11	1,740
32	7/XII	1988	11 03	11	1,803
33	7/XII	1988	12 09	10—11	1,722
34	7/XII	1988	12 47	10	1,707
35	7/XII	1988	14 04	11—12	1,723
36	7/XII	1988	14 10	11—12	1,714
37	7/XII	1988	14 37	11	1,727
38	7/XII	1988	14 46	9—10	1,725
39	7/XII	1988	15 03	9—10	1,726
40	7/XII	1988	15 53	9—10	1,724
41	7/XII	1988	16 50	10—11	1,729
42	7/XII	1988	18 05	11—12	1,772
43	7/XII	1988	18 26	10—11	1,751
44	7/XII	1988	19 17	11	1,753

1	2			3	4
45	7/XII	1988	20 07	11—12	1,769
46	7/XII	1988	20 15	10	1,692
47	7/XII	1988	20 35	9—10	1,688
48	7/XII	1988	22 03	10	1,685
49	8/XII	1988	00 14	10—11	1,725
50	8/XII	1988	01 15	11—12	1,742
51	8/XII	1988	01 49	11	1,742
52	8/XII	1988	02 09	11	1,734
53	8/XII	1988	02 46	9—10	1,780
54	8/XII	1988	04 09	11—12	1,762
55	8/XII	1988	05 36	11	1,708
56	8/XII	1988	07 46	12	1,730
57	8/XII	1988	09 07	9—10	1,698
58	8/XII	1988	10 14	10—11	1,701
59	8/XII	1988	17 53	9—10	1,690
60	8/XII	1988	20 32	12	1,775
61	9/XII	1988	01 12	10	1,717
62	9/XII	1988	04 50	9—10	1,696
63	9/XII	1988	09 49	8	1,747
64	9/XII	1988	14 01	11	1,707
65	9/XII	1988	14 13	10	1,689
66	9/XII	1988	14 48	9—10	1,659
67	9/XII	1988	20 24	10	1,700
68	10/XII	1988	19 13	11	1,749
69	10/XII	1988	19 46	10—11	1,697
70	10/XII	1988	21 05	10	1,704
71	11/XII	1988	03 55	9—10	1,702
72	11/XII	1988	04 58	10—11	1,736
73	11/XII	1988	12 20	10—11	1,708
74	11/XII	1988	12 21	10	1,705
75	11/XII	1988	23 08	9—10	1,686
76	12/XII	1988	01 14	10	1,699
77	12/XII	1988	08 45	10	1,702
78	12/XII	1988	15 36	11—12	1,730
79	1/XII	1988	17 22	9—10	1,698
80	13/XII	1988	04 21	10—11	1,710
81	13/XII	1988	21 07	9—10	1,669
82	13/XII	1988	21 35	10	1,705
83	14/XII	1988	00 59	9—10	1,790
84	14/XII	1988	20 49	10	1,689
85	15/XII	1988	15 43	10—11	1,707
86	16/XII	1988	18 53	10	1,684
87	17/XII	1988	05 59	9—10	1,689
88	17/XII	1988	23 33	9—10	1,684
89	18/XII	1988	13 06	10	1,688
90	18/XII	1988	17 49	10	1,671
91	18/XII	1988	19 52	9—10	1,684
92	18/XII	1988	20 00	9—10	1,695

1	2	3	4
93	18/XII 1988 20 46	9	1,682
94	19/XII 1988 02 35	10	1,704
95	19/XII 1988 05 22	10	1,747
96	19/XII 1988 17 29	11—12	1,762
97	20/XII 1988 00 05	10—11	1,740
98	22/XII 1988 02 20	10	1,702
99	22/XII 1988 12 24	10—11	1,764
100	22/XII 1988 18 13	10	1,739
101	22/XII 1988 18 19	10	1,722
102	22/XII 1988 20 14	9—10	1,718
103	22/XII 1988 21 23	10	1,697
104	23 XII 1988 07 42	10—11	1,722
105	23/XII 1988 13 00	9—10	1,711
106	23/XII 1988 16 43	9—10	1,682
107	24/XII 1988 05 48	10	1,681
108	24/XII 1988 11 42	9—10	1,689
109	25 XII 1988 06 48	9—10	1,666

1	2	3	4
110	26/XII 1988 14 56	9—10	1,668
111	27/XII 1988 07 45	10	1,688
112	27/XII 1988 12 30	9—10	1,711
113	28/XII 1988 03 46	10—11	1,735
114	9/XII 1988 10 08	10	1,723
115	29/XII 1988 18 43	10	1,706
116	30/XII 1988 13 28	10 11	1,727
117	31/XII 1988 04 07	12—13	1,738
118	31/XII 1988 15 35	9—10	1,701
119	31/XII 1988 15 54	10—11	1,719
120	31/XII 1988 17 22	9—10	1,710
121	1/I 1989 22 59	10—11	1,712
122	3 I 1989 08 19	11	1,722
123	4/I 1989 07 29	12—13	1,783
124	4/I 1989 07 38	10—11	1,712
125	5/I 1989 08 15	11	1,738

1967 г. с $K=13$ отношение V_p/V_s равно 1,762, затем оно убывает и снова возрастает, принимая значение 1,714 при землетрясении 17 января 1978 г. с $K=11$, затем снова убывает, образуя неглубокую бухту при землетрясениях с $K=9$, после чего возрастает до значения 1,732 при землетрясении 17 января 1982 г. с $K=10-11$. При следующем землетрясении 12 марта 1986 г. начинается спад величины V_p/V_s (возможно он начался раньше, но мы не имеем данных), который продолжается до ноября 1988 г. При слабом землетрясении 11 ноября 1988 г. с $K=8-9$ среднее значение $V_p/V_s=1,702$ приближается к фоновому, а при слабом землетрясении 3 декабря 1988 г. с $K=7-8$ равно фоновому ($V_p/V_s=1,718$). При первом землетрясении 6 декабря среднее значение V_p/V_s равно 1,748, то есть оно возросло по сравнению с 3 декабря 1988 г. При втором, слабом толчке величина V_p/V_s , определенная по данным ближайшей сейсмической станции «Степанаван», сохранила свою величину ($V_p/V_s=1,750$).

Проведенный анализ показывает, что землетрясения 6 декабря 1988 г., согласно величинам V_p/V_s , должны были быть приняты как возможные форшоки сильного землетрясения. И действительно, через 13 ч 7 мин и 18 сек произошло основное разрушительное Спитакское землетрясение с энергетическим классом порядка 16.

Полученное по данным сейсмических станций «Ереван», «Ленинакан», «Варденис» и «Душети» среднее значение V_p/V_s для основного землетрясения приведено в табл. 34. Значения V_p/V_s по отдельным станциям отличаются незначительно. Среднее значение V_p/V_s равно 1,87, и такую же величину имеет это от-

ношение, определенное по данным грузинской станции «Накала-кари» ($V_p/V_s = 1,818$). Из этого следует, что, по-видимому, при очень крупных землетрясениях ($M \geq 6,5$) значение отношения V_p/V_s практически не зависит от азимута сейсмической станции по отношению к очагу землетрясения.

В табл. 34 приведены также средние величины V_p/V_s , полученные нами по данным тех же 11 сейсмических станций для сильных афтершоков Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. Исследованы свыше ста афтершоков с $K \geq 9-10$, происшедших в период с 7 декабря 1988 г. по 7 января 1989 г., то есть за месяц после основного землетрясения. Основная масса сильных афтершоков имела место именно в этот период.

Согласно данным табл. 34, для афтершоков наблюдается аналогичная зависимость между величиной параметра V_p/V_s и энергетическим классом афтершока, а также спад значения V_p/V_s незадолго до сильного афтершока и его возрастание непосредственно перед ним. При этом эти зависимости становятся более определенными для афтершоков, происшедших спустя несколько дней после основного толчка.

При проведении настоящего исследования V_p/V_s в очаговой зоне Спитакского землетрясения нами были использованы сейсмограммы сейсмических станций Кавказа, данные оперативных сейсмологических бюллетеней Опытного-методической геофизической экспедиции при Институте геофизики АН ГрССР, а также Сейсмологические бюллетени Кавказа.

Проведенная работа показывает, что с помощью отношения V_p/V_s возможно выделение форшока сильного землетрясения (или афтершока). Для этого необходимо наличие сейсмических станций, окружающих очаговую зону и оснащенных высокочувствительной аппаратурой с большой разверткой записи, а также проведение регулярных, непрерывных наблюдений за скоростями сейсмических волн.

Нами ранее были исследованы механизмы очагов десяти наиболее крупных землетрясений Армянского нагорья, которые имели форшоки с магнитудой $M \geq 3\frac{1}{2}$, и показано, что несовпадение плоскостей разрывов в очагах форшока и основного толчка может служить прогностическим признаком для появления сильного землетрясения [5]. С этой целью нами исследован механизм очага землетрясения 6 декабря 1988 г. (рис. 72). Обе возможные плоскости разрыва в очаге этого землетрясения не совпадают по простиранию с ранее установленными для этой территории направлениями, а именно с направлением разрывов в очагах I Спитакского землетрясения 1967 г. и II Спитакского землетрясения 1975 г. [4]. Оси главных напряжений также от-

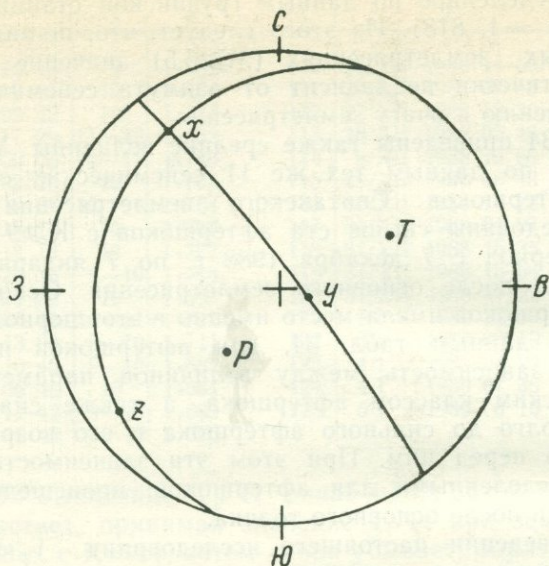


Рис. 72. Стереграфические построения при изучении ориентаций плоскостей разрывов и напряжений в очаге фошока Спитакского землетрясения 7/XII 1988 г.

личаются. Все это подсказывает, что следует ожидать землетрясение большей силы, что на самом деле и имело место 7 декабря 1988 г.

Проведено исследование механизма очага Спитакского землетрясения. При проведении нодальных линий для основного толчка использованы знаки первых смещений в продольных волнах на сейсмограммах 160 станций сейсмической сети мира.

Направление одной из определенных нами возможных плоскостей разрывов в очаге Спитакского землетрясения получилось субширотным и примерно совпадающим с направлением афтершоковой области. Простираение этой плоскости разрыва примерно совпадает с плоскостями разрывов в очагах Спитакских землетрясений 30 января 1967 г. и 21 марта 1975 г. [4]. Азимут простираения этой плоскости разрыва равен 101° (рис. 73). Плоскость разрыва падает к северо-востоку под углом 50° к горизонтальной плоскости. В очаге преобладала компонента подвижки по падению плоскости разрыва. В очаге землетрясения произо-

шел взброс с правосторонним сдвигом. Это находится в хорошем соответствии с данными, полученными геологами при обследовании эпицентральной области Спитакского землетрясения.

Определены направления осей главных напряжений в очаге Спитакского землетрясения. Ось сжатия ориентирована в близмеридиональном направлении и имеет горизонтальное падение, а именно: азимут оси равен 342° , а угол падения— $3,5^\circ$. Такую ориентацию напряжений сжатия можно объяснить с позиций теории глобальной тектоники плит территориальным положением очаговой зоны Спитакского землетрясения, а именно: территория Армянского нагорья находится в сжатом состоянии между двумя

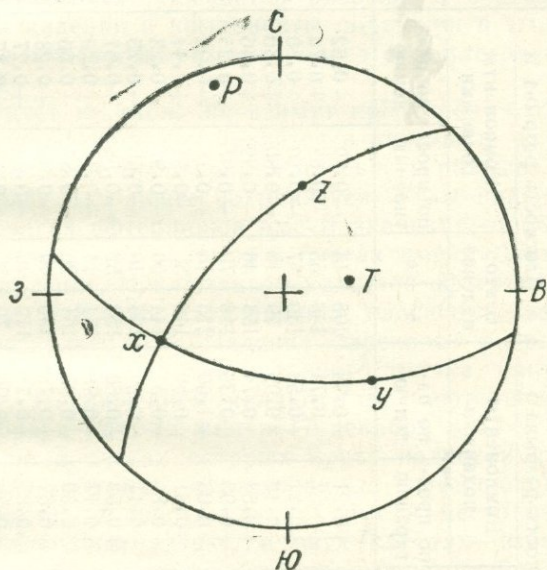


Рис. 73. Стереографические построения при изучении ориентаций плоскостей разрывов и напряжений в очаге Спитакского землетрясения 7/XII 1988 г.

движущимися навстречу друг другу в близмеридиональном направлении Евразийской и Аравийской плитами.

Ось напряжений растяжения направлена близширотно ($A=78^\circ$) под углом 59° к горизонтальной плоскости. Ось промежуточных напряжений ориентирована также в близширотном направлении ($A=250^\circ$) и имеет угол падения 31° .

Таблица 35

Ориентация разрывов и осей главных напряжений в очагах Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г., его фофока и афтершоков

№№ п/п	Дата и время возникновения землетрясения, число, месяц, год, ч, мин	Плоскость разрыва I				Плоскость разрыва II				Напряжение					
		Вектор падения		Компоненты подвижки		Вектор падения		Компоненты подвижки		сжатия		промежуточное		растяжения	
		А°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	А°	е°	по прос- тиранию	по па- дению	А°	е°	А°	е°	А°	е°
1	6/XII 1988 15 27	233	82	+0.21	-0.98	106	14	-0.79	-0.62	220	51	325	11	63	36
2	7/XII 1988 07 41	11	50	+0.67	+0.74	136	55	-0.62	+0.78	342	3.5	250	31	78	59
3	7/XII 1988 08 06	11	42	+0.81	+0.58	130	67	-0.60	+0.80	336	14	237	33	85	54
4	7/XII 1988 12 47	206	84	-0.16	+0.99	79	10	+0.80	+0.60	32	39	298	8	197	50
5	7/XII 1988 14 10	47	70	+0.68	+0.74	158	45	-0.89	+0.46	198	14	300	4	92	47
6	7/XII 1988 15 38	47	76	+0.93	+0.36	143	70	-0.97	+0.25	186	4	286	64	94	24
7	8/XII 1988 05 36	47	80	-0.03	-1.00	216	10	+0.18	-0.98	50	55	317	1	225	35
8	8/XII 1988 10 14	43	70	+0.81	+0.59	148	56	-0.91	+0.41	188	8	288	49	91	40
9	8/XII 1988 12 09	47	78	+0.86	+0.51	144	60	-0.97	+0.23	188	12	299	57	91	30
10	8/XII 1988 17 59	28	82	-0.11	-0.99	166	10	+0.66	-0.75	35	53	298	7	102	37
11	9/XII 1988 14 01	21	50	+0.59	+0.80	152	52	-0.59	+0.81	357	1	267	27	89	63
12	9/XII 1988 14 48	47	80	+0.17	+0.98	181	14	-0.71	+0.70	218	34	316	9	59	51
13	14/XII 1988 00 59	42	80	+0.30	+0.95	161	20	-0.87	+0.50	207	33	309	17	62	52
14	14/XII 1988 20 49	42	80	+0.62	+0.78	145	40	-0.96	+0.28	194	25	305	38	78	42
15	15/XII 1988 15 43	10	80	+0.63	+0.78	112	40	-0.96	+0.27	160	26	272	38	45	42
16	17/XII 1988 23 33	224	64	+0.28	-0.96	79	30	-0.48	-0.87	195	67	322	14	56	18
17	27/XII 1988 07 45	10	80	+0.63	+0.78	112	40	-0.96	+0.27	160	26	272	38	45	42

Изучены также механизмы очагов афтершоков Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. При этом исследованы не все афтершоки, а только те, которые имели место в период с 7 по 31 декабря 1988 г. и координаты эпицентров которых находятся в интервалах $\varphi = 40^{\circ}52' - 40^{\circ}56'$ и $\lambda = 44^{\circ}06' - 44^{\circ}10'$, то есть координаты эпицентров афтершоков отличаются от координат эпицентра основного толчка лишь на $\pm 2'$ и, следовательно, можно считать, что очаги афтершоков практически совпадают с очагом основного толчка.

В табл. 35 даны определенные нами азимуты вектора падения двух возможных плоскостей разрыва в очагах землетрясений, углы их падения и компоненты подвижки в этих плоскостях. При этом за плоскость разрыва в очаге землетрясения принята плоскость I.

Как следует из табл. 35, азимут простираания плоскости разрыва в очагах афтершоков меняется в интервале от 100° до 137° , то есть направление простираания плоскости разрыва в очагах афтершоков более или менее сохраняется. Углы падения плоскости разрыва в очагах афтершоков имеют значения от 50 до 82° . Следовательно, плоскости разрыва в очагах имеют ближе к крутому или крутое падение. Исключением является афтершок 7.XII.1988 г. в 08 ч 06 мин с $K=13$, угол падения плоскости разрыва в очаге которого составляет 42° . Падение плоскости разрыва в очагах афтершоков, как и в случае основного толчка, направлено к северо-востоку. Исключением являются два афтершока, происшедшие 7 декабря в 12 ч 47 мин и 17 декабря в 23 ч 33 мин, плоскость разрыва в очагах которых круто падает к юго-западу.

Подвижки в очагах исследованных афтершоков имеют различный характер: в шести случаях имели место взбросо-сдвиги, как и при основном толчке, в двух случаях—взброс, в трех—сброс, а в четырех случаях произошли сдвиго-взбросы. При этом, как в случае взбросо-сдвигов, так и сдвиго-взбросов, сдвиги были правосторонними.

В табл. 35 даны также азимуты и углы падения осей главных напряжений в очагах землетрясений. Как следует из этой таблицы, оси напряжений сжатия направлены или меридионально, или ближе к меридиональному. При этом из рассмотренных 15 афтершоков в 9 случаях угол падения оси напряжений сжатия $e \leq 30^{\circ}$, в 5 случаях $30^{\circ} < e < 60^{\circ}$ и только в одном случае (афтершок 17.XII.1988 г. в 23 ч 33 мин) $e > 60^{\circ}$.

Оси напряжений растяжения в основном имеют широтное или близширотное направление. Исключением являются пять афтершоков, в очагах которых в трех случаях оси напряжений растяжения имеют направление, среднее между широтным и меридиональным.

диональным, а в двух случаях—близмеридиональное. Оси напряжений растяжения с горизонтальной плоскостью составляют в основном угол $30^{\circ} \leq e < 60^{\circ}$. Только в двух случаях $e < 30^{\circ}$ и в одном— $e > 60^{\circ}$.

Оси нулевых (промежуточных) напряжений ориентированы в широтном, близширотном или в среднем между широтным и меридиональным направлениях. Оси нулевых напряжений с горизонтальной плоскостью составляют углы от 1 до 64° .

Сопоставляя полученные результаты с геологическими и геофизическими данными региона, приходим к выводу, что Спитакское землетрясение явилось следствием относительного движения двух соседних блоков, указанных на рис. 61, причем имело место поднятие северного блока и опускание южного блока. Одновременно с этим северный блок перемещался в восточном, а южный блок—в западном направлениях. Следовательно, при Спитакском землетрясении 7 декабря 1988 г. произошел взбросо-сдвиг.

Проведено также сопоставление сейсмологических характеристик Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. и Чалдыранского землетрясения, имевшего место в Ванском регионе 24 ноября 1976 г. Оба землетрясения имели магнитуду порядка 7. В эпицентре Спитакское землетрясение проявилось силой 10 баллов, а Чалдыранское—9 баллов. При обоих землетрясениях на земной поверхности образовались разрывы СЗ—ЮВ простирания. Эти разрывы до землетрясений не выходили на земную поверхность и, по-видимому, начинаясь от подошвы литосферы, заканчивались в гранитном слое земной коры. Как Чалдыранское, так и Спитакское землетрясения являются следствием относительного движения двух различных блоков, границами которых служат эти разрывы в земной коре. При этом движении разрывы вышли на земную поверхность. В этом сходстве этих двух землетрясений с одинаковой магнитудой порядка 7.

В табл. 36 дано распределение афтершоков с магнитудой 4 и более при Спитакском и Чалдыранском землетрясениях в течение первых суток после основного толчка и в течение 25 суток после основного толчка. Как следует из этой таблицы, в первые сутки после обоих землетрясений было отмечено примерно одинаковое количество афтершоков с $M \geq 4$ (22 афтершока при Спитакском землетрясении и 24—при Чалдыранском). Однако при афтершоках Спитакского землетрясения в этот период выделилось более чем в 4 раза больше энергии, чем при Чалдыранском землетрясении. В течение 25 суток после основного толчка при афтершоках Спитакского землетрясения выделилось почти в 4 раза больше энергии, чем при Чалдыранском, несмотря на то, что при Чалдыранском землетрясении в этот период было отме-

Значения энергии афтершоков разрушительных Спитакского и Чалдыранского землетрясений

Период наблюдений	Название землетрясения	Число афтершоков с М								Энергия афтершоков 10 ¹¹ Дж
		4 4 ¹ / ₄	4 ¹ / ₂	4 ³ / ₄	5 5 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₄			
Одни сутки после основного толчка	Спитакское	13	6	1	—	1	—	—	1	7735,8
	Чалдыранское	9	2	5	1	5	1	1	—	1885,2
25 суток после основного толчка	Спитакское	15	8	4	—	1	—	—	1	7776,7
	Чалдыранское	27	3	8	1	6	1	1	—	2037,7

чено значительно больше афтершоков (47 против 29). Была вычислена также энергия афтершоков Чалдыранского землетрясения, происшедших в течение года после основного толчка. Полученная величина $2600,3 \cdot 10^{11}$ Дж почти в 3 раза меньше, чем энергия афтершоков Спитакского землетрясения за первые сутки после основного толчка.

Магнитудная ступень между Спитакским землетрясением и его самым крупным афтершоком составляет $3/4$. При Чалдыранском землетрясении магнитудная ступень равна 1,5, что хорошо укладывается в зависимость, полученную нами ранее [3].

Спитакское землетрясение по развитию сейсмического процесса резко отличается не только от Чалдыранского, но также и других землетрясений Армянского нагорья.

На основании ранее проведенных исследований [3] нами установлена определенная закономерность в возникновении разрушительных землетрясений на территории Армянского нагорья. При рассмотрении распределения выделенной сейсмической энергии по годам в течение 50 лет (с 1931 по 1980 гг.) было установлено, что через каждые 5 ± 2 года имеются пики сейсмической энергии величиной $E > 4 \cdot 10^{14}$ Дж. Эти пики имеют место в 1931, 1935, 1939, 1946, 1949, 1954, 1960, 1966, 1971 и 1976 гг. Следовательно, следующего максимального пика выделения сейсмической энергии на исследуемой территории следовало ожидать в 1981 г. ± 2 года. Действительно, в 1983 г. в районе Эрзурума произошло одно из крупнейших землетрясений Армянского нагорья в XX столетии. Следующий пик приходится на 1988 г. ± 2 года. Действительно, 7 декабря 1988 г. имело место Спитакское землетрясение.

Таким образом, следующего максимального пика выделения сейсмической энергии на территории Армянского нагорья на основании установленной закономерности, по всей вероятности, следует ожидать в 1993 г. ± 2 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Йосии Т.* Вариации скоростей сейсмических волн. В кн.: Методы прогноза землетрясений. Их применение в Японии. М., Недра, 1984.
2. *Карапетян Н. К.* Годографы сейсмических волн для землетрясений Армянского нагорья. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1974.
3. *Карапетян Н. К.* Механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья (сейсмические условия). Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1986.
4. *Карапетян Н. К.* Механизм очагов землетрясений Ленинаканского региона. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987. XL, № 1.
5. *Карапетян Н. К.* Прогностический признак сильных землетрясений. ДАН АрмССР, 1988, т. XXXVI, № 1.
6. *Карапетян Н. К.* Блоковое строение земной коры Армянского нагорья. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1988, т. XLI, № 6.
7. *Моги К.* Предсказание землетрясений. М., Мир, 1988.
8. *Нерсесов И. Л., Семенов А. И., Симбирева И. Г.* Пространственно-временное распределение отношений времени пробега поперечных и продольных волн в Гармском районе. Вкн.: Экспериментальная сейсмология. М., Наука, 1971.
9. *Семенов А. Н.* Изменение отношения времени пробега поперечных и продольных волн перед сильными землетрясениями. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1969, № 4.
10. *Славина Л. Б.* Методика и результаты изучения V_p/V_s в фокальной зоне Камчатки. В сб.: Исследования по физике землетрясений. М., Наука, 1976.
11. *Славина Л. Б., Баграмян А. Х.* и др. Оценка возможности изучения параметра V/V_s по данным сейсмических станций Армении. В сб.: Сейсмический бюллетень Кавказа за 1982 г. Тбилиси, Мецниереба, 1987.
12. *Aggarwal J. P., Sykes L. R., Simpson D. W., Richards P. G.* Spatial and temporal variations in t_s , t_p and in P wave residuals at Blue Mountain Lake, New York: application to earthquake prediction. J. Geophys. Res., 80, 718—732, 1973.
13. *Geological Survey of Japan.* Measurements of variations in seismic wave velocity by using explosion seismic method—preliminary report of the results in 10th (1976)—12th (1978) Oshima explosion. Rep. Coord. Comm. Earthquake Predict, 22, 83—85, 1979.
14. *Hayakawa M.* Time variation in seismic wave-velocity. J. Seismol. Soc. Jpn, 2, 41—46, 1949.
15. *Sassa K.* Some problems concerning earthquake prediction. Bull. Disaster Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., 1, 13—20, 1948.
16. *Whitcomb S. H., Garmany S. D., Anderson D. L.* Earthquake prediction: Variation of seismic velocities before the San Fernando earthquake. Science, 1973, v. 180.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Глава I. СВЯЗЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ С ТЕКТОНИКОЙ	7
§ 1. Сейсмичность Армянского нагорья в 1981—1985 гг.	7
§ 2. Сильные землетрясения и их связь с тектоникой	23
Глава II. НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ОЧАГАХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ МЕХАНИЗМ	42
§ 1. Динамические параметры очагов землетрясений Армении и прилегающих областей Азербайджана, Грузии, Ирана и Турции	42
§ 2. Механизм очагов землетрясений Черноморско-Байбуртского региона	51
§ 3. Механизм очагов землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона	55
§ 4. Механизм очагов землетрясений Аджаро-Триалетского региона	62
§ 5. Механизм очагов землетрясений Ардахан-Карс-Хорасанского региона	69
§ 6. Механизм очагов землетрясений Ванского региона	75
§ 7. Механизм очагов землетрясений Ленинаканского региона	86
§ 8. Механизм очагов землетрясений Ереванского региона	94
§ 9. Механизм очагов землетрясений Варденис-Кировабадского региона	102
§ 10. Механизм очагов землетрясений Зангезурского региона	108
§ 11. Механизм очагов землетрясений Талышского региона	117
§ 12. Особенности механизма и напряженного состояния в очагах землетрясений Армянского нагорья	121
Глава III. МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ	144
§ 1. Ориентация разрывов в очагах землетрясений по инструментальным и макросейсмическим данным	144
§ 2. Прогностический признак сильных землетрясений	163
§ 3. Выделение блоков в земной коре по параметрам механизмов очагов землетрясений	168
§ 4. Районирование территории Армянской ССР по геологическим и геофизическим данным и сопоставление с блоковым строением земной коры	182
а. Тектоническое районирование	182
б. Гравитационные зоны	187
в. Магнитные зоны	191
г. Геотермическое районирование	194
д. Сопоставление блокового строения земной коры Армении с геолого-геофизическими данными	197

§ 5. Возникновение сильных землетрясений на территории Армянского нагорья	201
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	210
ЛИТЕРАТУРА	214
ПОСЛЕСЛОВИЕ	226

НАДЕЖДА КАРАПЕТОВНА КАРАПЕТАН

СЕЙСМОГЕОДИНАМИКА И МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ

Редактор издательства Ж. В. Налчаджян
Тех. редактор З. А. Саргсян
Художник А. В. Арамян
Корректор С. М. Степанянц

ИБ № 1554

Сдано в набор 15.10.1989 г. Подписано к печати 5.09.1990 г. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага № 2, Шрифт «литературный». Высокая печать. Печ. л. 16,5.

Усл. печ. л. 15,35. Учетно-изд. л. 16,5. Тираж 900. Зак. 1435, Изд. № 7799,

Цена 3 р. 55 к.

Издательство АН Армении, 375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна 24 г.

Типография Издательства АН Армении, 378310, г. Эчмиадзин.

5343