

Р и с. 3. Тренды изменения  $\gamma$  во времени для хребтов Заилийский Алатау и Кунгей-Але-Тоо (I) и Северного Тянь-Шаня (II)

— Кунгей-Заилийской сейсмогенной зоны — такое повышение сейсмической активности началось с 1970 г. и продолжается по настоящее время.

При росте сейсмической активности  $A_{10}$  параметр  $\gamma$ , рассчитанный по формуле Кулджорфа [6], в последние годы имеет повышенные значения по сравнению с долговременными (рис. 3). Это характерно для всей территории Северного Тянь-Шаня и для хребтов Заилийский Алатау и Кунгей-Але-Тоо. Так, для Северного Тянь-Шаня  $\gamma_{86} = 0,290$ ,  $\delta\gamma = 0,02$  при долговременном среднем  $\gamma = 0,365$ , а для Кунгей-Заилийской зоны  $\gamma_{86} = 0,301$ ,  $\delta\gamma = 0,04$  при долговременном среднем  $\gamma = 0,385$ .

Наиболее интересными событиями в Кунгей-Заилийской зоне явились землетрясения 25 января с  $K_p = 12,7$  (# 1) и 17 июля с  $K_p = 12,4$  (# 7). Они возникли в северной части этой зоны на границе эпицентрального поля слабых землетрясений. Первое из них произошло в эпицентральной области с интенсивностью 5 баллов, в г. Алма-Ате — 4–5 баллов. Интенсивность второго землетрясения в эпицентре характеризуется также 5 баллами.

Значительными событиями в Джунгарии являются землетрясения 14 февраля с  $K_p = 12,7$  (# 2) и 10 мая с  $K_p = 12,4$  (# 4). Они произошли в Кыно-Джунгарской зоне и сопровождались сериями афтершоков. Первое из них проявилось с максимальной интенсивностью 5–6 баллов, второе — 3–4 балла. Их очаги приурочены к Алтын-Эмельскому разлому. Здесь землетрясения с  $K_p = 12$  наблюдались в 1968 и 1969 гг. На протяжении последующих лет этот район считался слабоактивным. Можно предположить, что эти события являются продолжением начавшейся в 1984 г. активизации Джунгарии, распространявшейся после Пандиловского землетрясения на юго-западное окончание — хребет Алтын-Эмель. По имеющимся

данным, нет оснований полагать, что период активизации в Джунгарии закончился. О высокой степени сейсмической опасности здесь свидетельствует нарастающий с 1984 г. уровень количества слабых землетрясений с  $K_p \geq 7$ . В 1986 г. их было более 80, в то время как в спокойный период регистрируется около 30.

Для хребта Терскей-Ала-Тоо интересным моментом является заметная миграция очагов землетрясений из его центральной части на восток и запад. На западном побережье оз. Иссык-Куль в области глубокого минимума  $A_{10}$ , выявленного в 1985 г., активность возросла на порядок. Повышенной активностью характеризуется восточный фланг хребта в районе г. Пржевальска:  $A_{10}$  изменилась от 0,1 до 0,7. Самым сильным в пределах Терскей-Ала-Тоо явилось землетрясение 1 октября с  $K_p = 12,2$  (# 10) в центральной части южнее сейсмостанции Каджы-Сай.

#### Л и т е р а т у р а

1. Михайлова Н.Н., Неверова Н.П. Землетрясения Северного Тянь-Шаня // Землетрясения в СССР в 1985 году. М.: Наука, 1988. С. 116–119.
2. Шапилов В.И. Обоснование способа массового определения координат местных землетрясений // Прогноз землетрясений. Душанбе: Ионш, 1982. № 2. С. 173–196.
3. Михайлова Н.Н., Неверова Н.П. Калибровочная функция  $b(\Delta)$  для определения магнитуды М<sub>РГА</sub> землетрясений Северного Тянь-Шаня // Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. Алма-Ата: Наука, 1986. С. 41–47.
4. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях ЕССН СССР. М.: Наука, 1982. 272 с.
5. Разаков Е.А. К вопросу модернизации алгоритма определения параметров гипоцентров землетрясений // Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. Алма-Ата: Наука, 1986. С. 108–111.
6. Кулджорф Г. Введение в теорию опенывания. М.: Наука, 1966. 176 с.

УДК 550.348.436 (571-925.15)

А.Г.Фелина, Т.Г.Раутиан

#### ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ АЛТАЯ И САЯН

Региональная сеть сейсмических станций не изменилась. Осталась прежней методика обработки и схема деления на районы [1].

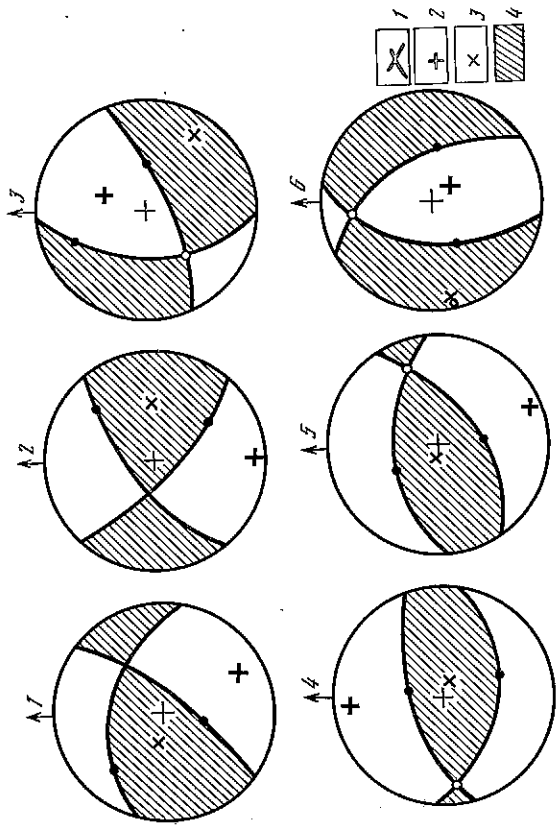
Всего на территории региона определены параметры 1027 эпицентров (табл. 1, рис. 1).

Суммарная энергия текущего года на порядок выше энергии предыдущего года. Отсутствуют рой землетрясений. Зарегистрированы афтершоки землетрясений 31 июля и 4 ноября (табл. 1). В данной работе землетрясение 31 июля с  $K_p = 11,7$  принято за главный толчок, а за его афтершок — землетрясение 9 августа с  $K_p = 11,5$ . Учитывая малую разницу их энергетических классов, можно считать эти землетрясения форошоками.

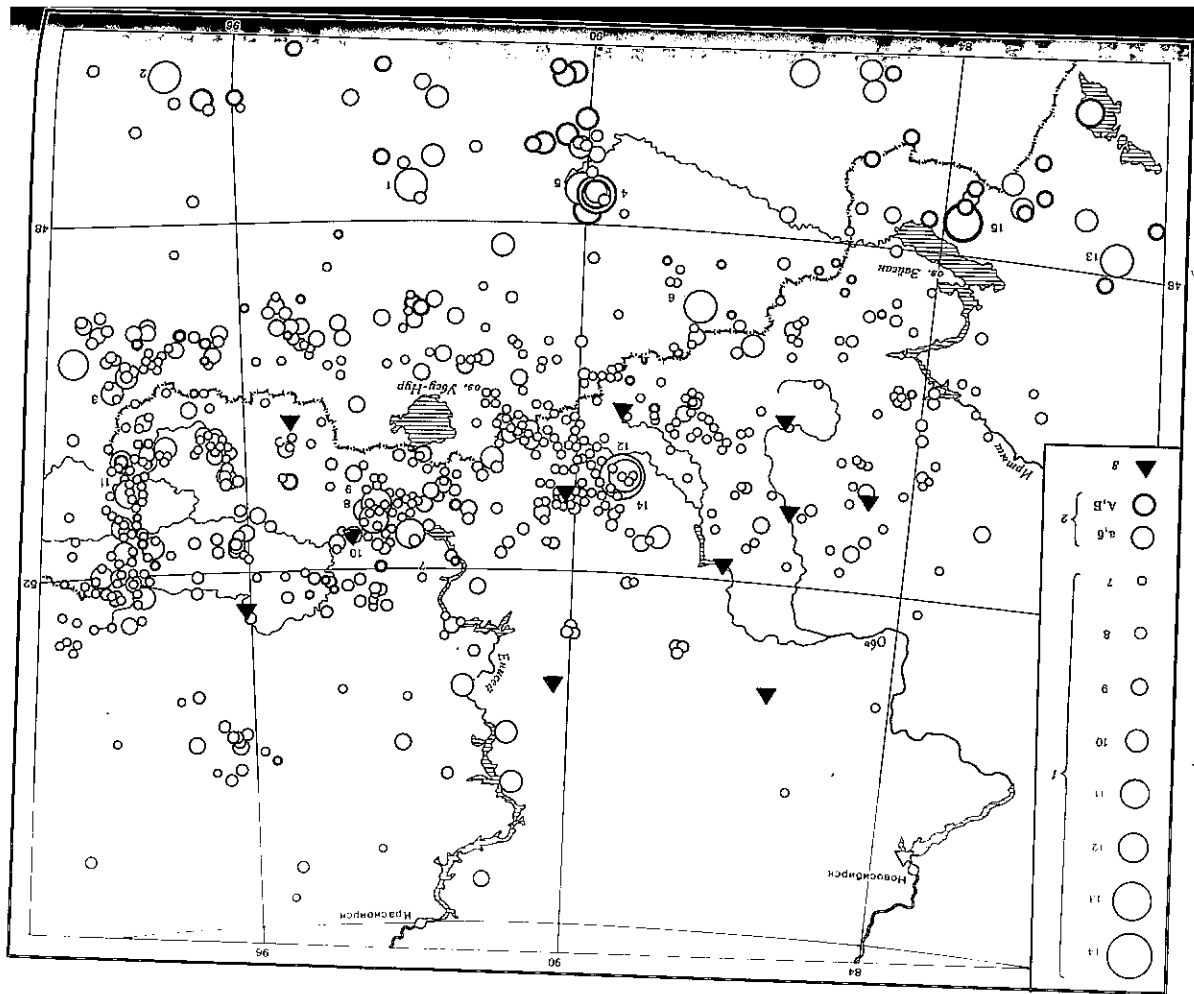
Определены механизмы для шести землетрясений с  $K_p \geq 10$  (см. каталог дополнительных параметров, рис. 2). Преобладающий тип механизмов не выявляется. В ряде случаев характер механизма согласуется с тектоникой региона.

Распределение числа землетрясений по энергетическим классам

Район	K <sub>р0</sub>	K <sub>р</sub>				Σ E, Дж
		5-7	8	9	10	
50 - 52° N 88 - 90° E	8	76	23	7	5	I, 00·10 <sup>14</sup>
В том числе афтершоки 4, II		22	II	5	3	I, 36·10 <sup>11</sup>
50,5 - 52,5° N 92,5 - 94,5° E	8	76	24	6	2	I, 23·10 <sup>12</sup>
В том числе афтершоки 31, 07		51	18	5	2	2, 27·10 <sup>11</sup>
По региону	9	660	255	68	29	I, 24·10 <sup>11</sup>



Р и с. 2. Механизмы очагов землетрясений с  $K_p > 10$   
 1 - зональная линия; 2 - ось сжатия; 3 - ось растяжения;  
 4 - область воли сжатия. Нумерация эпицентров соответствует  
 каталогу дополнительных параметров



Р и с. 1. Карта эпицентров  
 Алтая и Саян  
 I - энергетический класс  
 II - класс точности  
 III - сейсмическая станция

Определены спектральные и очаговые параметры для трех землетрясений (табл. 2).

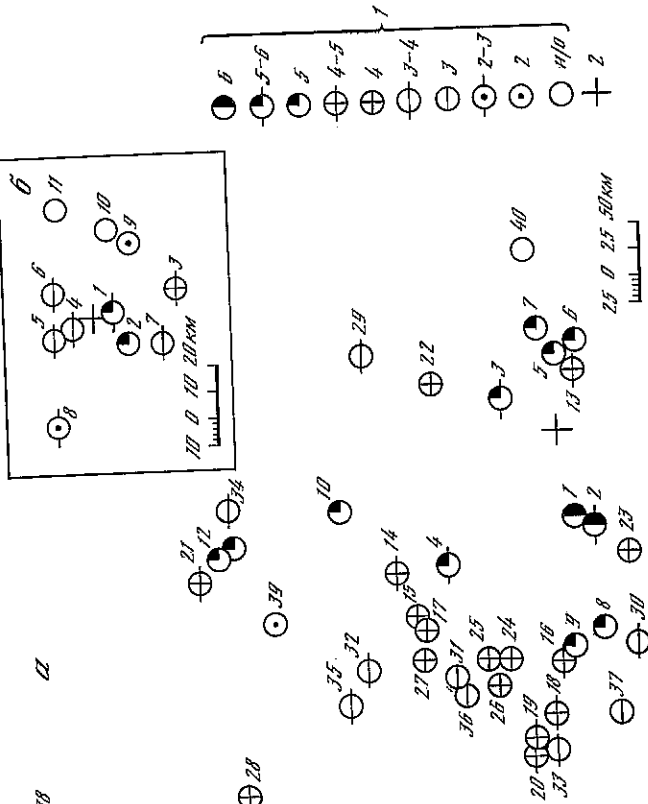
Самым сильным за рассматриваемый период было землетрясение 4 ноября в 16 ч 19 мин ( $K=14$ ). До него последнее событие 14-го энергетического класса наблюдалось в регионе в 1981 г. Макросейсмические данные получены в результате обследования, проведенного сотрудниками Алтае-Саянской ОМСЭ М.А. Болдыревым, В.А. Беспаловой, В.И. Вуляновым, В.В. Михеевым, А.Ч. Салчагом и из письменных и телефонных сообщений очевидцев (табл. 3, рис. 3, а).

Т а б л и ц а 2  
Спектральные и очаговые параметры землетрясений по [2]  
Параметры

Землетрясение	$l_{M_0}$ Н·М	r, км	$f_0$ Гц	$f_1$ Гц	$f_2$ Гц	$10^5 \cdot \frac{1}{\rho_0}$ Па	$10^5 \cdot \frac{1}{\rho_0}$ М <sup>3</sup> /с	$10^5 \cdot \frac{1}{\rho_0}$ М <sup>3</sup> /с	$10^5 \cdot \frac{1}{\rho_0}$ М <sup>3</sup> /с
23.04									
В целом	16,55	4,6		0,28	1,25	20	6,05		7,20
Главный очаг	16,55	4,6	0,28			4,5	6,05	6,35	6,70
Субочаг	15,90	1,0	1,25			60	5,40	6,30	7,20
24.04									
4.11	16,80	3,5	0,37			18	6,30	6,70	7,10
В целом	17,30	6,5		0,20	0,62	80	6,80		7,70
Главный очаг	17,30	6,5	0,20			5	6,80	6,85	6,90
Субочаг	16,90	2,2	0,62			110	6,55	7,15	7,70

Т а б л и ц а 3  
Макросейсмические данные о землетрясении 4 ноября

№ п/п	Пункт	$\Delta$ , км	№ п/п	Пункт	$\Delta$ , км
1	Балктыл	81	21	Прокопьевск	360
2	Усть-Улаган	96	22	4 балла	122
3	Кара-Холь	60	23	Большой Он	133
4	Артыбаш	162	24	Акташ	216
5	Тевли	72	25	Зланда	222
6	Цуй	86	26	Чемал	244
7	Ак-Довурак	97	27	Шебалино	247
8	Иня	190	28	Горно-Алтайск	449
9	Хабаровка	200	29	Барнаул	194
10	Таштагол	214	30	3-4 балла	214
11	Осинники	311	31	Абазга	250
12	Новокузнецк	336	32	Тынгур	286
13	Бай-Тал	57	33	Усть-Сема	300
14	Турочак	198	34	Сростки	312
15	Чоя	215	35	Кыркык	320
16	Онгулай	216	36	Миски	261
17	Паслаул	222	37	Бийск	270
18	Каракол	268	38	3 балла	610
19	Курата	290	39	Черга	315
20	Усть-Кан	308	40	Усть-Кокса	171
				Новосибирск	
				2 балла	
				Елызовка	
				Не ощущалось	
				Чадан	

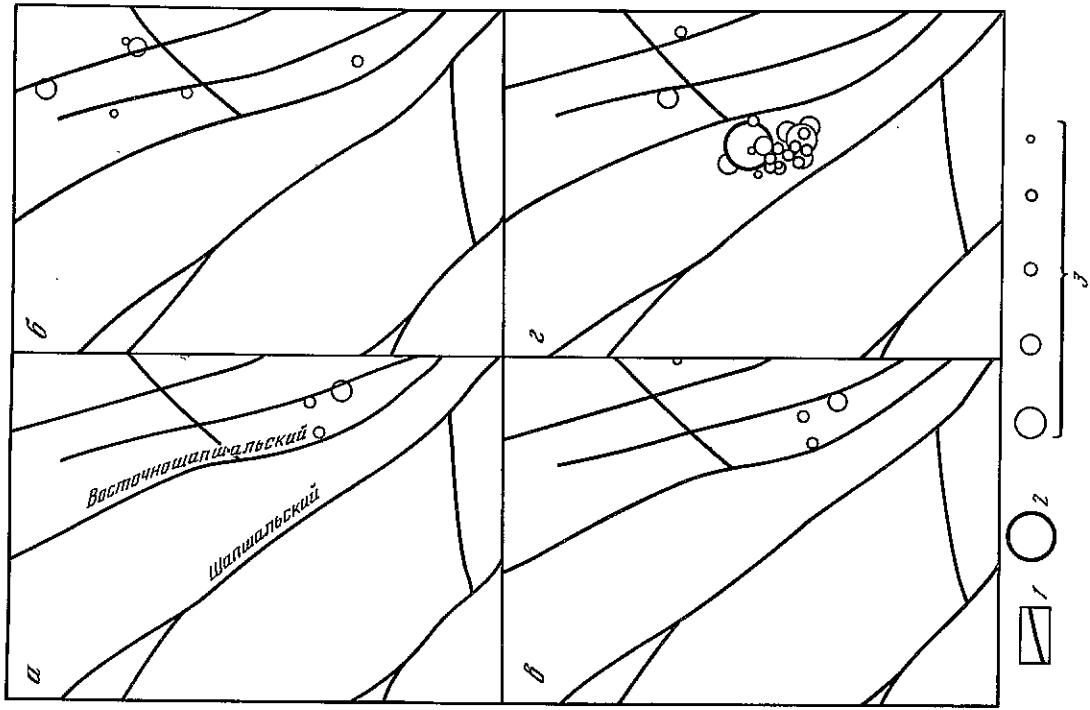


Р и с. 3. Макросейсмический эффект землетрясений 4 ноября (а) и 31 июля (б)

1 - балльность; 2 - инструментальный эпицентр

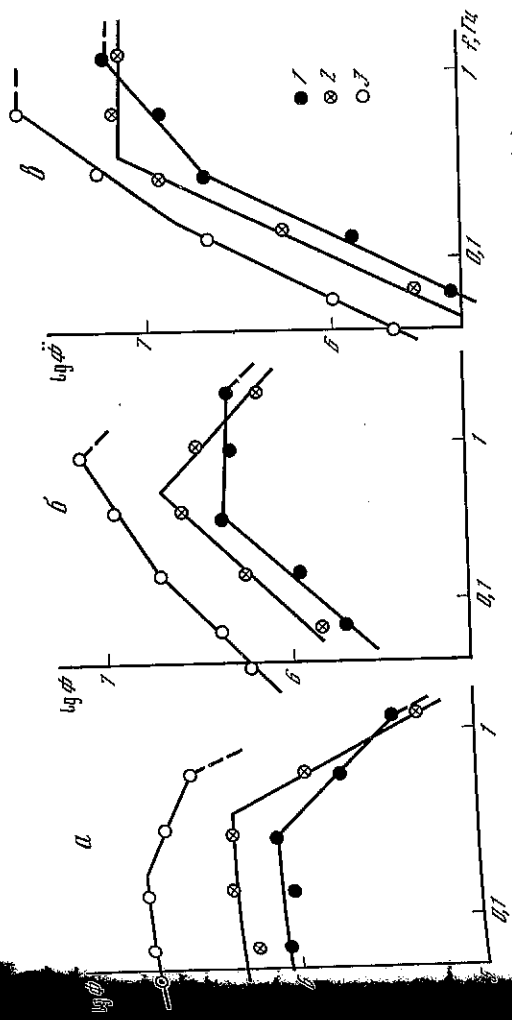
Балльность в эпицентре равна 7. Макросейсмический эффект землетрясения проявился неравномерно: наряду с сильным заглушением в южном направлении наблюдается вытннутость изосейс к северу. Далее будет видно, что картина распределения балльности не противоречит ориентации новейших разломов земной коры в рассматриваемой области.

Землетрясение сопровождалось σειрой из 42 афтершоков (табл. 1). На рис. 4 показано эпицентрального поле на площади размером  $1 \times 1^\circ$  вокруг эпицентра главного толчка до и после землетрясения. Вначале эпицентр располагался по периферии рассматриваемой области вблизи субмеридиональных глубоких разломов. Главный толчок и афтершоки произошли в месте пересечения Восточно-Шашальского разлома северо-западного простирания и оперяющего разлома северо-восточного простирания. Область афтершоков ориентирована вдоль Восточно-Шашальского разлома. Механизм очага землетрясения и его афтершока 5 ноября в 8 ч 18 мин с  $K_p=10$  (см. каталог дополнительных параметров) дает ориентацию возможных плоскостей осей сжатия вдоль преобладающего направления разломов, а Восточно-Шашальского разлома области афтершоков, наличие аномалии заглушения балльности в том же направлении свидетельствует о влиянии глубоких разломов на процесс высвобождения сейсмической энергии. Землетрясение 4 ноября записано на ЧИСС-станции Талгар, по данным которой методом кода-волн построены очаговые спектры. Так как запись получена на большом эпицентральной расстоянии, высокочастотную часть спектра получить не удалось. При вычислении оча-



Р и с. 4. Расположение эпицентров до и после землетрясения 4 ноября на участке площадью 10 тыс. км<sup>2</sup>.  
 а - январь-март; б - апрель-июнь; в - июль-сентябрь;  
 г - октябрь-декабрь 1986 г.; 1 - новейшие разломы; 2 - эпицентр главного толчка; 3 - энергетический класс К<sub>р</sub>

говых параметров этого и двух следующих по силе землетрясений (23 и 24 апреля) условно принято, что, начиная с самой высокой из зарегистрированных частот, спектр смещения выходит на квадратичный склон. Такое допущение соответствует тому, что для энергии и кажущихся напряжений мы получаем нижний предел возможных значений. Использована схема интерпретации очаговых параметров, предложенная в [2], которая рассматривает очаг со спектром второго типа как совокупность главной части движения по большому разрыву и субочага меньшего размера, который, вероятно, является началом очагового процесса (рис. 5 а, б).



Р и с. 5. Очаговые спектры землетрясений смещений (а), скоростей (б) и усредненных (в)  
 1 - 23 апреля; 2 - 24 апреля; 3 - 4 ноября

Спектр землетрясения 4 ноября имеет две угловые частоты, однако переходная часть спектра скорости нарастает с частотой (табл. 2, рис. 5, в). Не менее 80% энергии землетрясений 4 ноября связано с субочагом.

Два землетрясения 13-го энергетического класса произошли на территории МР: 23 апреля в 15 ч 17 мин ( $K_p=13,3$ ,  $M=4,9$ ) и 24 апреля в 00 ч 22 мин ( $K_p=13,5$ ,  $M=5,1$ ). Для них также определены спектральные и очаговые параметры (табл. 2, рис. 5). Спектр форшока 23 апреля - II типа, его первая угловая частота  $f_1$  практически совпадает с  $f_0$  главного толчка, т.е. главный толчок и форшок имеют одинаковые размеры разрыва и, по-видимому, их можно рассматривать как двухфазную подвижку по одному и тому же разлому. Второй толчок с большим  $M_0$  имел несколько большее смещение бортов разрыва. Около 75% сейсмической энергии форшока приходится на его субочаг.

Полученные для всех трех землетрясений значения кажущихся напряжений на субочагах невелики, и это говорит о том, что и сами субочаги не являлись разрушением цельных горных пород, а были подвижкой по участкам готовых разломов с повышенным статическим трением. Значение  $\rho_b$  для главных очагов на много меньше, чем для субочагов, но в районах с большой тектонической нарушенностью отмечались и меньшие значения  $\rho_b$ : 0,1-0,01-10<sup>5</sup> Па.

Одно из трех землетрясений 12-го класса - 31 июля в 06 ч 05 мин (рис. 3, б) произошло в доступном для детального изучения районе. В процессе макросейсмического обследования этого землетрясения собраны данные об эффекте на поверхности от другого толчка - 2 июля в 13 ч 21 мин ( $K_p=11$ ), произошедшего в 60 км к северо-востоку. Обследование проведено сотрудниками Алтае-Саянской СМСЭ И.А.Бодляревым, Г.Т.Ибрагимовой и А.Г.Филиной (табл. 4 и 5, рис. 2, б).

Землетрясение 31 июля произошло на стыке двух ветвей Уссурийско-Байкальского разлома. За 1984-1985 гг. в районе землетрясения зарегистрировано 57 толчков,

Таблица 4  
Макросейсмические данные о землетрясении 2 июля ( $K_p=II$ )

№ п/п	Пункт	$\Delta$ , км	№ п/п	Пункт	$\Delta$ , км
1	4-5 баллов	26	3	Тарталиг	48
2	Шагонар		4	Ак-Дурут	64
	4 балла	104			
	Шаиракан				

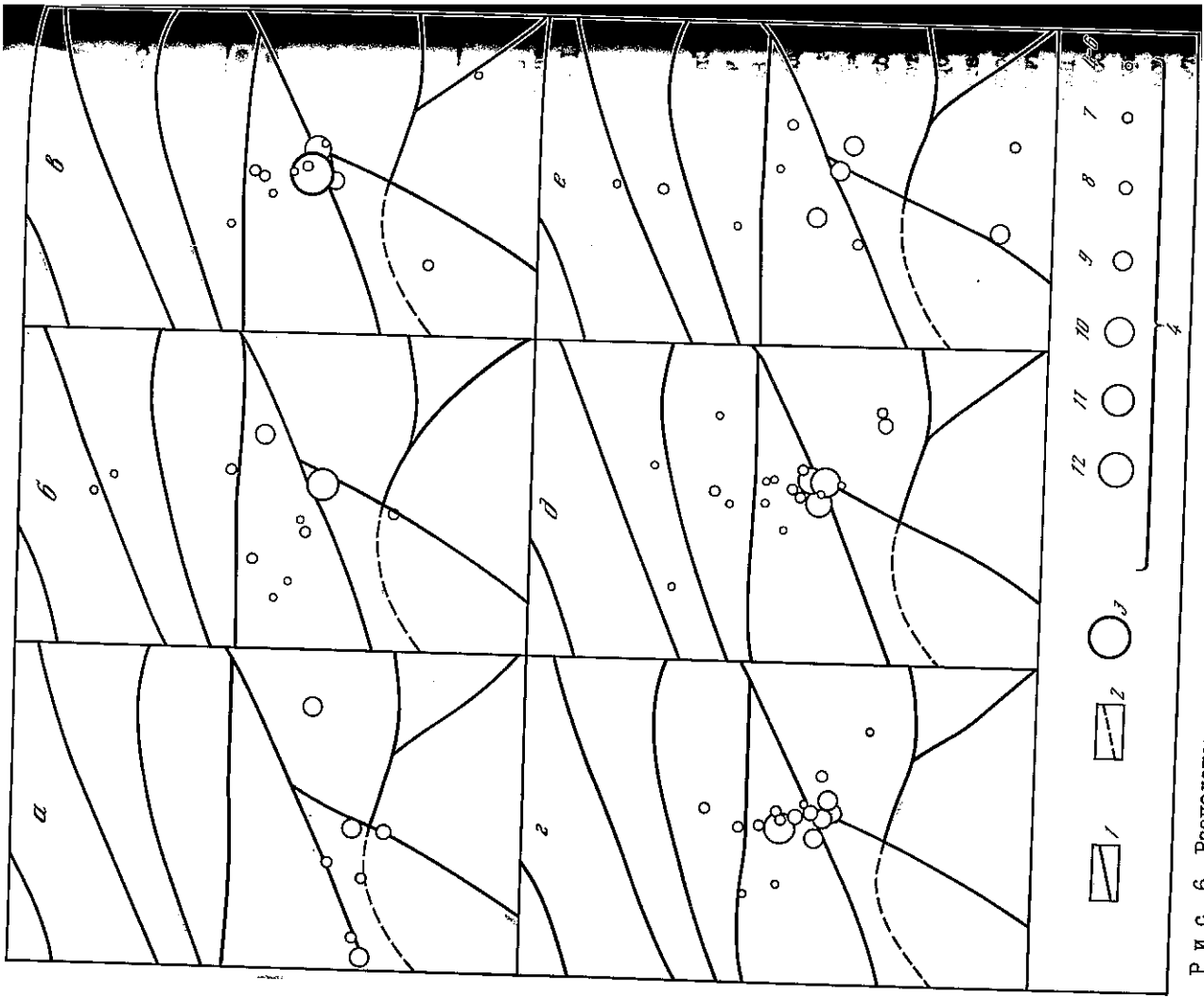
Таблица 5  
Макросейсмические данные о землетрясении 31 июля ( $K_p=I2$ )

№ п/п	Пункт	$\Delta$ , км	№ п/п	Пункт	$\Delta$ , км
1	5-6 баллов	7	6	Баян-Кол	18
2	Хаак		7	Ак-Тал	27
	5 баллов	15	8	Шагонар	44
3	Пункт № 2		9	Чал-Кежиг	31
	4-5 баллов	32		Не ощущалось	
4	Хову-Аксн		10	Совхоз Тока	33
	3-4 балла	10	11	Усть-Элегест	43
5	Пункт № 1	18			
	Ийи-Тал				

афтершоковая серия насчитывает 65 толчков, в числе которых два с  $K_p = II$ . Елигоризонтальная ось растяжения имеет, как и разлом, северо-восточное направление (см. каталог дополнительных параметров). Вся система глубинных разломов, приведенная на рис. 6, характеризуется незагущающей сейсмичностью на протяжении многих лет, на ее фоне произошло землетрясение 31 июля с афтершоками. По сравнению с землетрясением 4 ноября афтершоки более рассеяны в пространстве и их связь с главным толчком выявляется по большей плотности во времени.

На примере рассмотренных афтершоковых серий видно, что нет прямой связи между числом афтершоков и энергией главного толчка, а их проявление во времени и пространстве происходит по различным алгоритмам.

В целом сейсмичность региона в 1986 г. можно характеризовать как невысокую, с заметным перемещением зон активизации в центральную и западную части территории.



Р и с. 6. Расположение эпицентров до и после землетрясения 31 июля на участке площадью 10 тыс. км<sup>2</sup>.

а - январь-март; б - апрель-май; в - I-4 августа; г - 5-11 августа; д - 12 августа-30 сентября; е - октябрь-декабрь 1986 г.; 1, 2 - новейшие разломы (2 - предполагаемый); 3 - эпицентр главного толчка; 4 - энергетический класс  $K_p$