

А.А.Луки, С.Л.Кага, В.В.Майсурадзе, А.А.Власова,
Л.М.Магасова, Е.М.Безродный, Х.А.Лутчиев, У.Аматлаева,
В.Т.Леонова, Т.А.Аннаоразова

МЕХАНИЗМ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ
И НАПРЯЖЕНИЯ В ЛИТОСФЕРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ И КАЗАХСТАНА

Настоящее исследование продолжает работы [1-6].

Количественное распределение числа землетрясений по зонам и энергетическим классам за 1986 г. приведено в табл. 1, распределение числа землетрясений с разным типом подвижек по зонам - в табл. 2. Анализ приведенных таблиц показывает, что полученные по механизмам слабых и сильных землетрясений результаты не противоречат материалам предыдущих лет. Большинство землетрясений имели типичный надвиговый характер, и это позволяет отнести общее напряженное состояние земной коры и верхней мантии Средней Азии к нормальному (рис. 1).

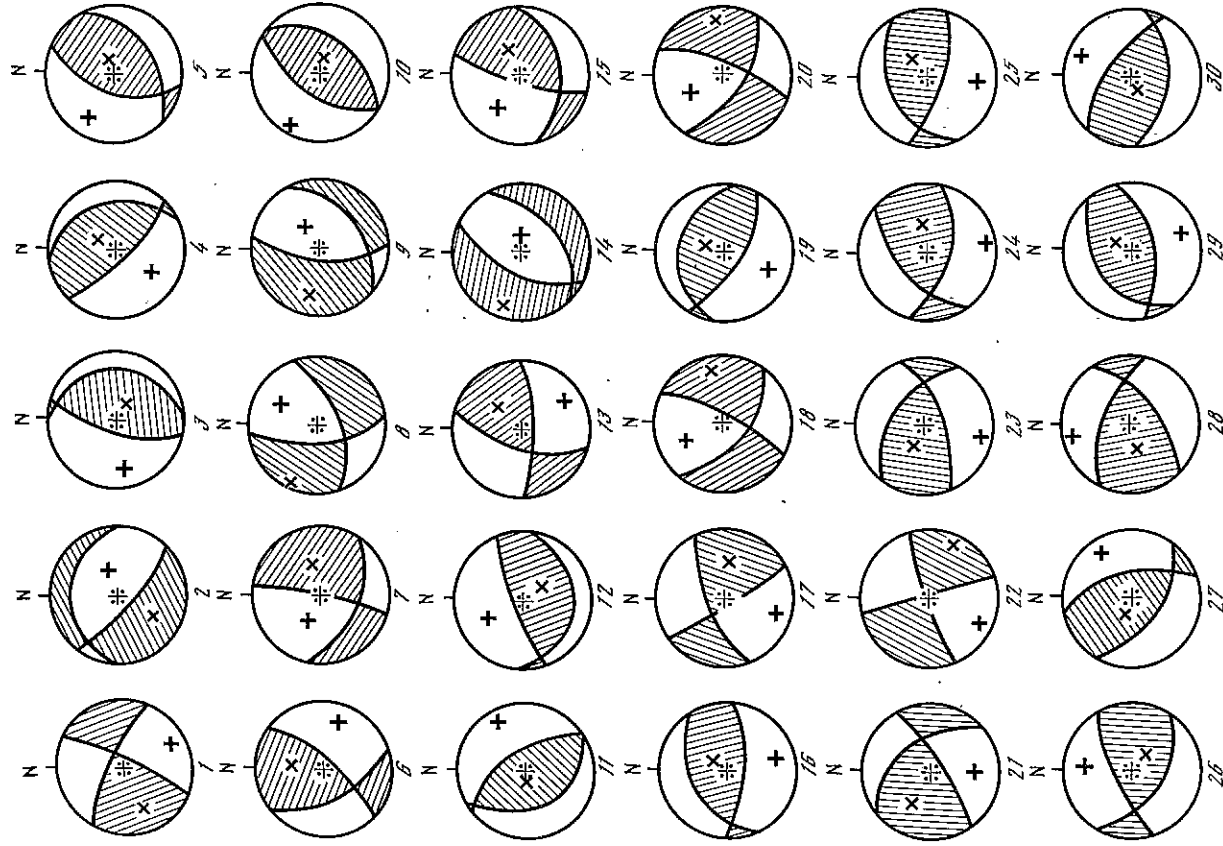
Т а б л и ц а 1
Распределение числа землетрясений по зонам
и энергетическому классу

Номер района	Энергетический класс Кр					Всего определено	Не определено
	I0	II	I2	I3	I4		
I	24	84	27	9	6	1	63
2	6	7	1	-	-	-	6
3	18	5	1	2	-	-	6
4	3	9	5	-	2	-	2
5	9	2	-	-	-	-	-
6	23	4	2	-	-	-	3
7	26	7	2	-	-	-	10
8	3	-	-	-	-	2	1
9	15	5	1	-	-	16	5
10	5	5	3	2	-	-	15
11	6	4	-	-	-	5	5
12	6	4	2	2	-	5	9
13	1	-	-	-	-	-	1
14	6	2	1	1	-	-	10
15	3	1	-	1	-	-	5
16	37	15	4	1	1	10	48
Всего 20I	154	49	18	9	1	243	189

Примечание. Расшифровку зон см. в Г.1.

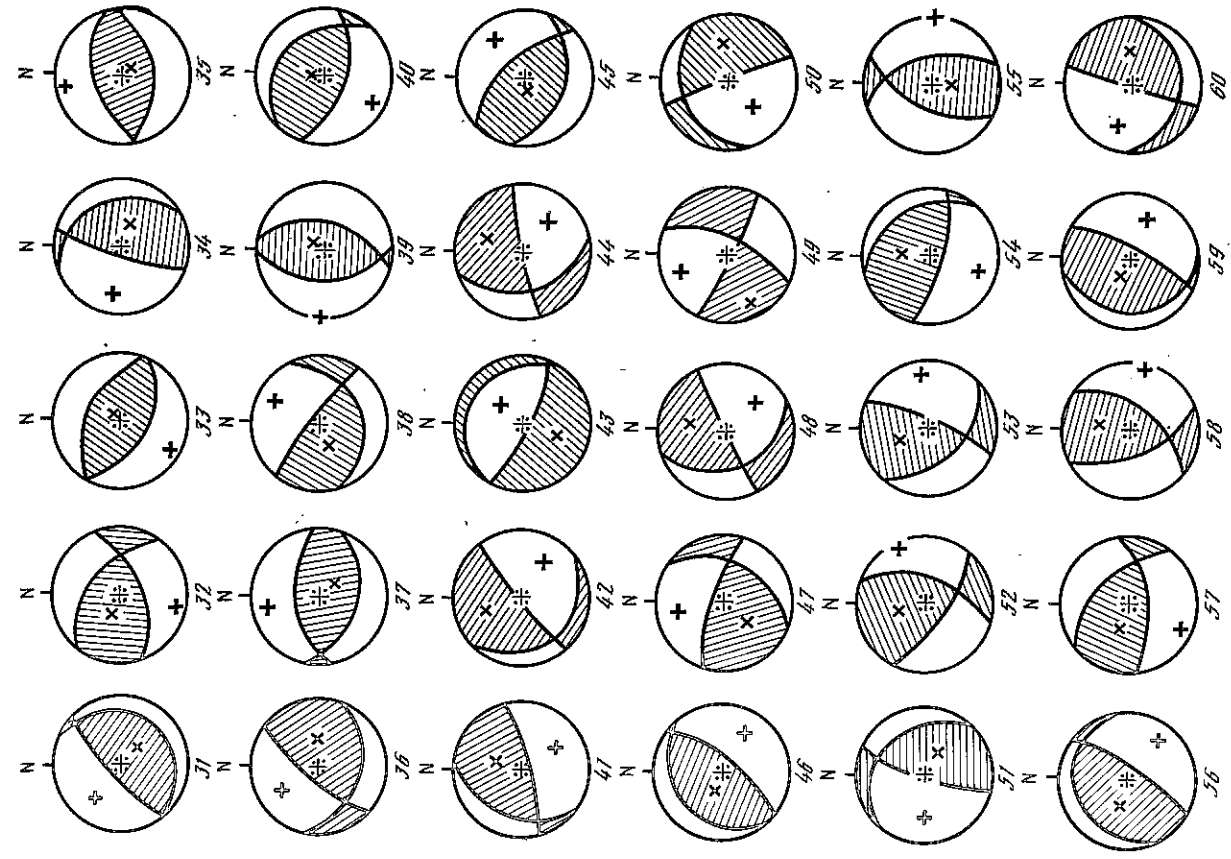
Наибольший интерес представляют формальные механизмы сильнейших за 1986 г. землетрясений, осуществившихся на территории Средней Азии (Кр ≥ I4). Ниже приведено описание данных землетрясений и их диаграмм (рис. 2).

Землетрясение 14 января 1986 г. (Кр=I3,7) произошло в 03 ч 03 мин в районе Гянджуша. Механизм очага определен по 88 сейсмограммам для глубины



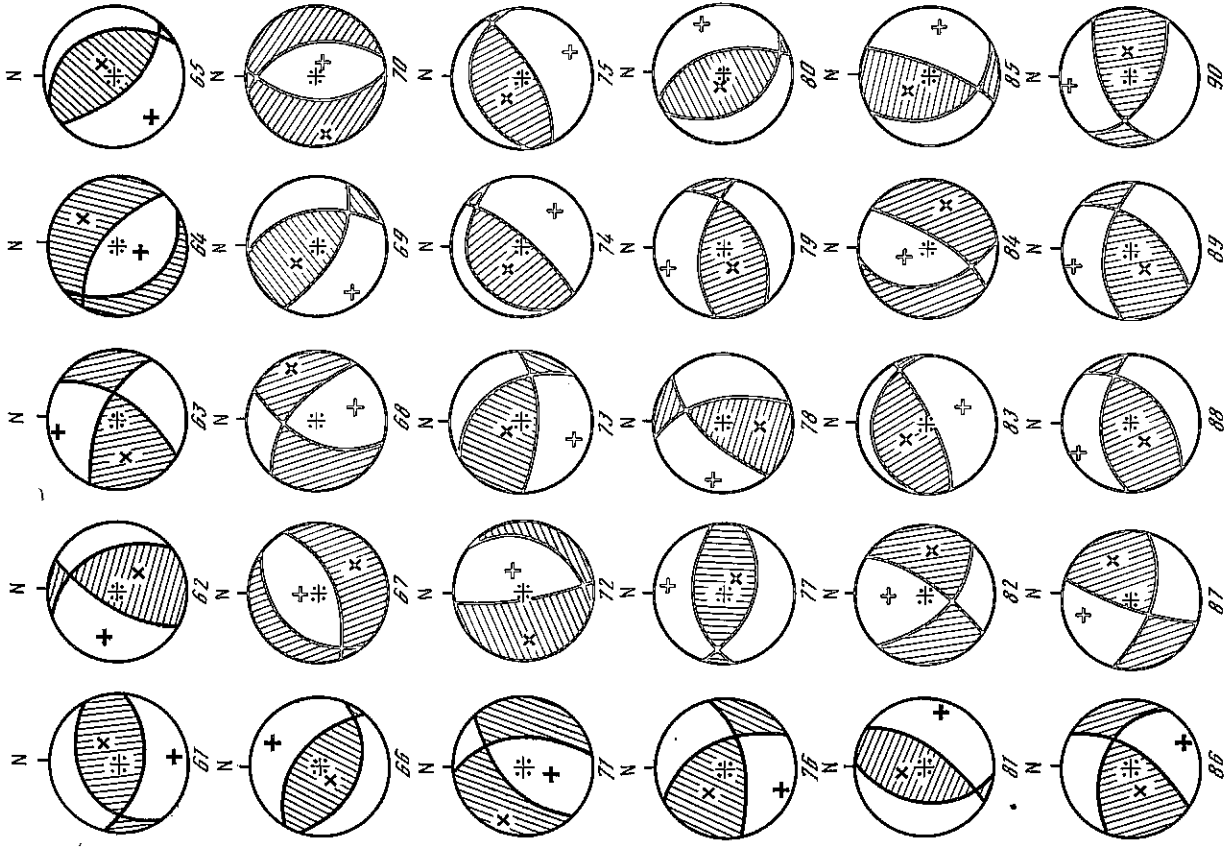
Р и с. 1. Механизмы очагов землетрясений 1986 г.

1 - нодальная линия; 2 - ось сжатия P; 3 - ось растяжения T;
4 - область волн сжатия. Нумерация соответствует каталогу механизмов очагов землетрясений



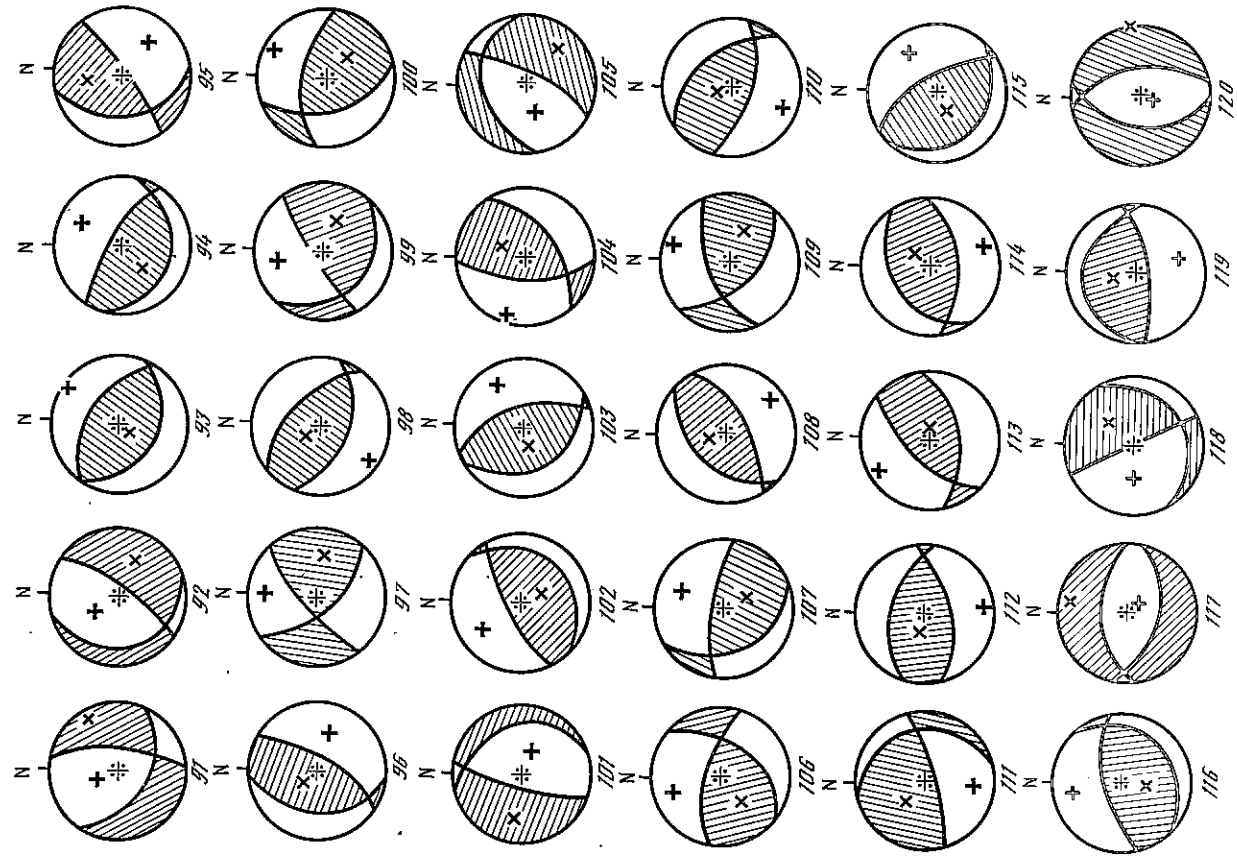
h = 220 км. Землетрясение сдвигондвигового типа. Характеризуется близгоризонтальной ориентацией оси сжатия в субширотном направлении, ось растяжения составляет средний угол с вертикалью в меридиональном направлении. Одна плоскость разрыва простирается субмеридионально, другая - в направлении северо-восток-юго-запад. Подвижки типа сдвигондвиги ориентированы в юго-восточном и западном направлениях.

Землетрясение 11 марта ($K_p=13,7$) произошло в 23 ч 07 мин в районе Гиндукуша. Механизм очага определен по 83 сейсмостанциям для глубины $h=210$ км.



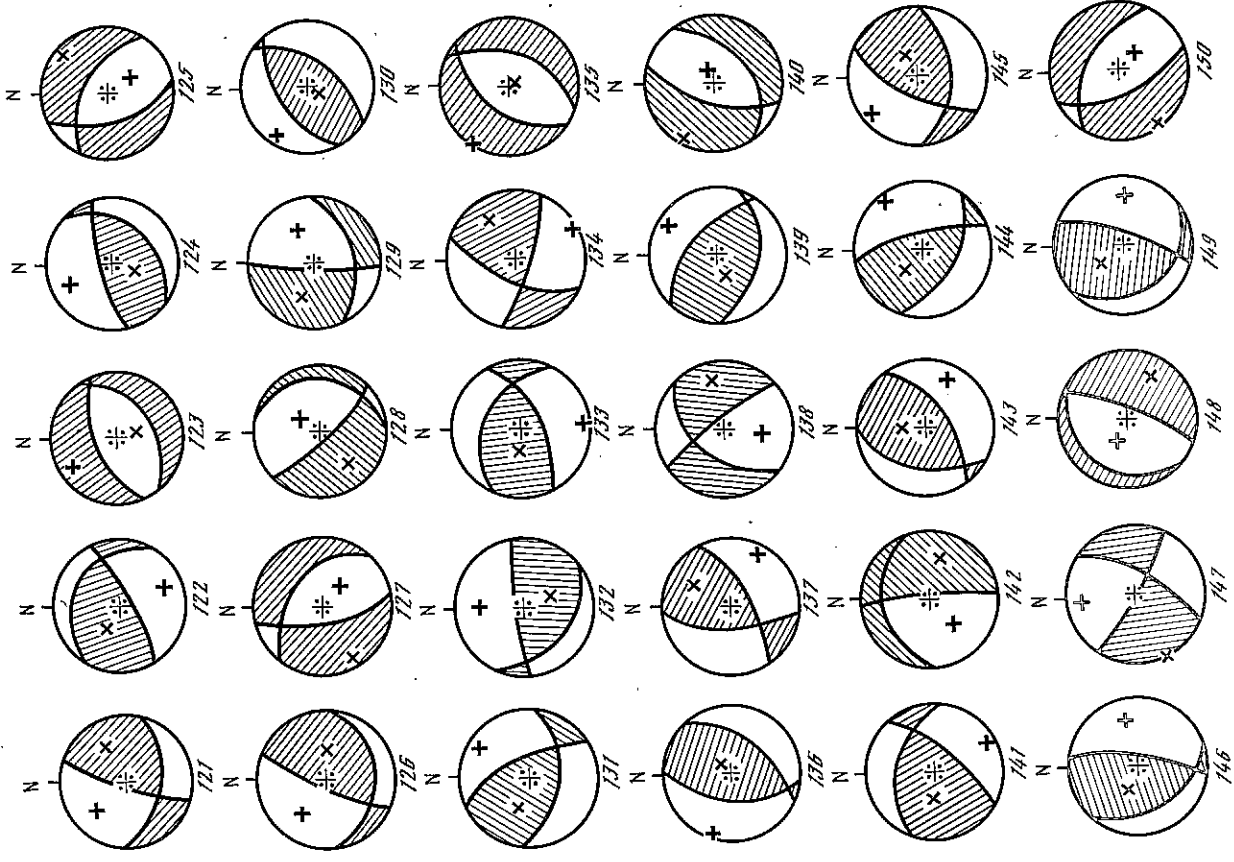
Характеризуется близгоризонтальной ориентацией оси сжатия в северо-восточном направлении и близвертикальной осью растяжения. Одна плоскость простирается субширотно, а другая в направлении юго-восток-северо-запад. Сдвиги типа надвига ориентированы по одной плоскости к югу, а по другой в северо-восточном направлении.

Землетрясение 17 июля ($K_p=13,6$) произошло в 15 ч 46 мин в районе Гиндукуша. Механизм очага определен по 69 сейсмостанциям для глубины $h=70$ км. Это



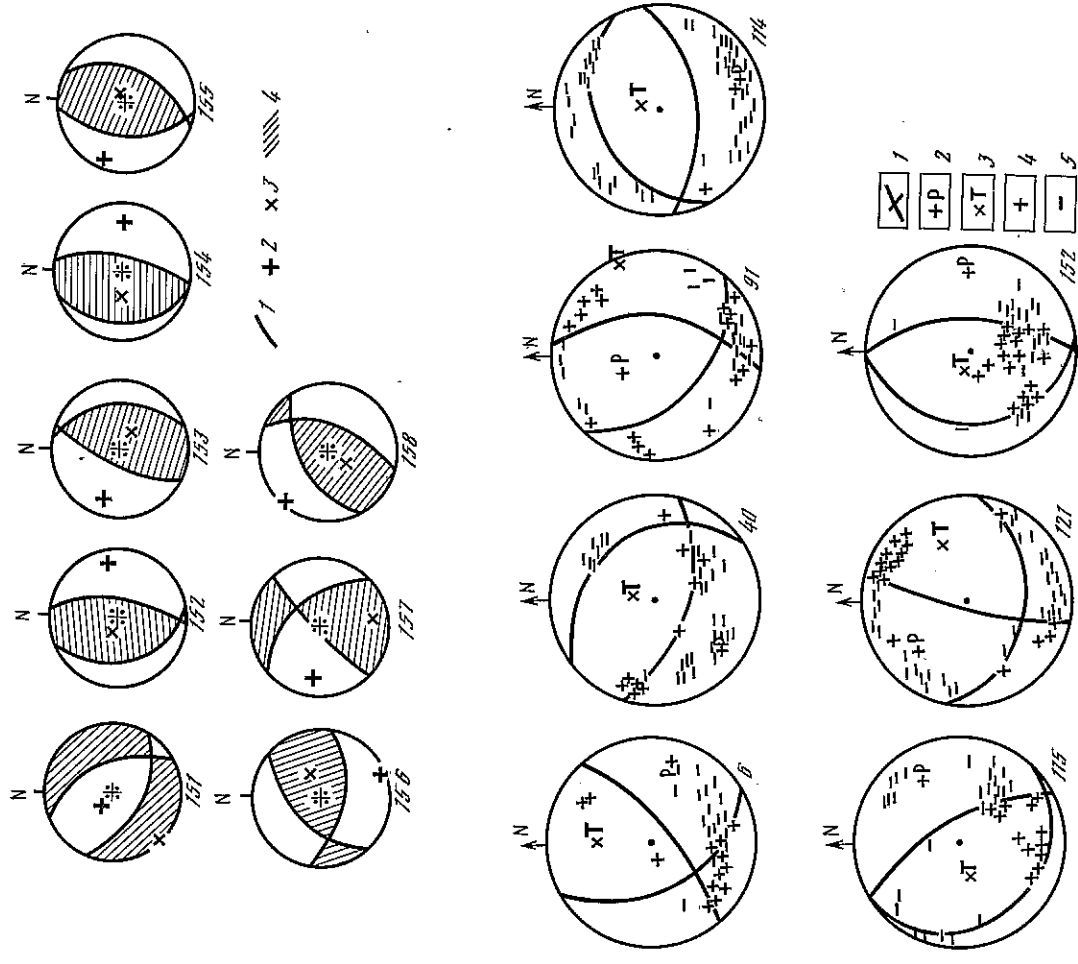
землетрясение сбросового типа имеет близгоризонтальную ось растяжения, ориентированную в юго-западном направлении, в сочетании с близвертикальной осью сжатия. Одна плоскость разрыва ориентирована меридионально, а другая - в направлении юго-восток-северо-запад. Смещение типа сброса ориентировано по одной плоскости на восток, а по другой на юго-запад.

Землетрясение 15 сентября ($K_p=13,8$) произошло в 21 ч 42 мин на глубине $h=70$ км в районе хребта Сафед-Хурс. В определении механизма очага участво-



вали 73 сейсмостанции. Характеризуется близгоризонтальным сжатием северо-западного направления в сочетании с близвертикальным растяжением. Обе плоскости ориентированы субшироотно. Смещение типа надвига ориентировано по одной плоскости к северу, а по другой к югу.

Землетрясение 17 сентября ($K_p=13,6$) произошло в 12 ч 08 мин в районе хребта Лаль (Сев.Афганистан). Механизм очага определен по 73 сейсмическим станциям для глубины $h=100$ км, характеризуется близгоризонтальным сжатием юго-



Р и с. 2. Механизмы очагов сильных землетрясений 1986 г.
 1 - нодальная линия; 2 - ось сжатия P; 3 - ось растяжения T; 4 - волна сжатия; 5 - волна разрежения

западного направления и близвертикальным растяжением. Обе нодальные плоскости имеют направление юго-восток-северо-запад, подвижка по любой из них имеет взбросовый характер, векторы подвижки ориентированы в северо-восточном и юго-западном направлениях.

Землетрясение 13 октября 1986 г. ($M_p=14$) произошло в 14 ч 11 мин в районе Гиндукуша. Механизм очага определен по 87 сейсмограммам для глубины $h=70$ км; характеризуется тем, что ось сжатия и растяжения составляют средние углы с вертикалью, ось сжатия при этом ориентирована в юго-восточном направлении,

ось растяжения субширотна. Нодальные линии как возможные плоскости разрыва очаге ориентированы в юго-восточном и северо-восточном направлениях. Подвижка типа сдвигонадвига направлена к югу по одной из плоскостей и почти чистого сдвига по другой плоскости в направлении северо-запад.

Следующее сильное землетрясение в районе Гиндукуша произошло 17 декабря 1986 г. в 08 ч 31 мин ($M_p=14$) на глубине $h=220$ км. В определении механизма очага участвовали 70 сейсмографов. Это землетрясение надвигового типа характеризуется близгоризонтальным сжатием в субширотном направлении в сочетании с близвертикальным растяжением. Плоскости разрыва ориентированы субмеридионально, смещение имеет характер надвига в западном и восточном направлениях.

На рис. 3. представлена обшая схема механизмов очагов землетрясений за 1979-1986 гг., построенная с учетом весовых коэффициентов. Диаграммы механизмов очагов землетрясений даны в равноплощадной проекции верхней полушария.

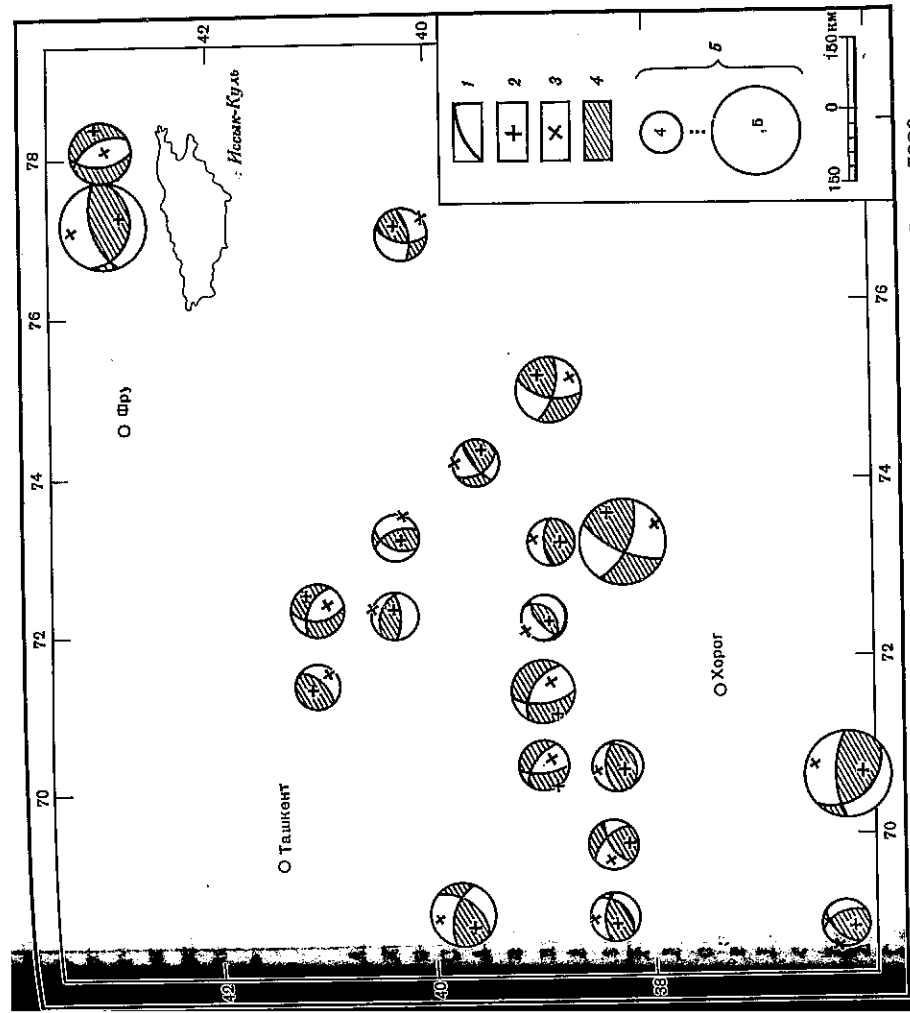
При построении этой схемы вся исследуемая территория разбивалась на элементарные подобласти, центры которых на рис. 3 совмещены с центрами диаграмм. В каждой подобласти подобласть характеризовалась механизмом очага наиболее сильного землетрясения, который определял основной вклад в средний механизм

Т а б л и ц а 2
 Распределение числа землетрясений с разным типом подвижек по зонам

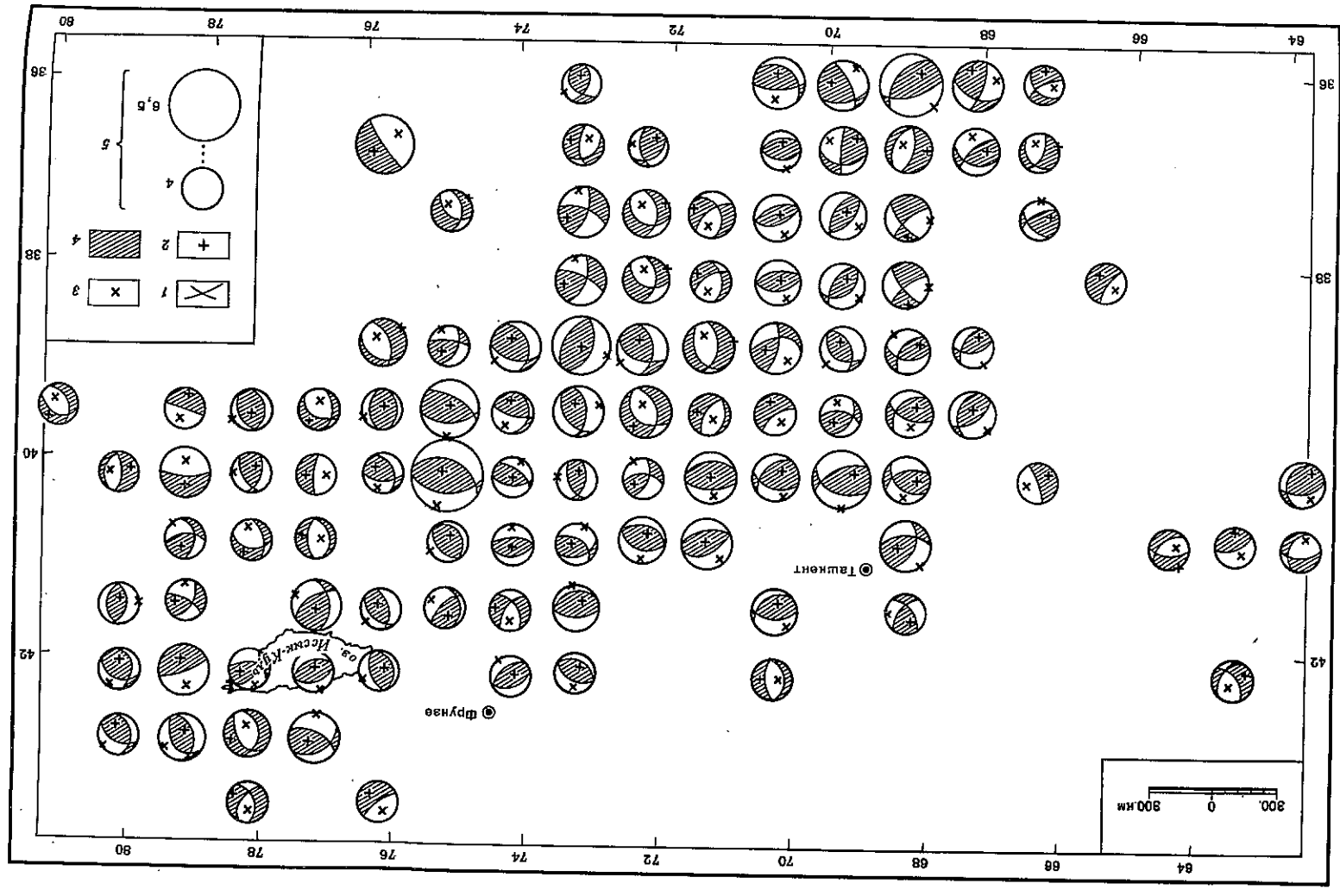
Зона	Тип подвижки						Всего	
	Надвиг		Сброс		Сдвиг		h < 70	h > 70
	h < 70	h > 70	h < 70	h > 70	h < 70	h > 70		
Гиндукуш (1)*	5	67	1	10	1	13	7	90
Южный Памир (2)	1	5	-	2	-	-	1	7
Северный Памир (3)	13	-	4	1	1	18	2	2
Горный Бадахшан (4)	-	7	1	6	3	10	16	16
Гармский район (5)	5	-	2	-	3	26	-	-
Гиссарский хребет (6)	15	-	8	-	3	25	-	-
Таджикская депрессия (7)	14	-	6	-	1	2	-	-
Приташкентский район (8)	1	-	-	-	1	16	-	-
Фергано-Чаткальский район (9)	13	-	2	-	1	2	-	-
Наринский район (10)	1	-	-	-	1	2	-	-
Чуйско-Иссыккульский район (11)	3	-	-	-	2	5	-	-
Северный Тянь-Шань (12)	3	-	2	-	-	5	-	-
Западный Кавказ (13)	-	-	-	-	-	-	-	-
Западный Узбекистан (14)	-	-	-	-	-	-	-	-
Туркмения (15)	-	-	-	-	-	-	-	-
Куль-Лушь (16)	2	-	3	-	5	10	-	-
Всего	76	79	29	19	23	17	128	115

* В скобках - номер по региональному каталогу.

Р и с. 3. Механизмы очагов сильнейших землетрясений за 1979-1986 гг. Обозначения 1-4 те же, что на рис. 1; 5 - магнитуда

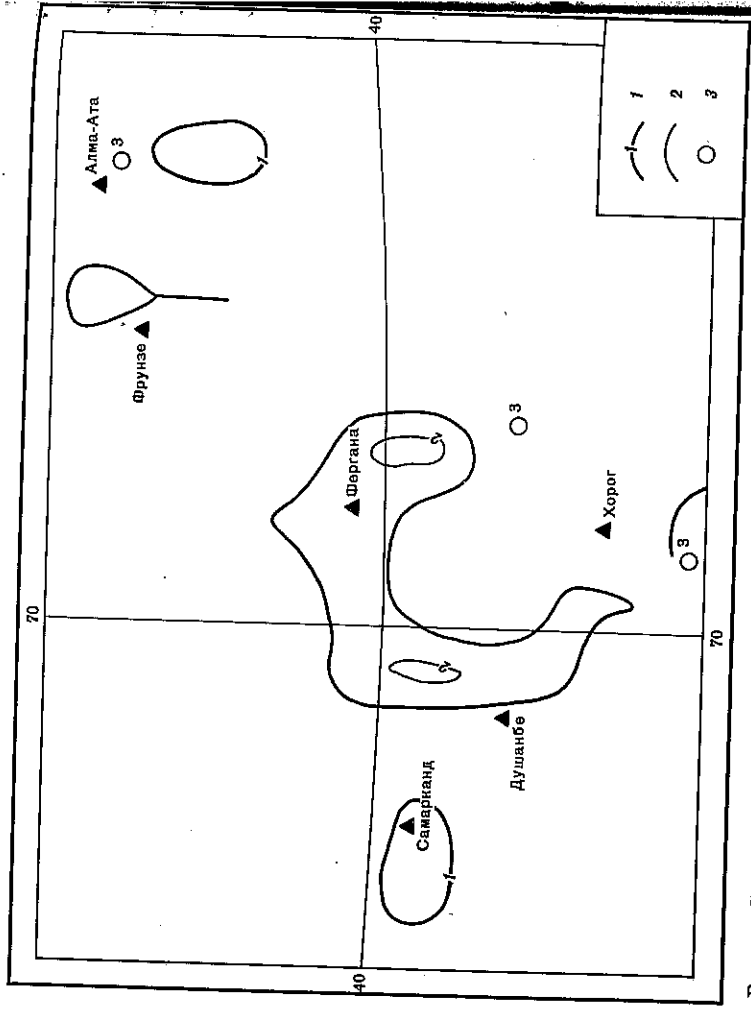


Р и с. 4. Механизмы очагов сильнейших землетрясений за 1986 г. Обозначение 1-5 те же, что на рис. 1; 5 - магнитуда



и изображался в центре подобласти. Относительная величина размеров диаграмм механизмов отражает магнитуду землетрясений в диапазоне $M=4+6,5$. По этому же принципу составлена схема механизмов очагов землетрясений отдельно за 1986 г. (рис. 4).

Данные по магнитудам и механизмам очагов коровых землетрясений за 1985, 1986 гг. явились также основой для изучения приращений сейсмотектонических деформаций и перераспределения напряжений в земной коре исследуемого региона. Указанное на рис. 4 поле дополнительных приращений напряжений, вызванных текучими приращениями сейсмотектонических деформаций за 1985-1986 гг., определено как поле сейсмотектонических напряжений. Расчет сейсмотектонических напряжений осуществлялся на основе граничных интегральных уравнений [7]. Поле приращений сейсмотектонических деформаций остается при этом заданным на некоторой сетке узлов, равномерно покрывающей всю исследуемую область. Для каж-



Р и с. 5. Анализ приращений сейсмотектонических напряжений и деформаций в 1986-1986 гг.
1 - вулканическая изолиния; 2 - изолиния с $K = -0,5$; 3 - эпицентры 1986 г. с $M > 4,5$

дого угла сетки определяется изменение напряженного состояния, вызванное влиянием какого-либо другого угла. Затем все рассчитанные таким образом приращения напряжений суммируются.

Целью расчетов является сравнение текущих приращений сейсмотектонических деформаций, обусловленных всеми другими деформациями элементарных объемов дополнительных сейсмотектонических напряжений в данном элементарном объеме. По аналогии с известным постулатом устойчивости Друкера в теории пластичности здесь также ставится вопрос о направленности рассчитанных тензоров деформаций и напряжений. Можно предположить, что сейсмотектонический процесс в данном элементарном объеме принял неустойчивый с точки зрения термодинамики характер развития, если приращение сейсмотектонической деформации происходит в условиях уменьшения напряжений, приложенных к данному элементу геофизической среды. Таким образом, оценка сейсмической опасности в среднесрочном аспекте связана в рамках данного подхода с выявлением областей наибольших противоположных по знаку вариаций сейсмотектонических деформаций и напряжений.

Результаты соответствующих расчетов представлены на рис. 4 в виде изолиний, охватывающих области отрицательных значений скалярных произведений свертки ($|K| \leq I$) по паре индексов тензора приращений сейсмотектонических деформаций и сейсмотектонических напряжений. Интервал в два года (1985

и 1986) взят для повышения представительности данных. Однако вопрос обобщенности выбора такого интервала остается пока открытым. Изолиния 1 на рис. 5 разделяет области положительных и отрицательных значений скалярных произведений K . Изолиния 2 отвечает некоторому фиксированному отрицательному значению $K = -0,5$ и охватывает области, которые в рамках данного подхода представляют зоны повышения сейсмической опасности. Решение вопроса о степени сейсмической опасности выделенных областей требует, как нам представляется, комплексного подхода, учитывающего характер разрывных зон, гравитационных и магнитных аномалий, особенностей теплового потока и других геофизических полей.

Л и т е р а т у р а

1. Абдукадиров А.А., Беленович Т.Я., Власова А.А. и др. Сейсмотектоническая деформация Средней Азии на основе массовых определений механизмов очагов землетрясений // Землетрясения в СССР в 1979 году. М.: Наука, 1982. С. 103-113.
2. Абдукадиров А.А., Беленович Т.Я., Власова А.А. и др. Механизмы очагов землетрясений Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1980 году. М.: Наука, 1983. С. 112-116.
3. Абдукадиров А.А., Беленович Т.Я., Власова А.А. и др. Механизмы очагов землетрясений Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1981 году. М.: Наука, 1984. С. 125-130.
4. Лукк А.А., Кыга С.Л., Шкляр Г.П. и др. Механизм очагов землетрясений и сейсмотектоническая деформация Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1982 году. М.: Наука, 1986. С. 110-118.
5. Лукк А.А., Кыга С.Л., Шкляр Г.П. и др. Механизм очагов землетрясений и сейсмотектоническая деформация Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1983 году. М.: Наука, 1986. С. 130-139.
6. Лукк А.А., Кыга С.Л., Шкляр Г.П. и др. Механизмы очагов землетрясений Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1984 году. М.: Наука, 1987. С. 163-169.
7. Мендельсон А., Алберс Л. Применение метода граничных интегральных уравнений для решения упруго-пластических задач // Метод граничных интегральных уравнений / Ред. Т.Круз, Ф.Ришо. // Механика. 1978. № 15. С. 68-110.