

глубиной очага 90 км, ощущавшийся в г. Хорго с интенсивностью 5 баллов, в г. Душанбе — 4 балла.

Помимо этих афтершоков, в Афганской подзоне зарегистрировано 24 землетрясения с  $K_p = 12$  и 6 с  $K_p = 13$ .

Уровень сейсмической активности Хоргогской подзоны понижился. Восточнее Хорго отмечено четыре землетрясения с  $K_p = 13$ . Осталось на том же уровне количество землетрясений с  $K_p = 10$  и 11.

Мургабская подзона, как и в предыдущие годы, характеризуется слабой сейсмичностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мирзоев К.М., Барнинова А.Я., Палайцева Н.Л. и др. Сейсмичность территории Средней Азии и Казахстана в 1984 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1984 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1984. Душанбе: Дониш, 1986. С. 5-25.
2. Михайлова Р.С., Бибарсова Д.Г., Арнонович З.И. и др. Опыт оценки уровня  $K_{min}$  представительных землетрясений отдельных районов и всего региона Средней Азии и Казахстана // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1982. Душанбе: Дониш, 1984. С. 25-42.
3. Лукк А.А., Нерсесов И.Л. Глубокие Памяро-Гиндукушские землетрясения // Землетрясения в СССР в 1966 г. М.: Наука, 1970. С. 118-136.
4. Розова Е.А. Составление годографов и определение основных сейсмических элементов для Средней Азии // Тр. СИ АН СССР. 1936. № 72. С. 1-28.
5. Захарова А.И. Специфические годографы для Припашкентского района и центральной части Чаткальского хребта // Тр. Ин-та маг. АН УзССР. 1962. Вып. 25. С. 147-160.
6. Атабаев Х.А. Специфические годографы для Ферганской долины // Там же. С. 161-174.
7. Яковлева И.Б. Годографы Западного Узбекистана // Сейсмичность Западного Узбекистана. Ташкент: Фан, 1971. С. 75-95.
8. Шацлов В.И. Обоснование способа массового определения координат очагов местных землетрясений // Прогноз землетрясений. Душанбе: Дониш, 1982. Вып. 2. С. 173-196.
9. Грин В.П., Лопатина Т.А. Годографы прямых рефрагированных волн по регистрации слабых землетрясений и взрывов для районов нижнего течения р. Нарын // Сейсмичность районов строительства Киргизии. Фрунзе: Изд-во АН КиргССР, 1967. С. 18-23.
10. Лопатина Т.А., Междитова З.А. Годографы прямых рефрагированных волн районов Таласской впадины и южного обрамления Ферганы // Геолого-геофизические особенности и сейсмичность территории Киргизии. Фрунзе: Илим, 1978. С. 71-84.
11. Буно В.И., Гвозский М.В., Затовский К.К. и др. Методы детального изучения сейсмичности // Тр. ИФЗ АН СССР, 1960. № 9 (176). С. 327-3.
12. Атлас землетрясений в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
13. Раутиан Т.Г. Затухание сейсмических волн и энергия землетрясений // Тр. ТИССС. 1960. Т. 7. С. 41-86.
14. Мирзоев К.М., Барнинова А.Я., Голубятников В.Л. и др. Сейсмическая обстановка в Средней Азии и Казахстане в 1979 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1979. Душанбе: Дониш, 1981. С. 7-37.

Т.К. Аманкулов, Б.А. Борисов, М.Г. Брук,  
К.Д. Джануззаков, А. Джураев, В.К. Иодко,  
К.Х. Исмаилахунов, Н.В. Кондорская, Н.А. Лагова,  
Х.М. Мирзобаев, Е.А. Рогожин, А.В. Шварц,  
Р.Г. Юнусходжаев

#### КАЙРАККУМСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 13 ОКТЯБРЯ

##### Макросейсмическое описание

13 октября 1985 г. в 21 ч 59 мин местного времени (15 ч 59 мин 52 с по Гринвичу) на территории Ленинадской области Таджикской ССР произошло разрушительное землетрясение с интенсивностью в эпицентре 8 баллов (данные о параметрах очага см. в "Основном каталоге"). Сотрясениями была охвачена обширная зона Средней Азии и Казахстана.

Землетрясение с наибольшей разрушительной силой проявилось в г. Кайраккуме, включая поселок геологов Сырдарьинский, г. Гафурове и в густонаселенных селениях Ходженского района. Наибольший сейсмический эффект проявился в кишлаке Купулук, имеющем неблагоприятные грунтовые условия и высокий уровень залегания грунтовых вод. Нанесен серьезный ущерб многим хозяйствам Ленинадской области. Так, в городах Кайраккуме, Ленинабаде, Гафурове, Чкаловске и Ходженском районе произошли большие разрушения ряда народнохозяйственных объектов, жилья, других зданий социально-культурного и бытового назначения.

Выведены из строя меллиоративные скважины и коллекторно-дренажная сеть, повреждены трещинами дорожное полотно, площадки промпредприятий, деформированы и выведены из строя дамбы, береговые сооружения.

В результате обследования последствий землетрясения сейсмологическими учреждениями АН Таджикской ССР, АН Узбекской ССР и АН Киргизской ССР была составлена карта изосейст (рис. 1, табл. I). Плейстоценовая область землетрясения выгнута в северо-восточном направлении, причем часть зоны приходится на акваториальное пространство Кайраккумского водохранилища. Ширина этой зоны около 10 км, длина 16 км. Город Кайраккум ближе всего тяготеет к центру макросейсмического эпицентра землетрясения. Площадь, охватываемая 8-балльной изосейстой, составляет 150 км<sup>2</sup>.

7- и 6-балльная изосейсты еще более выгнуты в северо-восточном направлении, площадь их соответственно составляет 920 и 3200 км<sup>2</sup>. В связи с отсутствием населенных пунктов на северо-востоке эти изосейсты там проведены условно. Площадь 5-балльной изосейсты около 78 530 км<sup>2</sup>, длинная ось эллипса этой изосейсты уже выгнута в широтном направлении. 4-балльная изосейста охватывает территорию площадью около 185 150 км<sup>2</sup>, она также выгнута в широтном направлении. Из-за отсутствия данных на северо-западе 4-балльная изосейста там проведена условно.

Землетрясение в эпицентральной зоне проявилось в виде резких и сильных вертикальных и горизонтальных колебаний, сопровождавшихся гулом, типа мощного взрыва. В домах все падало, люди в панике покидали жилища.

В 8-балльной зоне многие здания и сооружения получили сильные деформации и разрушения. Наиболее пострадали глинобитные дома сельской постройки и дома из кирпича-сырца. Землетрясение в этой зоне нанесло значительный материальный ущерб и вызвало человеческие жертвы.

В районе кишлака Купулук возникли оползани, которые погребли под собой несколько дворовых строений. Небольшие оползневые явления имели место здесь и до землетрясения. Снесен участок дороги протяженностью более 400 м.

В зоне 8-балльного сотрясения образовались трещинные деформации в грунтах (ожоженная и восточная части г. Кайраккума, прибрежные площади в зонах отдыха при различных предпринятых объектах, всеобщая туристская база), усугубившие разрушительный эффект землетрясения, вследствие чего отдельные здания и ряд подземных коммуникаций полностью вышли из строя. В зоне наблюдаются сейсмогенные оползни, оплывины, обвалы, кратеры фонтанирования подземных вод с выбросом песчано-глинистого грунта. Оползневым смещением разрушены береговые сооружения в восточной части г. Кайраккума.

Характер повреждения конструкций зданий в зонах сотрясений различной интенсивности в целом соответствует описательной шкале землетрясений MSK-64. В зоне, ограниченной 8-балльной изосейстой, в зданиях со стенами из жженого или силикатного кирпича и керамических блоков, возведенных без антисейсмических мероприятий, возникло множество сквозных вертикальных, наклонных и горизонтальных трещин шириной до 10-15 см, отмечено обрушение перегородок и стен и расслоение кладки, вертикальными трещинами нарушены связи между продольными и поперечными стенами, в отдельных случаях обнаружено повреждение стен подвалов и фундаментов зданий.

Значительные деформации обнаружены в конструкциях общественных зданий каркасного типа, где произошло повреждение железобетонных колонн и ригелей каркасов нормальными и наклонными трещинами, расслоение кладки заполнения наклонными, горизонтальными и перекрещивающимися трещинами, частичное обрушение перегородок из различных материалов, повреждение стыковых соединений между каркасом и навесными панелями, образование множества трещин в междуэтажных перекрытиях.

В зданиях производственного назначения наибольшие повреждения получили конструкции, выполненные без учета сейсмической опасности района застройки. Этим обусловлено обрушение конструкций I очереди Кайраккумского коврового комбината (рис. 2), разрушение ряда объектов комбината хлебопродуктов. В зданиях II очереди коврового комбината, возведенных с учетом 8-балльной сейсмичности района, основные несущие конструкции находились в удовлетворительном состоянии. В 8-балльной зоне наименьшие повреждения получили четырех- и пятиэтажные крупнопанельные жилые дома, возведенные с учетом 8-балльной сейсмичности района застройки.

Широко развиты в этой зоне жилые индивидуальные дома из сырцового кирпича или строения местного типа с глинистым заполнением ("туваля", "похса") полностью или частично обрушены. Обрушение стен, как правило, шло во внешние стороны ("синч вертом"). В местных домах с деревянным каркасом с глинистым заполнением ("синч туваля") хотя и наблюдается полное разрушение стен, но в ряде случаев стены устояли в вертикальном или наклонном положении. Жилые дома указанных типов в селениях Исписор, Катаган и др., оказавшихся в 8-балльной зоне, полностью разрушены.

В зоне 7-балльных сотрясений сильные повреждения в основном получили индивидуальные жилые дома местного типа с глинистым заполнением ("кулюхи"), а также здания из кирпича-сырца, особенно в Костакозе и Гафуруве. В этой зоне характерными повреждениями являются сквозные трещины в стенах (шириной раскрытия до 10 см), трещины в угловых сопряжениях стен, разрушение дымовых труб. Для всех обследованных домов характерны мелкие трещины в несущих стенах и в перегородках, откалывание больших кусков штукатурки, в отдельных случаях отмечается обрушение плитовых стен, местами произошло обрушение глинобитных думалов (рис. 3).

Удовлетворительно перенесли землетрясения девятиэтажные крупнопанельные здания в г. Ленинабаде в зоне 7-балльных сотрясений. В этих зданиях землетрясение вызвало повреждение несущих конструктивных элементов, перегородок, местами повреждена штукатурка стен, в отдельных местах отмечено образование тонких трещин по контуру плит перекрытий в местах их опирания на стены.

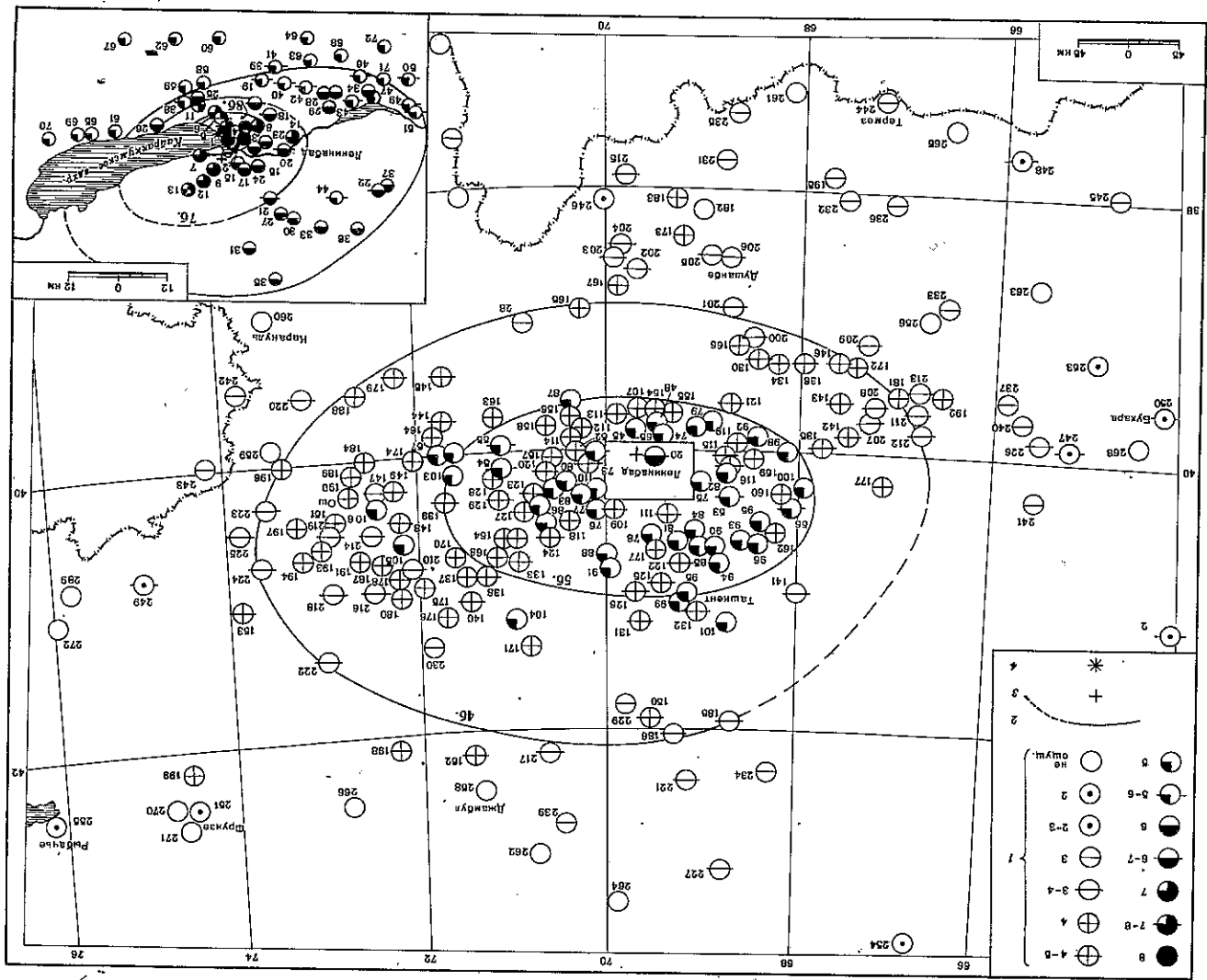


Рис. 1. Карта изосейст Кайраккумского землетрясения 13 октября 1985 г.

1 - балльность; 2 - изосейста; 3, 4 - инструментальный и макросейсмический эпицентры

Таблица 1  
Макросейсмические данные о землетрясениях 13 октября

№ п/п	Пункт	Δ, км			№ п/п	Пункт	Δ, км		
		1	2	3			1	2	3
8 баллов									
1	Кайраккум	2	41	22	90	Алмазар	107		
2	Кулдулак	4	42	24	91	Янгйабад	110		
3	Сырдарьинский	6	43	33	92	Замлин	117		
4	Исфисор	7	44	33	93	Сырдарья	120		
7-8 баллов									
5	Катаган	2	45	34	94	Восточный	121		
6	Домла Азизов	5	46	37	95	Гульбахор	132		
7	Подсобное предприятие	8	47	38	96	Ташкент	134		
8	Гафуров	9	48	40	97	Ильич	134		
7 баллов									
9	Султанабад	9	49	47	98	Славянка	134		
10	Кистакуз	10	50	47	99	Зарбдор	134		
11	Комитерн	10	51	48	99	Клубрай	135		
12	Самгар	12	52	48	100	Пахтакор	150		
13	Корик	16	53	50	101	Ленинское	168		
14	Ева	18	54	89	102	Буадиль	173		
6-7 баллов									
15	Ферма	8	55	128	103	Фергана	179		
16	Насоная	9	56	130	104	Терек-Сай	189		
17	Совхоз "Таласс"	10	57	134	105	Пайгут	231		
18	Опалная станция	12		165	106	Хоржабад	246		
19	Пункт № 1	12							
20	Ленинабад	16							
21	Чорух-Дайрон	20							
22	Обурдон	42							
6 баллов									
23	Ундржи	11	58	13	60 лет Киргизии	5 баллов			
24	Сумчак	12	59	14	Достук	107	Коргон	45	
25	Арка 1	12	60	24	Бешкент	108	Рават	48	
26	Джигдалик	16	61	26	Карачиккум	109	Адрасман	50	
27	Хамиработ	25	62	27	Маргун	110	Канибадам	51	
28	Пролетарск	27	63	27	Коммунизм	111	Алтын-Топкан	56	
29	Дехмой	27	64	32	Булак-Баши	112	Нефтеабад	65	
30	Мирзоробот	28	65	32	Махрам	113	Шураб	66	
31	Кансай	29	66	32	Кольцо	114	Исфара	71	
32	Гунакандоз	30	67	34	Даргун	115	Зафаробод	75	
33	Такели	34	68	36	Андрасой	116	Хаваст	78	
34	Нау	38	69	36	Нивезбек	117	Ахангаран	84	
35	Таболшар	38	70	36	Кучкак	118	Алт	90	
36	Бустон	41	71	41	Тагояк	119	Чапаева	92	
37	Дашверзин		72	43	Лангар	120	Яйлан	93	
5-6 баллов									
38	Арка 2	12	73	46	Камышкуртон	121	Шахристан	96	
39	Ауцкалача	17	74	53	Ганчи	122	Янгйель	102	
40	Колхоз "Рохи Ленин"	21	75	59	Ширин	123	Коканд	107	
			76	62	Шайдан	124	Ханабад	114	
			77	66	Булак	125	Янгйабад	115	
			78	66	Паркент	126	Паркент	120	
			79	70	Алмалык	127	Бувайда	120	
			80	74	Ура-Тюбе	128	Багдад	138	
			81	77	Кирово	129	Янгйабад	138	
			82	81	Бука	130	Айни	149	
			83	81	Янгйер	131	Газалкент	150	
			84	81	Горск	132	Сармагач	150	
			85	84	Аккуртан	133	Алмас	150	
			86	84	Солдатский	134	Алмас	152	
			87	85	Дангара	135	Дардар	165	
			88	87	Ворух	136	Джизак	173	
			89	98	Ангрэн	137	Урметан	180	
				105	Алпан	138	Кансай	182	

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	1	2	3
139	Боз	185	186	Тамрилановка	252
140	Ала-Бука	188	187	Кочкор-Ата	254
141	Чардара	188	188	Кара-Кобак	260
142	Галдиарал	188	189	Ак-Терек	264
143	Усмаг	188	190	Ош	267
144	Шахимардан	188	191	Базар-Курган	272
145	Карамык	193	192	Джума	276
146	Гусар	200	193	Джалал-Абад	280
147	Аравян	230	194	Кок-Янтак	300
148	Анджян	230	195	Шурчи	307
149	Мархамат	230	196	Гульча	310
150	Чамкент	230	197	Узген	315
151	Карасу	268	198	Талас	336
152	Кировское	310	199	Кашка-Суу	497
153	Казарман	386		3-4 балла	
4 балла					
154	Карабулак	47	200	Такфон	152
155	Исфана	54	201	Гушары	161
156	Чорку	78	202	Обигарм	175
157	Шорсу	86	203	Пештава	186
158	Баткен	95	204	Волиаган	197
159	Ульново	102	205	Орджоникидзе-абад	198
160	Пахтабад	132	206	Душанбе	201
161	Уйгурсай	138	207	Наримановка	207
162	Джетысай	141	208	Красногвар-лейк	216
163	Хайдаркен	141	209	Гезан	227
164	Пал	146	210	Учкурган	233
165	Гарм	149	211	Ланш	251
166	Зеравшан	160	212	Иштыкан	254
167	Комсомолобад	161	213	Самарканд	255
168	Чуст	161	214	Пахтабад (Ан-джанская обл.)	258
169	Чаувай	192	215	Куляб	260
170	Наманган	194	216	Майли-Сай	275
171	Джанги-Базар	200	217	Бурное	282
172	Пенджикент	201	218	Арсланбоб	288
173	Нурек	207	219	Сузак	291
174	Кызыл-Кия	207	220	Сары-Таш	300
175	Кызыл-Джар	212	221	Чаян	300
176	Караван	212	222	Токтогул	318
177	Янгйишлак	221	223	Кара-Кульджа	325
178	Шамалдысай	225	224	Кугарт	330
179	Дарауг-Коргон	230	225	Сарыбулак	345
180	Таш-Кулар	236	226	Знацин	351
181	Джамбай	237	227	Ансай	378
182	Яван	237		3 балла	
183	Дангара	239	228	Деонасу	165
184	Искит-Наукат	251			
185	Арысь	252			
229	Ленгер	216			
230	Аркит	258			
231	Курган-Тюбе	284			
232	Карлук	300			
233	Яксабаг	303			
234	Шаульдер	306			
235	Дусти	326			
236	Байсуи	326			
237	Ингичка	328			
238	Пункт № 1	330			
239	Каратау	338			
240	Акташ	338			
241	Нурата	351			
242	Иркешигам	355			
243	Кызыл-Джар	380			
244	Термез	392			
245	Ходжамбас	480			
246	Ленинградский	240			
247	Навои	381			
248	Гаурдак	428			
249	Дюрбельдыжан	450			
250	Бухара	464			
251	Фрунзе	487			
252	Зеравшан	495			
253	Мубарек	414			
254	Чинли	495			
255	Рабачье	600			
256	Китаб	285			
257	Рушан	296			
258	Джамбул	335			
259	Суфидкуртан	338			
260	Каракуль	368			
261	Шаартуз	368			
262	Аксоль	369			
263	Карши	381			
264	Байкадам	398			
265	Шерабад	405			
266	Луговой	410			
267	Ишканим	420			
268	Гюжукван	440			
269	Ат-Баши	525			
270	Канг	525			
271	Георгиевка	527			
272	Нарын	546			

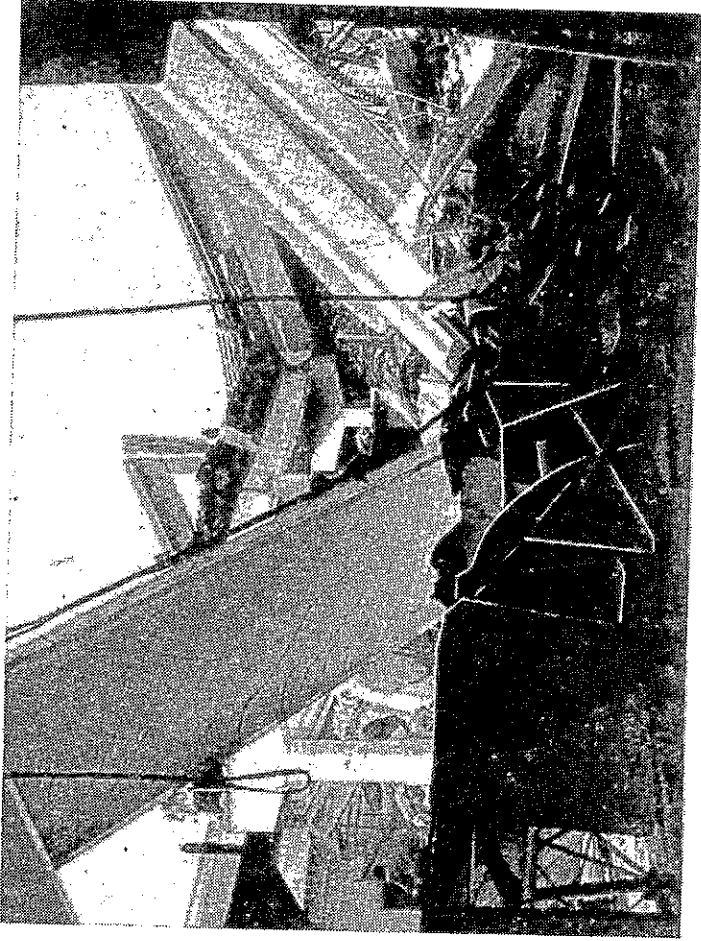


Рис. 2. Обрушение перекрытий на прядильной фабрике Кайракумского коврового комбината

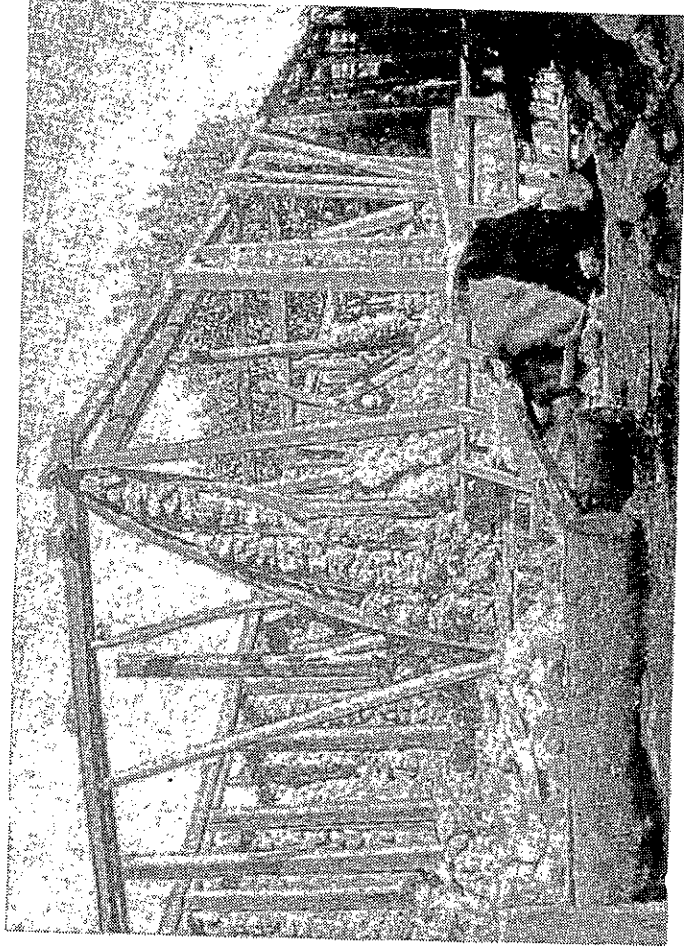


Рис. 3. Кашлак Кунгулук. Обрушение глинистого заполнителя и крыши в доме с деревянным каркасом

В 6-балльной зоне повреждения получили в основном сельские глинобитные строения типа "кулюхи", здания из сырцового кирпича, редко крупнопанельные жилые дома. Характерными повреждениями для глинобитных строений этой зоны являются волосные трещины в угловых сопряжениях стен и под деревянными балками перекрытия, ветвящиеся на большие волосные трещины под оконными и дверными проемами; во многих случаях слабо оконтурившись ранее заложённые проемы, частично разрушились дымовые трубы. В зданиях из сырцового кирпича образовались волосные трещины над оконными проемами, единичные горизонтальные тонкие трещины на уровне верхних частей окон.

В крупнопанельных зданиях повреждения незначительны. Здесь наблюдаются тонкие трещины по швам перегородочных плит, образовавшиеся в результате откалывания штукатурки.

Следует отметить некоторое повышение интенсивности сотрясения в Пролетарске и ряде других населенных пунктов, что связано, по-видимому, с грунтово-гидрогеологическими условиями этих районов.

В 5-балльной зоне каких-либо деформаций и повреждений не наблюдается. В обследованных населенных пунктах жители почувствовали горизонтальные толчки. Раскачивались лампочки, слабо дрожали оконные стекла. В отдельных случаях отмечено наличие неустойчивых предметов.

Глубина очага землетрясения, определенная по макросейсмическим формулам [1], следующая:  $h_I = 10$  км,  $h_{II} = 14$  км.

В макросейсмическом обследовании и сборе данных приняли участие: А.И. Белолыцкий, В.Г. Гавриков, С.В. Кожаринов, Х.М. Мирзобаев, Б.К. Олимов, Т.А. Пак, О.А. Романов, А.Д. Синоков, М.Х. Собиров, А.В. Шварц (ГИССС); Г. Арипов, А. Ачипов, А. Джурарев, В.К. Иодко, М. Зияев, М. Оксанов, Р.Т. Юнусходжаев (ИС АН УзССР), Т.К. Аманкулов, А.Д. Байбусунов, К.Д. Джанузак, К.Х. Исмаилахунов, Ю.К. Кутманалиев (ИС АН КиргССР).

#### Параметры гипоцентров основного толчка и афтершоков по методу групповой гипоцентрии

Землетрясение сопровождалось серией афтершоков на сравнительно небольшой территории, что позволило применить метод групповой гипоцентрии [2].

Изначально 18 достаточно сильных афтершоков ( $K_r > 8,5$ ), записанных в интервале эпицентральных расстояний 20—400 км. Было использовано 25 станций с четкими временами вступлений сейсмических волн (рис. 4).

На основе времен первых вступлений определены параметры основного толчка и всей афтершоковой серии.

Сущность метода заключается в следующем. Невязкой на станции принято называть величину  $f$ :

$$f = (t - t_0) - g(\Delta, h), \quad (1)$$

где  $t$  — измеренное время вступления волны на станции, а  $g(\Delta, h)$  — теоретическое время пробега волны, рассчитанное по географу при заданном положении очага, определяющем  $\Delta$  и  $h$ .

Однозначная гипоцентрия основана на методе максимального правдоподобия. Этот метод приводит к минимизации суммы квадратов невязок  $f$ , только если считать их нормально распределенными с нулевым средним значением. Однако, вопреки этой исходной для одиночной гипоцентрии статистической гипотезе, изучение распределения невязок  $f$  указывает на наличие ненулевого среднего значения невязки на данной станции. Учет наличия такого систематического смещения и позволяет метод групповой гипоцентрии. В методе находится разложение невязки  $f$  на две компоненты:  $f = S + r$ , где  $S$  — систематическая составляющая, называемая стационной поправкой,  $r$  — слу-



Таблица 2

Станционная поправка по двум сериям последовательных афтершоков  
Кайраккумского землетрясения 13 октября 1985 г.

Станция	Код	$S_1$	$\bar{r}_1$	$S_2$	$\bar{r}_2$
Ташкент	ТШК	-1,01	-0,189	-1,80	0,001
Ленинабад	ЛНБ	-4,05	-0,036	-3,12	0,002
Наманган	НМГ	1,13	-0,011	0,32	0,006
Джизак	ДЖЗ	-2,13	-0,125	-2,01	0,001
Миянхут	МЯХ	-0,67	-0,071	-1,48	-0,011
Зарабаг	ЗРБ	-1,03	-0,004	-0,32	-0,000
Агальак	АГЛ	-0,93	-0,006	-1,95	-0,000
Ташата	ТАШ	2,10	-0,009	0,14	-0,003
Янгиюль	ЯНГ	-2,80	0,095	-2,42	0,029
Ангрон	АНГ	-2,55	-0,049	-2,58	-0,021
Чимган	ЧМГ	-2,41	-0,100	-2,58	0,047
Фрунае	ФРН	-0,58	-0,00	-0,96	-0,006
Хорог	ХРН	1,59	-0,000	1,25	-0,002
Урагтобе	УРТ	-2,34	-0,024	-2,45	-0,000
Гезан	ГЗН	-0,69	-0,072	-0,98	-0,000
Исфара	ИСФ	-0,07	-0,006	-1,54	0,022

Таблица 3

Гипоцентры основного толчка и афтершоков Кайраккумского землетрясения  
13 октября 1985 г.

Дата	Время	$\varphi^\circ N$	$\lambda^\circ E$	$h, км$	$a, км$	$b, км$
13.10	15 59 53,1	40,29	69,84	17,2	124,3	9,1
13.10	16 12 42,6	40,24	70,02	0,2	131,4	14,6
13.10	16 18 00,6	40,27	69,82	9,6	118,8	14,6
13.10	17 03 04,4	40,28	69,84	6,9	331,5	14,9
13.10	17 08 36,8	40,30	69,85	10,9	105,1	9,1
13.10	17 30 59,8	40,29	69,92	22,3	110,1	8,7
13.10	17 56 16,7	40,32	69,88	5,3	117,9	10,1
13.10	18 25 14,1	40,28	69,89	11,1	108,7	11,6
13.10	18 38 42,6	40,31	69,9	9,8	116,6	9,3
13.10	18 41 26,3	40,35	69,85	10,0	117,7	7,4
13.10	19 27 58,9	40,32	69,78	12,7	103,1	7,4
13.10	19 35 53,5	40,32	69,74	5,5	127,4	5,4
13.10	21 03 06,8	40,32	69,80	10,9	113,2	7,4
13.10	21 21 39,4	40,34	69,78	8,3	94,5	7,6
13.10	21 35 35,1	40,31	69,76	6,3	317,1	11,7
14.10	05 23 06,5	40,34	69,83	-0,4	101,7	9,9
14.10	13 38 35,6	40,31	69,79	5,1	114,4	11,9
14.10	18 50 42,4	40,38	69,76	8,8	118,4	7,4

СМ-4; эти трудности обсуждаются в [2]. Здесь же следует отметить преимущество метода групповой гиподетриии по сравнению с одиночной локализацией. Преимущество это состоит прежде всего в том, что искажение, связанное с систематическими ошибками во временах пробега, будет одинаковым для всех гиподетриированных серий.

В идеальном случае если выделенные стационарные поправки соответствуют истин-

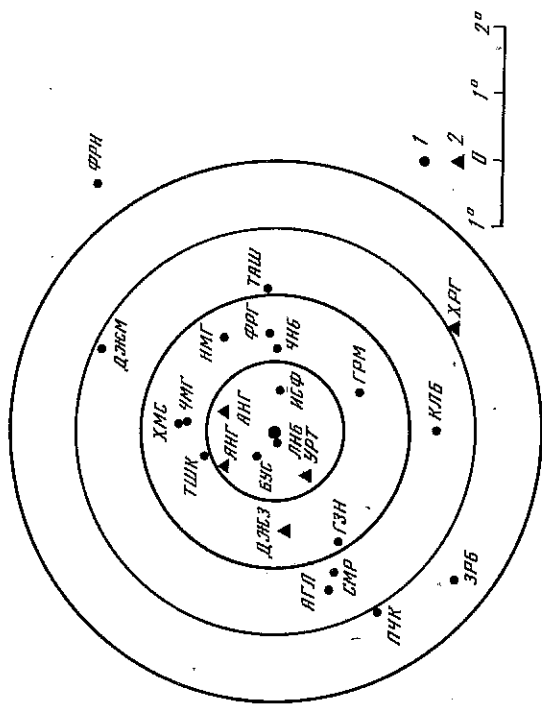


Рис. 4. Азимутальное расположение станций по отношению к основному землетрясению 13.10.1985 г.  
1 — стационарная поправка; 2 — стационарная поправка (стабильная)

чайная составляющая, которая тем самым определится по формуле

$$r = (t - t_0) - g(\Delta, h) - S_i \quad (2)$$

Если предполагать, что  $S$  не зависит от землетрясения в данной серии, а случайная составляющая будет иметь нормальное распределение с нулевой средней, то находясь в параметрах гиподетриии вместе со стационарными поправками сведется к решению переопределенной системы уравнений

$$(t_{ij} - t_0) - g(\Delta_{ij}, h_j) - S_i = 0. \quad (3)$$

Здесь  $i$  — номер станции;  $j$  — номер гиподетриии.

Если считать географ линейным в окрестности значений неизвестных  $t_0, h, \varphi, \lambda, S_i$ , выбранных в качестве первого приближения, то метод максимального правдоподобия сведется к минимизации квадратичного функционала

$$\Phi = \sum_{i,j} r_{ij}^2 \delta_i, \quad (4)$$

где  $\delta_i$  — вес, обратно пропорциональный предполагаемой дисперсии случайной компоненты  $r_{ij}$  для данной станции.

Определяя  $N$ -толчков по  $M$  станциям, мы минимизируем  $\Phi$  по  $4N + M$  независимым переменным  $t_0, h, \varphi, \lambda, S_i$ . Для единственности решения необходимо добавить условие, чтобы некоторые из этих  $4N + M$  переменных были бы фиксированы (осуществить калибровку по некоторым переменным), так как  $\Phi$  не меняется при сдвиге времени  $t_0$  одновременно с соответствующим сдвигом поправок  $S_i$ .

Разработанная программа позволяет выбрать в качестве калибровочных или параметров одного гиподетриии, или несколько стационарных поправок. При определении параметров гиподетриированных афтершоков Кайраккумского землетрясения мы принимали в качестве калибровочных параметры гиподетриии основного толчка из регионального каталога.

Технические трудности при разработке программы группового определения гиподетриированных связаны с необходимостью обрабатывать матрицу нормальных уравнений размерностью  $(4N + M) \times (4N + M)$  в возможном меньшем пространстве оперативной памяти ЭВМ

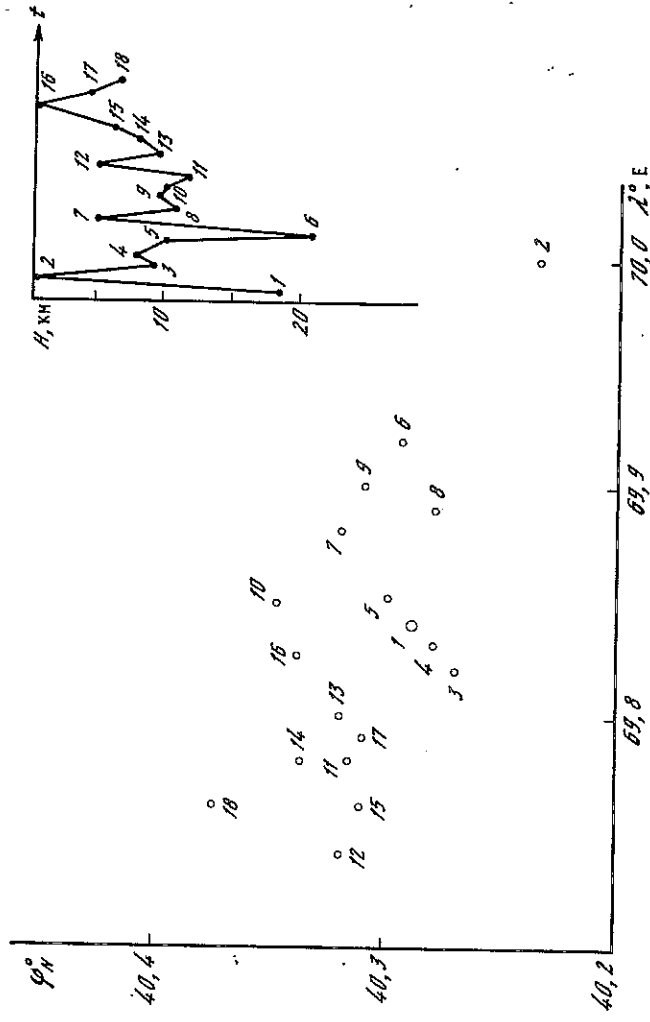


рис. 5. Координаты эпицентров афтершоков землетрясения 13.10.1985 г. и соответствующие значения глубин. Афтершоки пронумерованы во временной последовательности

ным, то точность локализации каждого отдельного гипоцентра определяется дисперсией случайной ошибки  $r$ , которая существенно меньше  $S + r$ , определяющей точность при одиночной гипоцентрии. Но даже если точность выделенных стационных поправок соизмерима с их величиной, а значит, они не соответствуют истинным, то и в этом случае взаимное положение гипоцентров серии определится дисперсией случайной ошибки  $r$ , которая меньше суммарной ошибки. Таким образом, всегда взаимное положение гипоцентров определится с большей точностью, чем точность каждого отдельного гипоцентра. В частности, в приводимых ниже расчетах гипоцентров Кайраккумских афтершоков стационная поправка в среднем составляет 1-2 с, а дисперсия случайной составляющей — около 0,1-0,2 с. Поэтому, если эллипс 90% доверительных областей имеет полуось 5-10 км, то взаимное расположение эпицентров с вероятностью 0,9 известно с точностью около  $\pm 0,5$  км.

Внутренней характеристикой сходимости метода является (кроме эллипсов ошибок) еще и величина отклонения условного экстремума  $F$  при фиксированных найденных поправках от вычисленных параметров гипоцентра. Кроме внутренних характеристик точности (указывающих лишь на сходящность метода), при оценке точности локализации облака афтершоков следует принимать во внимание, устойчивы ли при переходе от серии к серии значения стационных поправок и выделяется ли в серии афтершоков какой-либо процесс, т. е. ложатся ли их гипоцентры в пространстве параметров  $(\varphi, \lambda, h)$  на какие-нибудь достаточно гладкие кривые. На эти моменты мы прежде всего и обратим внимание.

При расчетах для увеличения определенности были исключены станции, записавшие всего 2-3 афтершока. 18 афтершоков были разбиты на две последовательные во времени группы, к каждой из которых метод применялся независимо. Параметры основного (калибровочного) толчка брались вначале по данным регионального каталога. В результате расчетов были получены две группы стационных поправок  $(S_1, S_2)$  и соответствующие средние значения случайной невязки  $(\bar{r}_1, \bar{r}_2)$ ; они приведены в табл. 2. Для станции Джизак, Янгйоль, Ангрэн, Хорог, Уратюбе поправки стабильны, т. е. для обеих

групп афтершоков отличаются не более чем на 10%. Для других станций поправки значительно отличаются. Для уточнения взаимного положения афтершоков обеих групп гипоцентры были переопределены при фиксированных вычисленных стационных поправках, т. е. найден условный минимум функционала  $F$ .

Одной из особенностей используемой программы является то, что вес станции  $\delta_i$  рассчитывается после третьей итерации обратно пропорционально дисперсии случайных невязок  $r$ .

Так как нестабильные поправки  $S$  характеризуются большей дисперсией невязок  $r$ , чем стабильные, то вес станций, дающих стабильную поправку в окончательном расчете, оказывается выше.

Переопределенные гипоцентры несколько сдвинулись в пределах эллипсов ошибок, сдвинулся и гипоцентр основного землетрясения. Большие полуоси 90% доверительных интервалов оказались от 7 до 11 км; если фиксировать при расчетах глубину, то полуоси будут равны 2-3 км. Соответствующие параметры гипоцентров приведены в табл. 3. Конфигурация афтершоков и соответствующие значения глубин приведены на рис. 5. Как видно, большинство афтершоков ложится на две прямые. Глубины определены достаточно надежно и имеют тенденцию уменьшения глубины к поверхности по времени.

### Тектоническая обстановка и геологические проявления

Геологические наблюдения в эпицентральной зоне Кайраккумского землетрясения, проведенные сразу же вслед за этим событием во второй половине октября 1985 г., показали, что все деформации поверхности — трещины, оползни, обвалы — имели сейсмогравиационное вторичное происхождение: большинство их возникло на неустойчивых, насыщенных и сильно обводненных грунтах. Малые размеры плейстоценовой области и локальное развитие сейсмодислокаций свидетельствовали о неглубоком положении верхней кромки очага землетрясения, а следование дислокации микрорельефу и явная их связь с участками переувлажнения грунтов говорили о том, что движение поверхности грунта не отражало характер подвижки в очаге. Вместе с тем были получены сообщения, что землетрясение резко оупушалось в отдаленных от эпицентра местах — в Ташкенте, Душанбе, Оше и др. Это позволяет считать, что очаг имел значительные вертикальные размеры и захватывал глубокие горизонты коры.

По результатам анализа геологического строения эпицентральной области, расположения и характера сейсмодислокаций были сделаны предварительные выводы [3] о положении и глубине очагов главного и повторных толчков, об их механизме и дана привязка к конкретным геологическим структурам. Вновь полученные материалы по гипоцентрии (см. выше) при совместном их рассмотрении с геолого-тектоническими данными позволяют уточнить и углубить наши выводы о природе этого сейсмического события.

Тектоническое положение плейстоценовой области. Район, захваченный Кайраккумским землетрясением, расположен в западной части Ферганской впадины (рис. 6), недалеко от ее горловины, где северный и южный борта — сильно поднятые выгнутые блоки палеозойского складчатого фундамента, образующие высокие горные хребты, — сходятся на близкое расстояние. На севере это Курамино-Чаткальская зона Среднего Тянь-Шаня, представляющая собой систему своеобразных хребтов северо-восточного простирания; на юге — высокогорные Туркестанский и Алайский хребты Южного Тянь-шаня, выгнутые в широтном направлении и относящиеся к Южно-Ферганской (Караचाгырской) и Туркестано-Алайской тектоническим зонам.

По составу фундамента и истории развития северная и южная складчатые системы существенно различаются [3]. Граница между ними проходит в приосевой части Ферганской впадины [4], на западе — ближе к ее южному борту. Плейстоценовая область Кайраккумского землетрясения подстилается фундаментом "кураминского" типа [5, 6].

Главная фаза формирования Ферганской впадины приходится на неогенчетвертич-

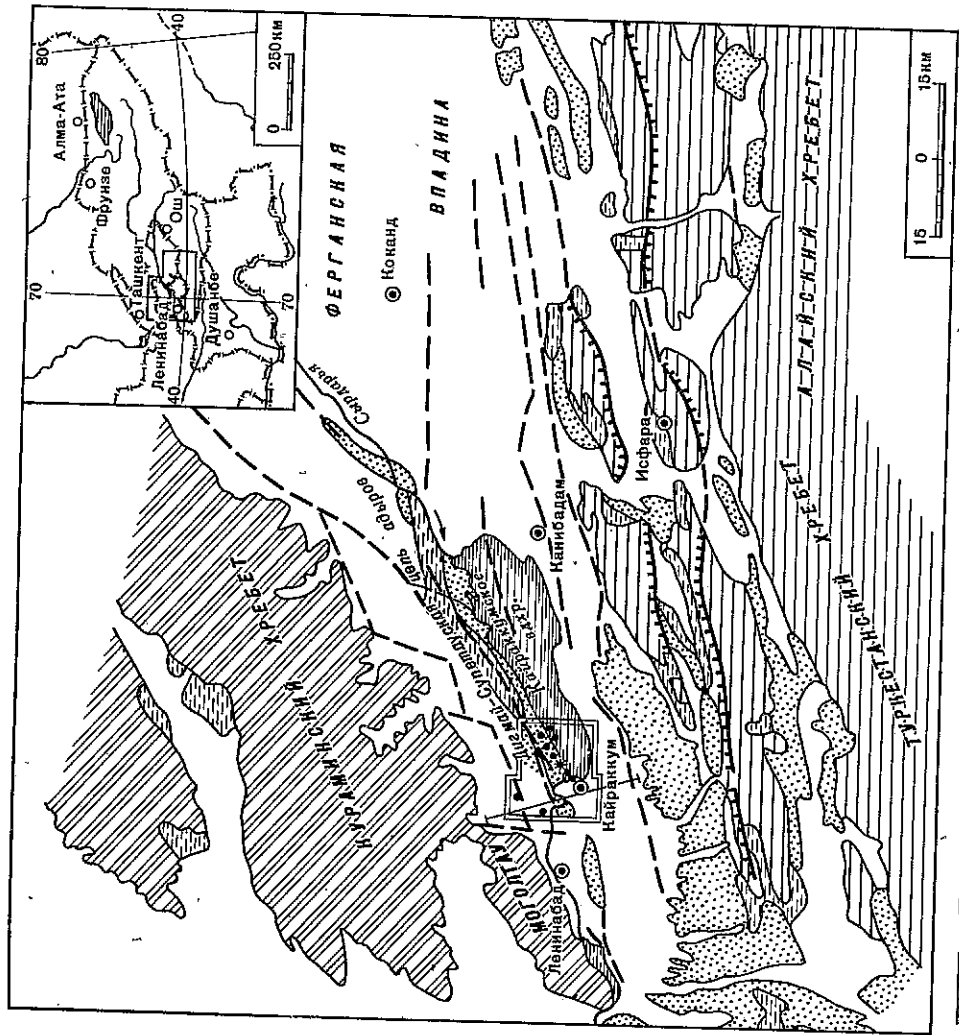


Рис. 6. Тектоническая схема западной части Ферганской впадины  
 1, 2 — выходы докембрийских пород; 1 — Курамино-Чаткальская зона Среднего Тянь-Шаня, 2 — Южно-Ферганская и Туркестано-Алайская зоны Южного Тянь-Шаня; 3 — выходы пород палеогенового возраста; 4 — выходы пород палеогена и миоцена; 5 — верхнечетвертичные отложения (см. рис. 7 и 8); 6 — район Кайраккумского землетрясения 1985 г., эпицентр главного толчка и афтершоков (см. рис. 7 и 8); 7, 8 — крупнейшие разрывы; 7 — выходящие на дневную поверхность, 8 — скрытые; 9 — положение профиля (рис. 8)

ное время, когда и накопились мощные толщи моласс. Мощность массагетских отложений (Олигоцен-миоцен) достигает в районе Кайраккума 3 км, а мощность перекрывающих их бактрийских моласс (плиоцен) и четвертичных отложений — 2,5 км.

Кайнозойскими молассами сложены типичные для Ферганской впадины антиклинальные гряды — "адыры", имеющие диапирное происхождение. У Кайраккума одна из таких гряд, Рухакская (рис. 7), прорезана в осевой части руслом р. Сырдарья, образующим типичные врезанные меандры ("Кокторлюкские излуины"). Рухакская гряда представляет собой звено Дитмай-Сулетауской цепи антиклиналей, протягивающейся в северо-восточном направлении параллельно границе выходов палеозойских пород Кураминской зоны, в 15–20 км к юго-востоку от этой границы (рис. 6).

Адыры Дитмай-Сулетауской гряды получили орографическое выражение со средне-четвертичного (ташкентского) этапа, но эпизодические движения происходили здесь

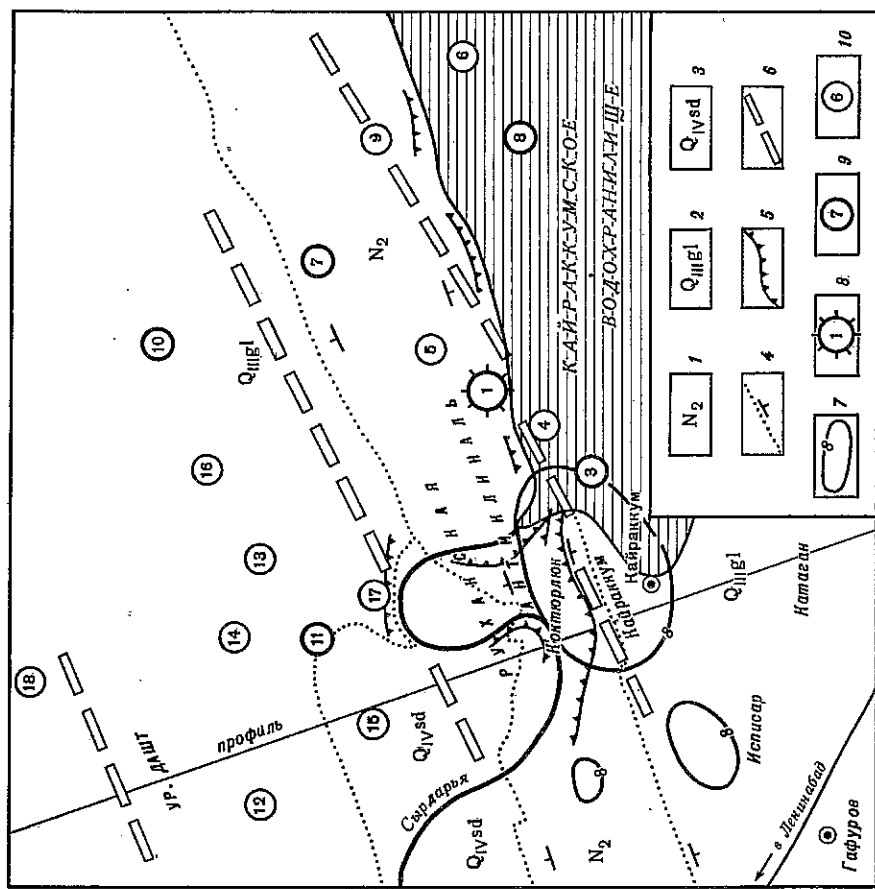


Рис. 7. Схема района Кайраккумского землетрясения

Возраст пород: 1 — плейстоценовый; 2–3 — четвертичный; 2 — Голодностепский комплекс, 3 — Сырдарьинский; 4 — геологические границы и падение пластов; 5 — разломы; 6 — разломы; 7 — участки 8-бальных соприкосновений; эпицентры: 8 — главного толчка, 9–10 — афтершоков (9 — Кр = 9,6 ÷ 12,1; 10 — Кр = 8,6 ÷ 9,5)

еще в неогене [4]. Гряда является крупной дисгармоничной структурой, возникшей в толще кайнозойских моласс в значительной мере за счет соляно-глисового и глиняного диапиризма. Антиклинали заложилась над системой погребенных разломов (При-сырдарьинский глубинный разлом [8], Северо-Ферганская флексурино-разрывная зона [5, 9, 10]). Уступ в подошве молассовой толщи располагается севернее (до 1 км), чем осевые части адырных антиклинальных складок в поверхностных горных зонах [7]. Осевые плоскости складок и нарушающие их продольные разрывы имеют крутое северное падение (рис. 8). Большая амплитуда вертикального смещения, осуществившегося в течение неогена, и расположение зоны уступа, параллельное крупным дизъюнктивным структурам, позволяют связать резкий перепад мощности молассовой толщи с движениями по этой системе тектонических нарушений взбросового типа.

Попавшая в пределы плейстоценовой области землетрясения Рухакская гряда имеет куэстообразный облик: верхние горизонты северного крыла и свода антиклина-ли размыты, южное крыло круто обрывается к низким террасам Сырдарьи. В обнаже-ниях представлены конгломераты, мергели и глины кокторлюкской свиты пшюлена (N<sub>2</sub>), а также лёсы, суглинки, пески и галечники голодностепского комплекса верхне-четвертичного возраста (QIIIgl); пойма сложена голоценовыми сырдарьинскими огло-

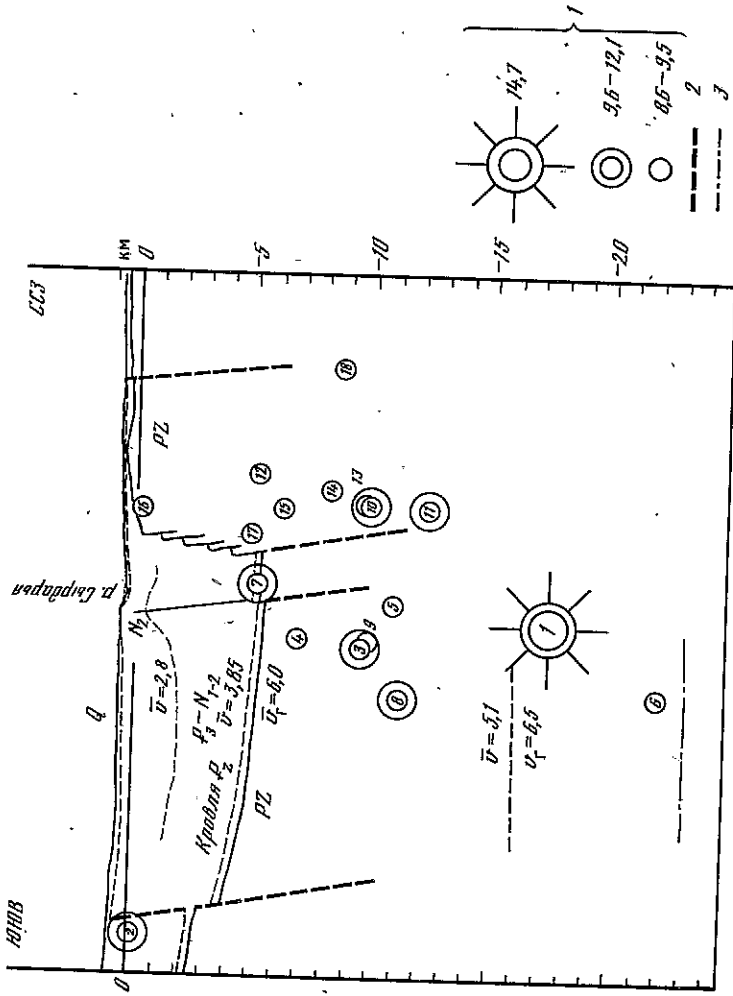


Рис. 8. Схематический геолого-геофизический профиль вкостр пространства Ружакской антиклинали (положение профиля показано на рис. 6 и 7)  
1 — энергетический класс; 2 — разрывные нарушения (по геологическим данным [8]); 3 — сейсмические границы [12]

жениями (Q<sub>4</sub>sd). Падение пород южного крыла около 5°. В отдельных местах отмечено более крутое залегание (до 15°), ближе к своду имеются участки почти горизонтального залегания и очень крутонаклоненные блоки (до 70°, местами круче).

Скорость роста адырных антиклиналей в новейшее время очень велика: 2,5—5,5 мм/год [4]. Наблюдения показывают, что рост Ружакской антиклинали активизируется в позднем плейстоцене и продолжается в настоящее время. В пределах меандра, обращенных к югу и врезанных в осевую часть антиклинали, русло Сырдарьи отгеснено от крутого левого (южного) борга долины широкой поймой. В обращенных на север меандрах река в соответствии с обычными законами подмывает северный берег. Согласно наблюдениям С.А. Несмелова, позднецвертичные движения неоднократно изменили русло Сырдарьи [4]. Эффект поднятия поймы левого берега в районе Коктырлюкских излучин усиливается в результате накопления коллювиального материала, образованного при разрушении уступа куэсты. В составе рыхлых наносов поймы большая доля приходится на оползневой коллювий.

**Сейсмодислокации.** Деформации грунта при Кайраккумском землетрясении образовались в основном в городе Кайраккум и поблизости от него (рис. 9). Какой-либо системы в распределении нарушений (преимущественного направления, закономерной дифференцированности, зональности) установить не удалось. Условные изосейсты 8-го балла, приведенные на рис. 7, показывают границы участков наибольшего сейсмического воздействия по результатам полевых геолого-геофизических наблюдений. Деформации поверхности, возникшие вследствие землетрясения 13 октября 1985 г., находятся внутри этих изосейст. Как уже отмечено, все сейсмодислокации относятся к категории вторичных сейсмогравитационных.

Обвалы произошли на ограниченном участке крутого левого борга долины Сыр-

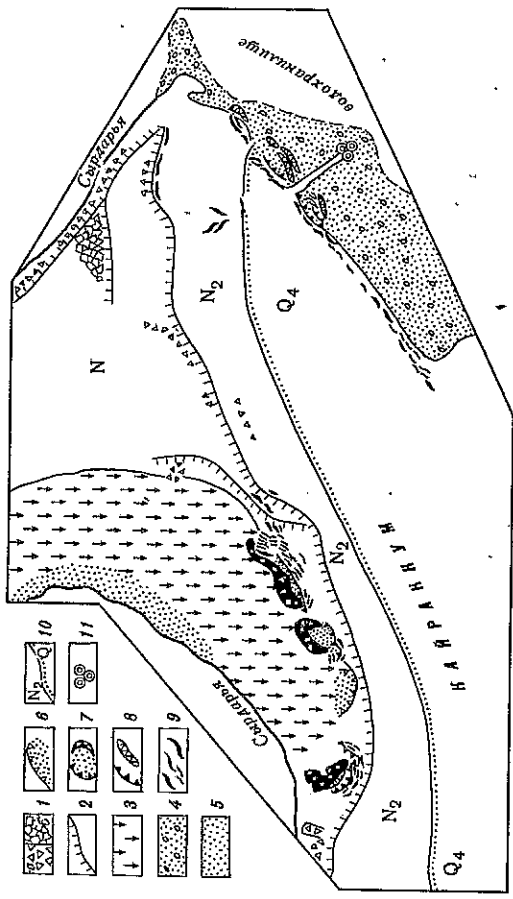


Рис. 9. Схематический план сейсмодислокаций Кайраккумского землетрясения  
1 — обвал; 2 — круглые обрывистые склоны; 3 — высокая пойма р. Сырдарьи; современные отложения; 4 — песчано-глинистые; 5 — песчаные; 6 — дренажи; 7—8 — связанные с землетрясением 13 октября 1985 г.; 9 — сейсмические трещины; 10 — геологическая граница палеогеновых и голоценовых отложений; 11 — места выбросов воды и грязи

дарьи, к северо-востоку от г. Кайраккума. Для этого участка характерен сильно пересяенный рельеф: крутые обрывистые склоны сложены непрочными породами (галечниками и лёссовидными суглинками шлюицеа). Обвалы здесь возникли и раньше. В 1 км к северу от границы города при следовании от плотины водохранилища вниз по течению Сырдарьи — примерно в том месте, где проведена (см. рис. 7) изосейста 8-го балла, — свежие обвалов уже не было, хотя склоны там столь же круты. Таким образом, эффект землетрясения быстро затухал в северном направлении. Судить о затухании в других направлениях труднее, так как обваловых деформаций больше нигде не отмечено. Участок развития обвалов приурочен к южному крылу Ружакской антиклинали, нарушенному в поверхностных горизонтах крутыми сбросами и срывами.

Оползни возникли в поверхностных горизонтах крутыми сбросами и срывами. Водохранилища (в восточной части города Кайраккум), у кишлака Коктырлюк (см. рис. 7 и 9), в районе регрансляционной станции, а также вблизи оросительных каналов, пересекающих северные части населенных пунктов Исписар (колхоз им. Ленина), Гафуров и др.

Оползневые подвижки набережной Кайраккумского водохранилища захватили берег на протяжении 650 м. Насыпные грунты набережной, покрытой асфальтом, и прибрежные участки ложа водохранилища, укрепленные в подножии пятиметрового уступа бетонными плитами или глыбами рваного камня, переместились по пологому склону на расстояние до 100 м. В зоне отрыва возникли характерные зияющие трещины и ступени. Во фронтальных частях оползневой грунты были хаотически перемешаны с кусками асфальта и обломками бетонных конструкций, среди которых кое-где проглядывали участки песчаного ложа водохранилища.

Во время землетрясения уровень воды в Кайраккумском водохранилище был низким и его ложе обнажилось примерно на 300 м от линии набережной, так что оползни происходили не в подводных условиях, а на суше, но при сильной увлажненности грунтов. На фронте оползневой образовались четко выраженные вали сжатия (вспучивания) материала, напоминавшие антиклинальные складки, с продольными трещинами вдоль гребней. Западный отрезок полосы оползневой отличался особенно протяженной зоной



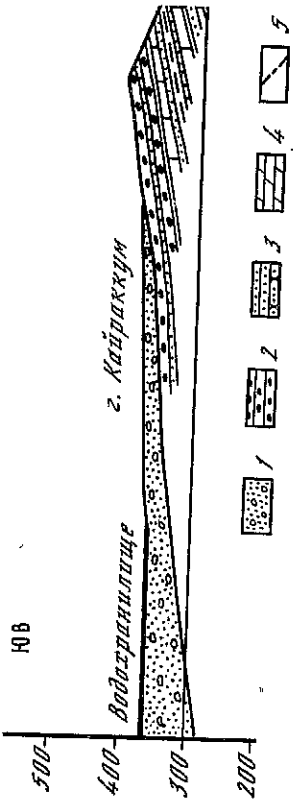


Рис. 10. Схематический геологический разрез Рухаской антиклинали  
1 - четвертичные отложения (пески и галечники); 2-4 - палеозойские отложения: 2 - галечники и конгломераты, 3 - пески и песчаники, 4 - мергели и глины; 5 - разрывы; стрелкой показан оползень

транспортировки материала: участок бетонного покрытия длиной около 150 м, прилегающий к уступу набережной, слош примерно на 80 м, частично подвинувшийся под задержанный грунт сухого ложа водохранилища, в результате чего этот грунт истощал сжатие и был приподнят в виде вала.

Отдельные оползни разделялись участками, на которых оползания, в явном виде не отмечались. Один такой участок расположен у начала мола - насыпи, в основании которой уложены глыбы рваного камня. Мол шириной 17 м выступает на 300 м от набережной. Очевидно, он сыграл роль контрфорса, не позволяя здесь развиваться процессу оползания, хотя сама поверхность мола покрылась продольными трещинами, на mely были видны отрывы частей насыпи и ошльвины, а на продолжении мола на грунте пульсов сжатия в переувлажненных грунтах. Другой участок почти ненарушенной и рваного камня.

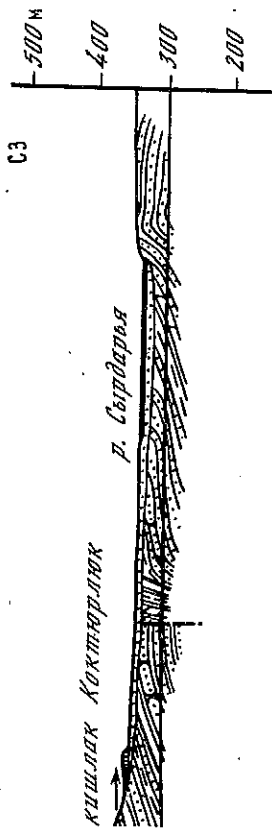
Угол наклона поверхности, по которой происходили оползневые подвижки, не превышал 2-5°.

Крупные оползни захватили окрестности кишлака Коктурлюк в подножии крутого северного склона Рухаской гряды (см. рис. 9). Обследование показало наличие в нижней части склона нескольких старых оползней. Многочисленные родники и участки просачивания свидетельствуют о выходе грунтовых вод на поверхность. Высокий уровень грунтовых вод обусловлен, по меньшей мере частично, подпором, создаваемым водохранилищем (рис. 10). В условиях сильных сотрясений довольно крутой (около 20°) и сильно увлажненный склон, сложенный рыхлыми песчано-галечниковыми породами, оказался очень неустойчивым.

В районе кишлака Коктурлюк при землетрясении оползни захватили отрезок склона длиной 1,2 км. Массы обводненных песков, галечников и задернованной почвы переместились в северном направлении на 150-200 м. В отличие от сравнительно "безобидных" оползней на набережной водохранилища оползни на северном склоне Рухаской гряды разрушили несколько домов, повредили на значительной площади сады и хлопковые поля, ирригационные сооружения и дороги. Ширина отдельных оползней составила 100-300 м. Оползневые массы скользили под углом 6-10°. В зоне отрыва возникли многочисленные родники.

Другие, менее эффектные, оползневые явления, возникшие на некотором удалении от г. Кайраккума также были связаны с переувлажнением грунтов: либо вблизи оросительных каналов, либо в местах выхода грунтовых вод (возможно, по тектоническим нарушениям неглубокого заложения).

Трещины в грунте - наиболее распространенный вид сейсмодислокаций. Они имели при Кайраккумском землетрясении то же происхождение, что обвалы и оползни (сейсмогравитационное), и нарушали поверхность в тех местах, где развивались скло-



новые процессы. На участке сильно пересеченного рельефа к северо-востоку от г. Кайраккума трещины появились также на гребнях, разделяющих глубокие овраги. Эти трещины имели, очевидно, резонансное (сейсмовибрационное) происхождение. Во всех случаях распределение трещин было в согласии с формами микрорельефа. В городских районах, где склоны были подрезаны (при строительстве дорог, зданий и т.п.) и прочно укреплены бетонными стенками, возникли дугообразные в плане трещины отпора - результат уплотнения и оползания (на сантиметры) крупных чешуй горных пород. При отсутствии пересеченного рельефа, террасированных склонов и переувлажненных грунтов сейсмогенные трещины не возникли даже там, где, по имеющимся данным, сотрясения были очень сильными.

В целом из размещения остаточных деформаций грунта следует, что максимальный эффект землетрясения был ограничен небольшой территорией, включавшей г. Кайраккум и его ближайшие окрестности. Это в значительной мере обусловлено низкой прочностью грунтов и пересеченностью рельефа. Однако такие неблагоприятные горно-геологические условия встречаются и в других местах долины Сырдарьи между Кайраккумом и Ленинабадом, но сейсмодислокации там не образовались, из чего можно заключить, что район Кайраккума находится в непосредственной близости от очаговой области землетрясения [11]. Эпицентр главного толчка (по инструментальным данным) показан на рис. 6 и 7.

Первичных сейсмодислокационных дислокаций не обнаружено, поэтому был сделан вывод [3], что тектоническая подвижка, с которой было связано Кайраккумское землетрясение, до дневной поверхности не распространилась.

Геологическая позиция очагов главного и повторного толчков. Кайраккумское землетрясение сопровождалось малым количеством афтершоков. Распределение гипоцентров главного и повторных толчков хорошо увязывается с поверхностью и глубиной геологической структуры. Эпицентры главного толчка и большей части афтершоков, последовавших вслед за ним в течение первого периода времени (с 16 ч 18 мин 00 с по 18 ч 38 мин 42,6 с, № 3-9), обрамляют Рухаскую антиклиналь с юга и приурочены к зоне крупного разрыва фундамента (см. рис. 7). Условно назовем его "Рухаским". По-видимому, со смещениями по данному разлому связаны само заложение и рост этой диапировой приразломной антиклинали. Облака афтершоков повторных толчков эпицентров вытягиваются в восток-северо-восточном направлении вдоль линии проекции верхней кромок разлома на поверхность на расстояние около 8 км.

При нанесении проекций гипоцентров этих сейсмических событий на плоскость геологического профиля (см. рис. 8) установлено, что очаг главного толчка расположен, по-видимому, непосредственно под Рухаской антиклиналью, т.е. под г. Кайраккумом. Его инструментально установленная глубина около 15-17 км отвечает крупной субгоризонтальной границе раздела сейсмических скоростей в коре [12]. Большинство гипоцентров афтершоков первого периода располагается непосредственно в зоне упомянутого Рухаского разлома на глубинах 5-10 км.

Эпицентры повторных толчков второго периода времени (с 18 ч 41 мин 26,3 с по 13 ч 38 мин 35,6 с, № 10-17) обрамляют Рухаскую антиклиналь с севера. В плане

(см. рис. 7) и на профиле (см. рис. 8) видно, что гипоцентры афтершоков этого периода тяготеют к крупной зоне разломов, которая выражается в рельефе поверхности фундамента в виде грандиозного уступа, обрывающегося к югу. Облако эпицентров афтершоков вытягивается вдоль линии проекции верхней кромки плоскости этой зоны разломов на поверхность в восток северо-восточном направлении на расстояние порядка 10 км. Глубины фокусов 0,3–1,3 км, причем все они без исключения располагались в толще пород фундамента.

Лишь единичные повторные толчки отмечались на удалении от адырной антиклинальной и Присырдарьинской флексурно-разрывной зоны в целом. Один афтершок (№ 2, см. рис. 7) был отмечен на небольшой (около 1 км) глубине в 15 км к югу. Его фокус приурочен к плоскости разрыва, нарушающего как фундамент, так и породы чехла (см. рис. 8). Гипоцентр располагался в толще молассовых образований плиоцена. Интересно, что разрыв, с которым связан гипоцентр этого толчка, относится к системе разломов, ограничивающих данную часть Ферганской впадины с юга, т.е. не к Северо-Ферганской, а к Южно-Ферганской системе разрывных нарушений.

Другой отдельно стоящий афтершок (№ 18, см. рис. 7), напротив, был удален к северу от Присырдарьинской флексурно-разрывной зоны. Его гипоцентр располагался на глубине около 10 км в теле пород докембрийского фундамента и тяготел к локальному разрывному нарушению восток северо-восточного простирания.

Таким образом, пространственное размещение гипоцентров афтершоков в общих чертах и в деталях соответствует геологическим представлениям о положении главных блоков и разрывов в палеозойском фундаменте. Приуроченность повторных толчков, происшедших в первый и второй периоды времени после главного события, к двум самым крупным разрывным структурам, по-видимому, свидетельствует о том, что вслед за смещением по плоскости южного, Рухакского, разлома последовала реакция всего блока фундамента, подстилающего Присырдарьинскую флексурно-разрывную зону, что и вызвало повторные толчки в районе плоскости более северного разлома.

Геологическая позиция очага в целом определяется наличием активной Дигмай-Султауской антиклинальной гряды северо-восточного простирания, сформировавшейся над системой разломов фундамента взбросового типа и осложненной поперечными нарушениями меридионального простирания (см. рис. 6). Другие известные землетрясения северного борта Ферганской впадины (Наманганское, Чуст-Папский рой и др.) приурочены к таким же дизъюнктивным структурам [9, 13]. Так же как и в нашем случае, их плейстоценовые области располагались над антиклинальными структурами адырного типа. Оценки глубины очагов совпадают с данными об очаге Кайраккумского землетрясения.

Характер сейсмодислокаций и материалы макросейсмического обследования заставляют предполагать взбросовый тип подвижки в очаге. По сейсмологическим данным (см. статью Очаговые параметры сильных землетрясений мира), механизм Кайраккумского землетрясения — взброс, возникший под действием субгоризонтального сжатия в северо-западном направлении (319°). Это в общих чертах согласуется с геологическими представлениями о главных тенденциях тектонических движений в данном районе.

Основной объем очаговой области Кайраккумского землетрясения располагался, очевидно, в кристаллическом фундаменте — в его Западно-Ферганской зоне [8], но периферия очага захватила ядро Рухакской диапировой складки осадочного чехла.

Мощная толща пластичных и рыхлых пород, заполняющая Ферганскую впадину, эффективно гасит сейсмические колебания — этим объясняется быстрое ослабление сейсмического воздействия при удалении от очаговой области. За пределами впадины такого ослабления не происходит и сотрясения средней силы распространяются на обширную площадь.

Кристаллический фундамент "кураминского типа" отличается большой неоднородностью: он состоит из блоков разного размера и разной жесткости. Вследствие этого сейсмический режим Северо-Ферганской сейсмоактивной области часто приобретает

ровый характер, а многие сильные землетрясения сопровождаются многочисленными афтершоками. В этом смысле Кайраккумское землетрясение является скорее исключительным, чем типичным по своему режиму событием.

#### Выводы

1. Кайраккумское землетрясение 13 октября 1985 г. возникло в зоне, которая согласно карте СР СССР последних лет (СНИП П-7-81) была определена как 8-балльная. Согласно полученным результатам интенсивность этого землетрясения в эпицентральной зоне достигла 8 баллов.
2. Чрезвычайно высокие разрушительные последствия объясняются низким качеством застройки без должного учета норм антисейсмического строительства.
3. Применение способа расчета параметров эпицентров основного и повторных толчков ( $K_p > 8,5$ ) позволило определить их взаимное положение с точностью  $\pm 0,5$  км (вероятность 90%). Достаточно устойчиво была определена глубина гипоцентров афтершоков по отношению к основному толчку. Установлена четкая конфигурация облака афтершоков в виде двух прямых линий. Отмечена тенденция уменьшения глубины гипоцентров повторных толчков во времени от 15 км до поверхности.
4. Все сейсмодислокации имели сейсмогеографическое вторичное происхождение. Очаг на поверхности не вышел.
5. Геологическая позиция очага определяется наличием активной Дигмай-Султауской антиклинальной гряды северо-восточного простирания, сформировавшейся над системой разломов фундамента, имеющих взбросовый характер (Присырдарьинская флексурно-разрывная зона), и осложненной поперечными разрывными нарушениями меридионального простирания.
6. Совместный анализ геолого-тектонических и сейсмологических данных показал, что распределение гипоцентров главного и повторных толчков хорошо улавливается с поверхностной и глубинной геологической структурой. Приуроченность повторных толчков, происшедших в первый и второй периоды времени после главного события, к двум разным разрывным структурам Присырдарьинской флексурно-разрывной зоны, по-видимому, свидетельствует о реакции всего блока фундамента, подстилающего эту зону на глубине.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шебелин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 95–111.
2. Кондорская Н.В., Брук М.Г., Носова О.В. Определение гипоцентров афтершоков Газийского землетрясения методом групповой типологии // Газийское землетрясение. Ташкент: Фан, 1986. С. 185–190.
3. Борисов Б.А., Рогожин Е.А. Геологические условия возникновения Кайраккумского землетрясения // Вопросы инженерной сейсмологии. М.: Наука, 1987. Вып. 28.
4. Несмеянов С.А. Комплексная оценка новейших движений и неотектонического районирования горной области (на примере Западной Ферганы и ее горного обрамления). М.: Недра, 1971. 141 с.
5. Таль-Вирский Б.Б. Геофизические поля и тектоника Средней Азии. М.: Недра, 1982. 271 с.
6. Четвертичная тектоника Памира и Тянь-Шаня. М.: Наука, 1979. 115 с.
7. Тектоническая карта Ферганской межгорной впадины. Масштаб 1:500000 / Под ред. Б.Б. Таль-Вирского. Ташкент, 1970.
8. Сайдалиева М.С., Озай В.Ф., Лоюв А.Я. Разрывные нарушения и размещение залежей нефти и газа. Ташкент: Фан, 1974. 151 с.
9. Ибрагимов Р.Н. Сейсмостектоника Ферганской впадины. Ташкент: Фан, 1970. 164 с.
10. Рыжков О.А. О формировании альпийских структур территории Тянь-Шаня и сопредельных частей Туранской плиты // Геология газовых месторождений. Л.: Недра, 1970. С. 22–75.
11. Шебелин Н.В. Определение глубины очага землетрясения по его магнитуде  $M$  и макросейсмическим данным // Пр. Ин-та геофизики АН ГССР. 1960. Т. 18. С. 159–169.
12. Вольвовский И.С., Вольвовский Б.С. Разрезы земной коры территории СССР по данным глубинного сейсмического зондирования. М.: Сов. радио, 1975. 266 с.
13. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 г. М.: Наука, 1980. 307 с.