

А.А. Абдукадыров, Г.Ю. Азизов, А.Г. Аронов, В.Н. Яковлев, Х.З. Зарифбаев,
Ш.М. Исмаилов, А. Джумаев, В.В. Иодко, В.К. Иодко,
Н.В. Шебелин, А.Ф. Краснова

Газлийское землетрясение 19 марта 1984 г.

Крупнейшим сейсмическим событием года на территории Узбекистана было землетрясение 19 марта в 20 ч 28 мин 39 с ($\varphi = 40,38^\circ$ N, $\lambda = 63,36^\circ$ E, $H = 15$ км, $K = 17,0$ и $M_LH = 7,2$; см. Основной каталог сильных землетрясений на территории СССР), зарегистрированное в эпицентральной зоне газлийских землетрясений 1976 г. Оно произошло на фоне незагущающей афтершоковой деятельности газлийских землетрясений 1976 г.

Активизация афтершокового процесса с $K \geq 11$ в 1981-1983 гг. свидетельствовала о возможном приближении сильного сейсмического события в эпицентральной зоне. Однако наблюдаемый период и характер активизации не давали оснований предсказать время проявления подготавливаемого землетрясения.

К моменту возникновения сильного землетрясения 19 марта в эпицентральной области работали две региональные сейсмические станции КОМЭИПЗ ИС АН УзССР - Газли и Джангельды. Сеть временных сейсмических и комплексных прогнозных (геофизические и гидрогеосейсмологические наблюдения) станций начала развертываться с 22 марта 1984 г. (табл. 1).

Для изучения афтершоковой деятельности Газлийского землетрясения в его эпицентральной зоне был развернут широкий комплекс геолого-геофизических наблюдений, которые в основном проводились в течение марта-мая 1984 г. В дальнейшем с целью слежения за проявлением афтершоковой деятельности в очаговой области были организованы стационарные сейсмологические и магнитометрические наблюдения в пос. Цветущий, а также гидрогеосейсмологические наблюдения в пос. Джангельды.

Таблица 1
Сведения о временных сейсмических и комплексных прогнозных станциях

Тип и пункт наблюдений	Начало работ	Окончание работ	Учреждение
Сейсмические			
Газли-2	22 марта	25 мая	ЭСЭ ИФЗ АН СССР
31-й км	25 марта	24 мая	То же
Озеро-2	4 апреля	23 мая	"
Высота 189	28 марта	15 апреля	ИС АН КазССР
С-Ц-5	27 апреля	31 мая	ТашГУ им. В.И. Ленина
Озеро-2	28 мая	30 июня	КОМЭИПЗ ИС АН УзССР
АСС-6/12 "Черопаха"	4 апреля	24 июня	То же
Цветущий	Август	Декабрь	ТашГУ им. В.И. Ленина
Геофизические			
Магнитометрические			
а) профильные	5 апреля	15 мая	ИС АН УзССР
б) стационарные	"	"	"
Цветущий	"	"	То же
Джангельды	"	"	"
Каракыр	"	"	"
Электромагнитные			
Цветущий	5 апреля	15 мая	"
Гидрогеосейсмологические			
Озеро	25 марта	31 мая	ИС АН УзССР
Джангельды	Май		КОМЭИПЗ ИС АН УзССР

Таблица 8

Макросейсмические данные о землетрясении 16 февраля

№ п/п	Пункт	Δ^* , км	№ п/п	Пункт	Δ^* , км	№ п/п	Пункт	Δ^* , км
1	6 баллов		32	Кайраккум	405	67	Наманган	486
2	Ишканим	75	33	Кувасай	409	68	Ангрен	486
3	Рушан	159	34	Свинцовый	420	69	Ленинское	489
4	5-6 баллов		35	Рудник	428	70	Аксурган	489
5	Хорог	112	36	Такети	447	71	Касансай	510
6	Пархар	154	37	Бустон	450	72	Ташкент	532
7	Яван	234	38	Китаб	459	73	Майли-Сай	538
8	Обмужки	250	39	Гулистан	492	74	Газалкент	546
9	5 баллов		40	Сырдарья	502	75	Чардара	565
10	Москваковский	142	41	Узген	502	76	Каракашпак	574
11	Пяндж	153	42	Тузбугуз	502	77	Каракуль	577
12	Куляб	154	43	Тойтепа	508	78	Нурата	600
13	Восе	159	44	Джалал-Абад	511	79	Кармана	612
14	Советский	160	45	Караван	552	80	Каган	654
15	Ленинградский	165		Джаны-Джол	559		3-4 балла	
16	Дангара	190	46	4 балла		81	Мургаб	339
17	Балджувон	195	47	Калам-Хумб	198	82	Раваг	357
18	Бозигатон	207	48	Куйблещевский	226	83	Яйпан	411
19	Ротун	210	49	Калайдаш	226	84	Джизак	468
20	Ляхш	229	50	Нижний Пяндж	226	85	Джетысай	508
21	Итрон	240	51	Джизиккуль	228	86	Токтогул	604
22	4-5 баллов		52	Шаартуз	252	87	Навон	619
23	Вахш	210	53	Дуланбе	276	88	Цимкент	631
24	Дусти	211	54	Айн	367	89	Талас	666
25	Курган-Тюбе	222	55	Иофара	381	90	Бухара	667
26	Коптозабад	223	56	Ура-Тюбе	393	91	Джамбул	694
27	Обитарм	235	57	Пронегарок	409	92	Ависай	765
28	Шировац	240	58	Ленинабад	411		3 балла	
29	Гарм	258	59	Гезан	417	93	Сары-Таш	405
30	Орджоникидзе	262	60	Чаувай	418	94	Учкурган	502
31	Зебад	264	61	Фергана	420	95	Керки	529
			62	Янгикурган	426	96	Ленгер	615
			63	Дангара	432	97	Белые Воицы	636
			64	Ангын-Топкан	450	98	Чарджуу	698
			65	Гаурдак	453	99	Мерке	720
			66	Галлялар	480	100	Фрунзе	
				Самарканд	483			
				Сулукста	376			

* Эпицентрального расстояние дано от инструментального эпицентра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 года / Отв. ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебелин. М.: Наука, 1977. 535 м.
2. Нурагамбетов А., Досымов А., Сыдыков А. Джамбульское землетрясение 10 мая 1971 г. // Сильные землетрясения Средней Азии и Казахстана. Душанбе. Дониш, 1975. Вып. 2-4. С. 31-36.
3. Мирзоев К.М., Баринова А.А., Шакиржанова Г.Н. и др. Сейсмичность территории Средней Азии и Казахстана в 1983 г. // Землетрясения Средней Азии и Казахстана, 1983. Душанбе: Дониш, 1985. С. 5-25.

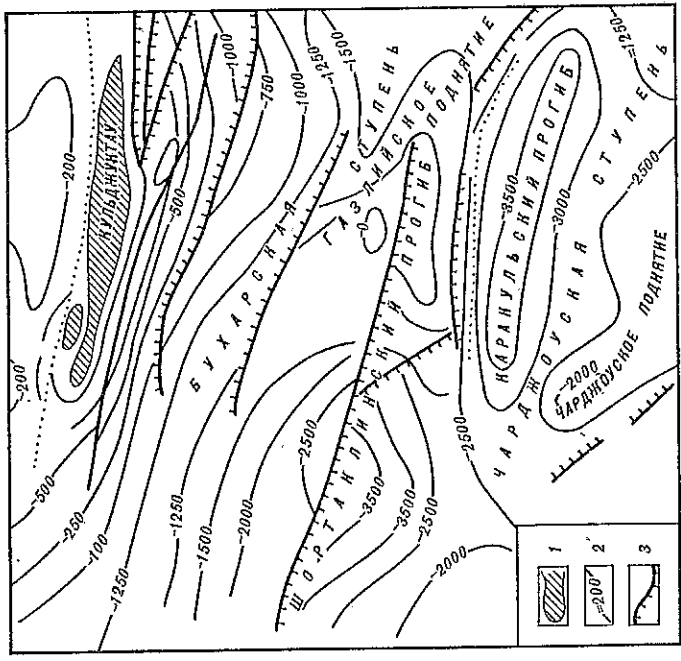


Рис. 1. Схема рельефа погребенной поверхности докембрийского фундамента в эпицентральной зоне газных землетрясений
1 — выход докембрийского фундамента; 2 — изогипсы поверхности докембрийского фундамента; 3 — альпийские разрывы

Многие исследователи предполагают, что сейсмический режим территории Центральных Кызылкумов тесно связан с особенностями проявления тектонических движений на альпийском этапе геологического развития земной коры. Так, Б.А. Петрушевский считает, что среди многочисленных признаков возможной связи между сейсмическими событиями и геологическими явлениями наиболее значение имеют поперечные зоны крупных разломов альпийского возраста. Подобная связь характерна для многих сейсмических зон нашей планеты [1].

Судя по схеме рельефа погребенной поверхности докембрийского фундамента (рис. 1), а также учитывая результаты палеомагнитных исследований, проведенных в 1978–1982 гг. ИС АН УзССР, и высоточного нивелирования (рис. 2 [2]), эпицентральной области и прилегающей к ней территории испытывали и испытывают весьма активные как горизонтальные перемещения, так и вертикальные дифференцированные тектонические движения, которые и обуславливают сейсмичность данной территории.

Анализируя проявления крупных землетрясений Западного Узбекистана, куда входит и район Газли, можно отметить, что сейсмогенные зоны северо-западного направления включают преимущественно слабые землетрясения, происходящие на небольших глубинах. Сильные же землетрясения тяготеют к зоне контраста крупных структур: очаговые зоны Чилийского 1929 г. и Кызылкумского 1932 г. и газный сейсмический приурочены к Карамурунскому разлому; Тамдыбулакское 1968 г. землетрясение приурочено к вблизи контактов зоны Центрально-Кызылкумских поднятий соответственно с Сырдарьинским и Амударьинским прогибами. Глубина очагов этих землетрясений, как правило, не превышает 20–25 км.

Для района газных землетрясений, как и для района Чилийского и Тамдыбулакского землетрясений, характерно практическое отсутствие слабых землетрясений. Детальный анализ сейсмичности района газных землетрясений приведен в [3].

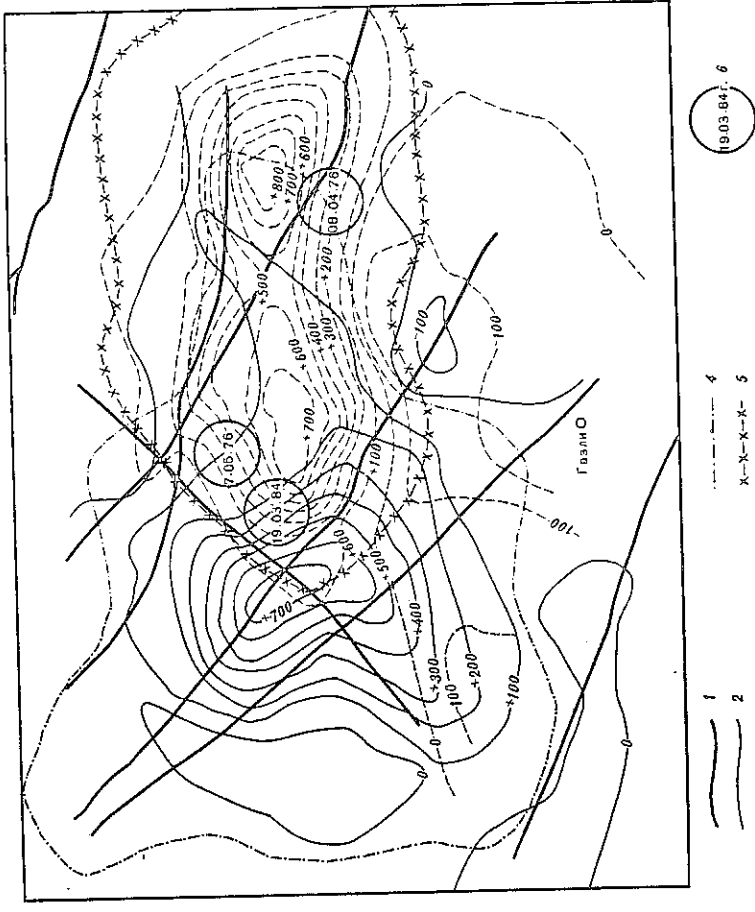


Рис. 2. Карта эпицентров основных очагов газных землетрясений 1976 и 1984 гг. с элементами изолиний равнин вертикальных деформаций. Сост. А. Абдукадыров, Х. Зарифбаев, А.Г. Аронов, Ш. Исмаилов

1 — разломы; 2 — изолинии равнин вертикальных деформаций земной коры (1984 г.); 3 — то же 1976 г.; 4 — границы области афтершоковой деятельности землетрясения 1984 г.; 5 — границы области афтершоковой деятельности землетрясений 1976 г.; 6 — эпицентр землетрясения

Происшедшие в 1976 г. два крупнейших сейсмических события вызвали длительный афтершоков, сведения о которых с $K \geq 11$ приведены в ежегодниках "Землетрясения в СССР" [4–6].

С 1979 г. в эпицентральной зоне газных землетрясений регистрируются афтершоки с $K > 8$. Построены ежегодные графики повторяемости (γ) и величины сейсмической активности (A_{10}) для афтершоков газных землетрясений за период с 1979 по 1983 г. согласно методике [7]. При анализе полученных данных обнаружены сильные вариации параметров γ и A_{10} (табл. 2).

В табл. 2 не приведены данные за 1976–1978 гг., что связано с отсутствием данных по слабым ($K = 9-11$) землетрясениям в литературных источниках. Видно, что величина A_{10} в 1979 г. постоянно понижалась и в 1981 г. достигла минимума, а затем стала увеличиваться. Та же тенденция имеет место и в отношении γ , которая достигла максимума в 1981 г., свидетельствуя о явном дефиците сильных землетрясений.

Начиная с 1979 г. сеть сейсмических станций Узбекистана начала оснащаться приборами для записи сильных землетрясений, в основном для записей колебаний грунта. В качестве датчиков на большинстве станций используются сейсмометры С-5-С, гальванометры ГВ-4Б-3 (120 Гц) или М 019.1, осциллографы НО41 или ИСО-2М.

К 19 марта 1984 г. в ближней зоне Газлийского землетрясения (на расстояниях, сравнимых с размером очага) работали также два velocиграфа — в Газли и Джангельды. В обоих пунктах регистрация осуществлялась идентичными стандартными установками

Параметры сейсмического режима

Год	γ	A_{10}^{\max}	Год	γ	A_{10}^{\max}
1979	0,57	15,98	1982	0,76	8,65
1980	0,75	9,64	1983	0,34	11,68
1981	1,26	2,89			

Таблица 3

Данные параметров велосигграфов

Компонента	T_g, c	D_g	T_g, c	D_g	$V_{0,0}, c^{-1}$
N-S	5,0	0,516	Газли		0,097
			0,0083	0,7	
			0,515	0,7	
E-W	5,0	0,562	Газли		0,097
			0,0083	0,7	
			0,510	0,7	
N-S	5,0	0,540	Джангельды		0,100
			0,0083	0,7	
			0,525	0,7	
E-W	5,0	0,510	Джангельды		0,096
			0,0083	0,7	

ми С-5-С+ГБ-4Б-3 и ИСО-2М. Уровни увеличения и форма амплитудно-частотных характеристик приборов с точностью 5-6% всех каналов, записавших землетрясение, идентичны. Параметры приборов были определены непосредственно перед землетрясением 15 марта в Джангельды и 18 марта в Газли (табл. 3). Приборы обеих станций располагались на бетонных поставах, заделанных в грунт. Эллиптические расстояния пунктов регистрации составляют в Газли 35 км, в Джангельды 50 км; макросейсмическая интенсивность 9 и 7-8 баллов соответственно. Записи велосигграфов оказались единственными читаемыми в ближней зоне (рис. 3).

В Газли запись разорвана на протяжении 5 с, после чего колебания стали настолько интенсивными, что приборы были неспособны их регистрировать. Из анализа записи видно, что $\delta - \bar{P} = 4,5$ с, на протяжении 2,2 с от начала записи на вертикальной компоненте наблюдаются два интенсивных и несколько слабых вступлений, амплитуда первого максимума поперечной волны на компоненте E-W составляет 14 см/с при периоде колебаний 0,2 с. В Джангельды запись читаема по всей длине (134 с) и представляет собой единственную полную запись данного землетрясения в ближней зоне.

Анализ записи показывает, что $\delta - \bar{P} = 7,2$ с, с интервалом в 1 с после вступления поперечной волны наблюдаются два интенсивных вступления, аналогичные вступлениям продольных волн на записи в Газли, особенно заметные на компоненте E-W. Максимальная амплитуда скорости колебаний: 8,2 см/с на N-S (сейсмометр ударился об ограничитель), 2 см/с на Z, 9 см/с на E-W. Запись не имеет четко выраженного максимума, спадание амплитуды колебаний происходит медленно.

При определении параметров Газлийского землетрясения использовались данные сейсмических станций Узбекистана и Туркмении. Расчет гипоцентров основного толчка и некоторых его афтершоков осуществлялся по программам HYPO-71 [8] и EPUCENTR [9]. Окружение эпицентра сейсмостанциями хорошее, открытый угол не превышает 45°.

При расчете по программе HYPO-71 использовалось несколько приближений скоростной модели земной коры района очага [10], а также усредненный разрез для запада Средней Азии (Туранская плита). В первом случае привлекались данные станции с $\Delta \leq 300$ км, для определения координат по усредненному разрезу — данные сейсмичес-

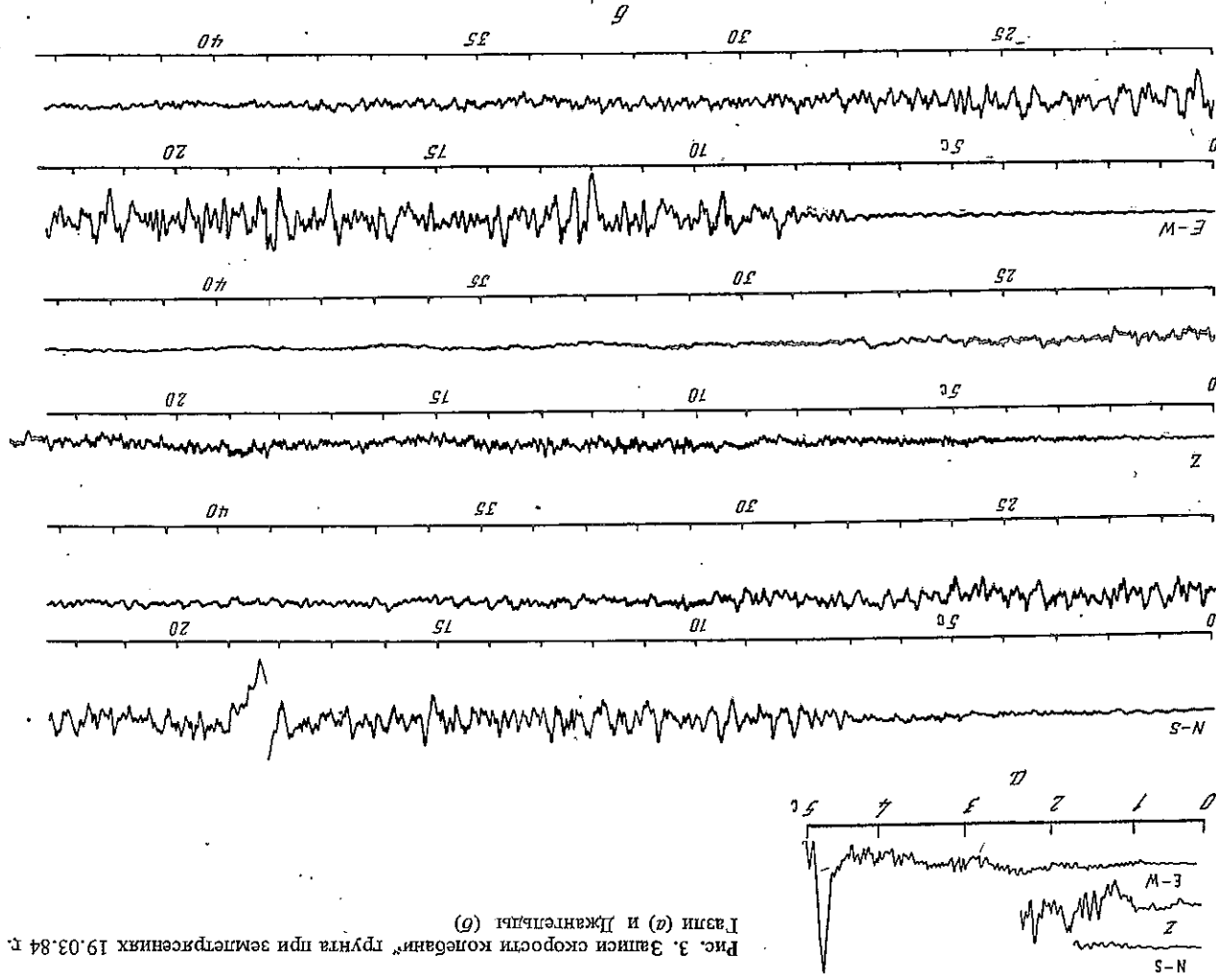


Рис. 3. Записи скорости колебаний "грунта при землетрясениях 19.03.84 г. в Газли (а) и Джангельды (б)

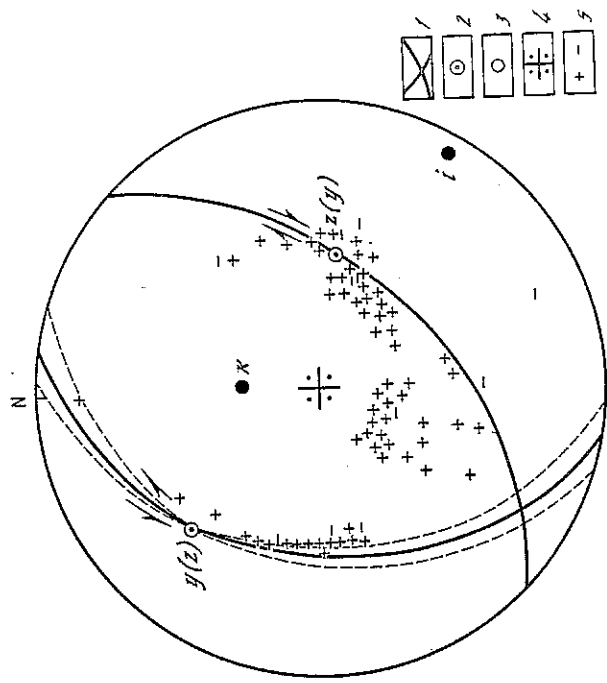


Рис. 4. Механизм очага Газлийского землетрясения 19 марта 1984 г. (по данным КОМЗИПЗ ИС АН УзССР)

1 — положение нодальных линий; 2 — ориентация осей подвиг; 3 — ориентация осей главных напряжений; 4 — центр сетки Вульфа; 5 — положение сейсмических станций со знаками первых вступлений

ких станций на расстояниях до 600 км от эпицентра. Полученные координаты в целом хорошо согласуются между собой (разброс составляет примерно 10 км).

Механизм очага, построенный по методике [11], приведен на рис. 4 и характеризуется следующими параметрами: на основании 88 знаков о первых вступлениях первая возможная плоскость разрыва имеет азимут простирания $Az = 12 \pm 8^\circ$, падение плоскости разрыва 40° . Подвижка по плоскости разрыва типа взбрососдвиг, характеризуется левым сдвигом с компонентами подвижки по простиранию 0,43 и по падению 0,90. По второй возможности плоскости разрыва азимут простирания $Az = 48^\circ$, падение плоскости разрыва 55° . Подвижка по плоскости разрыва типа взбрососдвиг характеризуется правым сдвигом с компонентами подвижки по простиранию 0,34 и по падению 0,94. Аналогичные результаты по механизму основного толчка Газлийского землетрясения были получены в работе [12].

Эпицентральная зона землетрясения этого года располагается западнее эпицентральной зоны землетрясения 8 апреля 1976 г., полностью охватывает эпицентральную зону 17 мая 1976 г. и продолжается на юго-запад, включая пос. Цветущий.

Последствия землетрясения 19 (20) марта 1984 г. изучали сотрудники Института сейсмологии АН УзССР А.М. Абдуразаков, А. Джураев, Р.Н. Ибрагимов, В.В. Иодко, Ф.С. Садиков, Ю. Садиков, Т. Саипов, А.У. Тураходжаев, В.И. Уломов, В.Н. Яковлев, Д.Х. Якубов; Института Мисс АН УзССР У.Ш. Шамсиев, Х.К. Касымов; Института сейсмологии АН ТССР Г.А. Голинский, Ч. Мурадов, Д. Карагозов; Института сейсмологии АН КазССР А. Досымов; Института сейсмологии АН КиргССР К. Исмаилова; ИИСС АН ТаджССР Х.М. Мирабаев; ИФЗ АН СССР Н.В. Шебалин и др. Одновременно с полевым изучением землетрясения проводились сбор и обработка сведений от сейсмокорреспондентов. Эта работа осуществлялась В.Н. Иодко, А.Ф. Красновой (сейсмическая станция Самарканд), М. Леонтьевой (Институт сейсмологии АН УзССР). Карта изосейст (рис. 5 см. вкл.) составлена на основе материалов, полученных всеми перечисленными выше участниками обследования.



Рис. 6. Разрушение перемычек с расслоением кирпичной кладки детского сада "Гуляч"

На обследованной площади, где произошло землетрясение, отмечены повреждения зданий, сооружений и разнообразные остаточные деформации на различных грунтах. Детальные макросейсмические исследования были проведены не только в Газли, но и на объектах Газлийского месторождения природного газа, а также в поселках Цветущий, Кызыл-Раваг и в ряде других районов.

Проявления поверхностного эффекта землетрясения на отдельных участках ближней зоны были следующие.

Газли. По показанию очевидцев, перед землетрясением слышался сильный шум со свистом (как при сильном ветре) с севера. Характер сограссений во время подземных толчков был такой же, как при землетрясениях 1976 г., но примерно в 2 раза продолжительнее. По карте сейсмического районирования СССР эпицентральные области землетрясений 8 апреля и 17 мая 1976 г. отнесены к 8-балльной зоне [13].

После землетрясений 1976 г. многие здания были снесены и Газли был практически застроен заново с учетом сейсмичности. Здесь располагались одно- и двухэтажные кирпичные здания, комплексные и монолитные железобетонные здания, здания с железобетонным несущим каркасом и кирпичным заполнением высотой до трехэтажного, также щитовые деревянные дома.

Кирпичные здания встречаются на всей территории города, за исключением кварталов, застроенных щитовыми домами. В результате землетрясения в этих зданиях возникли трещины в стенах, пересекающиеся в перемычках окон, а в отдельных случаях наблюдались обрушения перекрытий.

В зданиях с железобетонным несущим каркасом произошли обрушения навесных панелей (здание новой школы), в отдельных случаях разрушение ряда ригелей, деформирование колонн у оснований. В кирпичных стенах этих зданий в результате землетрясения возникли сквозные пересекающиеся трещины в перемычках окон с расслоением кладок (рис. 6).

После землетрясений 1976 г. многие крупнопанельные здания были разобраны, а девять относительно менее поврежденных зданий были восстановлены и усилены с использованием полимерных растворов для заливки трещин в панелях. Еще четыре здания находились в процессе восстановления. Макросейсмические исследования воздействия землетрясения 19 марта 1984 г. на эти здания показали, что восстановитель-



Рис. 7. Отход отмытки деревянно-щитового здания в результате разжижения песчано-глинистого грунта

ными работами удалось довести их устойчивость до первоначального состояния и они довольно успешно прошли испытание на сейсмостойкость.

Щитовые деревянные дома на территории Газли располагались в кварталах Щ-0, Щ-1, Щ-2, Щ-4, Щ-5, согласно плану города с различными грунтовыми условиями. Эти дома были наименее повреждены в квартале Щ-2, где отмечаются плотные необводненные глины с выходами на дневную поверхность. Наибольшим повреждениям дома этого типа подверглись в кварталах Щ-0 и Щ-1, где на некоторых участках в результате землетрясения водонасыщенный песчано-глинистый грунт перешел в разжиженное состояние, в результате чего произошли отход фундаментных блоков, разрывы в стенах, выпучивание полов, разрушение кирпичных дымоходов, дымовых труб в металлических обоямах, отход отмытки от здания (рис. 7). Наблюдались разрушения памятников и скульптур.

Во время описываемого землетрясения на территории Газли были обнаружены разнообразные виды остаточных деформаций: нарушения дамбы канала, трещины в грунтах и на асфальтовом покрытии дорог, разрыхление песчаного грунта, образование песчаных "вулканчиков" и др.

В трех пунктах (Евмут, Рыбхоз, Кудукча) интенсивность землетрясения оценена в 9-10 баллов. Почти все дома среднеазиатского типа "синч" были полностью разрушены, на глинистом дне оз. Каракыр во время землетрясения возникли зияющие трещины шириной до 0,5 м. По трещинам зафиксированы вертикальные опускания их в средней части до 30 см.

В отличие от землетрясений 1976 г. в нескольких пунктах эпицентральной зоны наблюдались случаи самозлива из колодцев (пройденных до грунтовой воды для водопоя овец) термальной воды, в других колодцах подземных вод. В то же время, когда из отдельных колодцев выходила термальная вода, в других колодцах пропала грунтовая вода, в результате чего колодцы высохли. Такие явления наблюдались в колодцах, расположенных вдоль автодороги Бухара-Ургенч. Они начали проявляться в нескольких километрах, начиная от Газли и почти до пос. Цветущий, слева и особенно справа от дороги на расстоянии до 10 км. Эти явления свидетельствуют о том, что землетрясением был разорван мезокайнозойский осадочный чехол и очаг землетрясения вышел местами

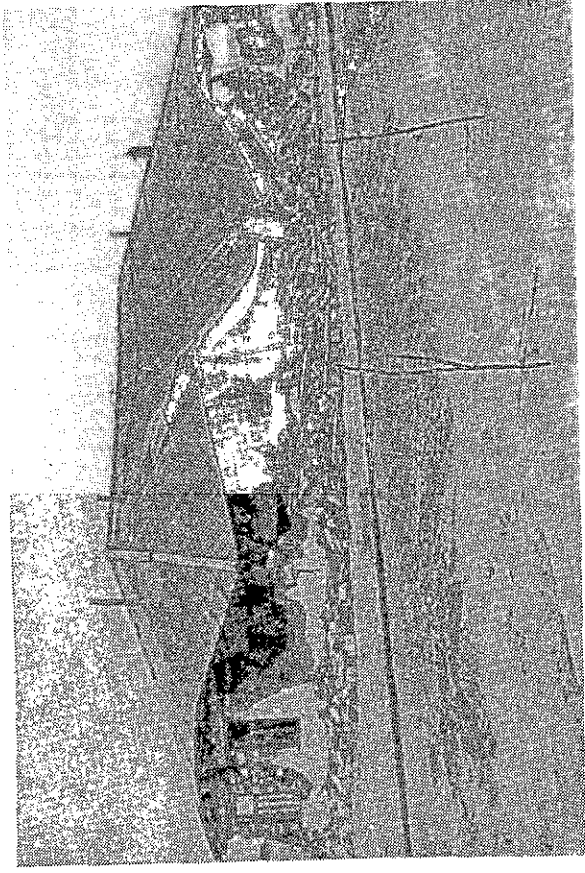


Рис. 8. Состояние конторы отделения совхоза после воздействия землетрясения



Рис. 9. Полное обрушение насосной станции

почти до поверхности земли. Как было отмечено выше, детальные макросейсмические обследования проводились и на объектах Газлийского месторождения природного газа, а также в пос. Цветущий, где интенсивность землетрясения изменялась от 7 до 9 баллов в зависимости от грунтовых условий.

Пос. Цветущий. Здесь интенсивность землетрясений 8 апреля и 17 мая 1976 г. составляла соответственно 7 и 8 баллов [14]. В результате описываемого землетрясения полностью разрушились здания из жженого кирпича, блочные дома (рис. 8), из сырого кирпича и из рваного камня.

Водозабор расположен в 0,5 км южнее головных сооружений Газлийского место-

Макросейсмические сведения о Газийском землетрясении 19 марта

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
1	9-10 баллов			7 баллов		91	Кзылтепа	128
2	Евмут	0	45	Пункт № 10		92	Фараб	130
3	Рыбхоз	10	46	Ташкудук	28	93	Бабаарпакская	135
4	Кудукча	11	47	Джакасан	37	94	Чаржоу	140
5	Офтаруй	10	48	Тандырыл-2	40	95	Канимех	148
6	Нутригитоманк	10	49	Киров	42	96	Комсомольск	150
7	Тандырыл-1	10	50	Таскудук	53	97	Менеклы	165
8	9 баллов		51	Пункт № 11	53	98	Сакар	170
9	Актеле	8	52	Рахматбобо	54	99	Тамдыбулак	190
10	Водозабор	15	53	Шурук	55	100	Газ-Ачак	190
11	Пункт № 1	19	54	Совхоз Я. Наврузова	60	101	Учкудук	200
12	Зиямулла	21	55	Совхоз Джангельды	51	102	Наип	200
13	Газли	22	56	Палтыбай	77	103	Миекен	215
14	Цветущий	24	57	Гурулли	84	104	Хазарасп	222
15	8-9 баллов		58	Янтыконис	90		6 баллов	
16	Баладияк	17	59	Дан-хатын	90	105	Тасбулак	60
17	Полесой стан	18	60	Горельде	90	106	Даугусту	110
18	Алдагар	20	61	Узун-Кудук	93	107	Алмангау	132
19	Пункт № 2	20	62	Кабаклы	94	108	Янгйабад	134
20	Жилкок	24	63	Пункт № 12	94	109	Кукча	138
21	8 баллов		64	Свердлов	95	110	Караулбазар	146
22	Пункт № 3	8	65	Ромитан	95	111	Зарафиан	154
23	Головные	11	66	Испас	96	112	Мурунтау	165
24	Радиокудук	23	67	Шарфкан	96	113	Кармана	167
25	Учкар	23	68	Фабрикан	102	114	Навои	170
26	Камышли	26	69	Галаасия	102	115	Сев. Балкун	170
27	Копышка	30	70	Бухара	105	116	Барханы	170
28	Чандыр	30	71	Чингельды	105	117	Балкун	180
29	Пункт № 4	41	72	Эльджик	205	118	Караул-кую	180
30	Учкар	41	73	Гиждуван	112	119	Саржани	188
31	Кзылбайдак	97	74	Каган	120	120	Салуар	190
32	7-8 баллов		75	Дейнау	120	121	Кусепорская	190
33	Пункт № 5	9	76	Московск	123	122	Саят	192
34	Пункт № 6	10	77	Тупраксала	128	123	Нурата	200
35	Турсункош	18	78	Джигарбент	130	124	Питняк	200
36	Салонкумак	28	79	Совхоз Дарганата	135	125	Репетек	210
37	Эрзааркули	30	80	Лебап	147	126	Ачак	220
38	Люкча	35	81	Тамдыкудук	165	127	Винзавод	220
39	Пункт № 7	40		6-7 баллов		128	Юбилейная	225
40	Муллахол	46	82	Калата	73	129	Совхоз Кызылча	226
41	Пункт № 8	50	83	Пункт № 13	90	130	Каттакурган	230
42	Аптужумди	58	84	Каракуль	98	131	Кульскудук	235
43	Пункт № 9	68	85	Нефрезаводск	105	132	Итичка	240
44	Кокыштуван	75	86	Алаг	105	133	Бадат	245
45	Янгйабазар	90	87	Караката	108	134	Бурдальк	245
46	Туркменистан	100	88	Пункт № 14	110	135	Янгйарык	265
47	Кзыл-Рават	103	89	Балакарак	110	136	Эгбайи	265
48	Дарган-ата	105	90	Копскудук	110	137	Чалыш	270
49						138	Копшрабад	278
50						139	Хива	280
51						140	Зармитан	285

Таблица 4

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
141	Утамурат	290	192	Хатердашская	370	240	Джэлак	400
142	Караул	290	193	Калининск	370	241	Хауэкан	400
143	Шават	295	194	Москва	370	242	Кировскос	400
144	Жума	302	195	Шахсакарск	376	243	Пахтакор	405
145	Фариш	310	196	Тоза-Урюк	380	244	Прада	410
146	Тезебаар	315	197	Кызкетген	385	245	Денглы-2	410
147	Нариманова	325	198	Ленинск	385	246	Кармок	415
148	Янгйикишлак	330	199	Колхоз Горького	390	247	Пахтабад	417
149	Кипчак	340	200	Тахта-Кульпар	390	248	Теджен	420
150	Тельманск	345	201	Ходжегли	415	249	Денглы-1	425
151	Кугаб	350	202	Кызыл Юлдуз	400	250	Пункт № 15	425
152	Яккабаг	365	203	Зап. Курганчик	400	251	Долухан	430
153	Уругт	365	204	Колхоз Чапаева	405	252	Кумбет	430
154	Дустлик	405	205	Чимбай	416	253	Колхоз Коммунизм	435
155	Кедейли	415	206	Юния-Ургенч	420	254		
156	Бахмал	428	207	Юж. Хойкырланск	440	255	Дарбаза	435
157	Акташ	122	208	Большевик	440	256	Кировский	440
158	Туркуль	235	209	Колхоз Ленинград	455	257	Теджинстрой	440
159	Ургенч	265	210	Славянка	460	258	Ербент	440
160	Карши	283	211	Капан-Хумб	675	259	Эгритакар	440
161	Иштыкан	285	212	5 баллов		260	Завмиан	450
162	Равнина	285	213	Карабеккул	237	261	Ата	450
163	Беурдешик	290	214	Халач	300	262	Большевик	450
164	Баймурат	290	215	Ходжамбас	305	263	Ульяново	452
165	Дашт	290	216	Караметгияз	325	264	Такыр	455
166	Кулач	290	217	Джамбай	327	265	Шуманай	470
167	Митан	300	218	Керки	332	266	Ташкепри	470
168	Нипан	300	219	Байрам-Али	332	267	Серасх	470
169	Захмет	304	220	Красногвардейск	335	268	Душак	470
170	Лайш	305	221	Совхоз Ильич	340	269	Бахарлок	470
171	Байраматийская	306	222	Ортокак	340	270	Гулстан	475
172	Талимарджан	310	223	Муртаб	345	271	Млана	475
173	Ничка	320	224	Мары	347	272	Узун	478
174	Октябрьское	325	225	Бешбола	350	273	Янгйер	480
175	Самарканд	327	226	Шахрисабз	350	274	Чаача	480
176	Ташта	330	227	Туркмен-Кала	350	275	Кунград	485
177	Сев. Халпимерген	335	228	Куйбышев	365	276	Агасары	490
178	Амударья	335	229	Мураская	365	277	Мышар	500
179	Началли	335	230	Оба	375	278	Гяурс	510
180	Калинина	337	231	Галиярал	375	279	Кугенская	510
181	Камалин	338	232	Ташаташ	380	280	Дюверская	515
182	Мангит	340	233	Шехитли	385	281	Аннау	515
183	Сакар-Чага	340	234	Джуджуклы	385	282	Кадамга	517
184	Давали	350	235	Тезеёл	385	283	Сары-Агач	518
185	Койташ	355	236	Юж. Курук	390	284	Дарбаза	520
186	Кзылыаяк	355	237	Усмаг	395	285	Дмитрово	520
187	Достлук	360	238	Свинцовый	395	286	Эриккала	520
188	Ислотан	360	239	Рудник	395	287	Яблоновский	525
189	Майское	360	240	Серный завод	395	288	Алтан-Топкан	525
190	Ильылы	360	241	Пенджикент	400	289	Ишанская	525
191	Багарное	365	242			290	Изгент	526
			243			291	Такоб	530
			244			292	Ашхабад	535
			245			293	Безмеян	

Таблица 4 (окончание)

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
451	Инджа	755	470	Джусалы	620	487	Туракуртан	715
452	Ленинск	780	471	Алтынкан	645	488	Головачевка	725
453	Арельск	785	472	Чаркесар	665	489	Пайлуг	780
454	Анджан	787	473	Маргелан	735	490	Даргаут-Курган	790
455	Отланлы	790	474	Куласай	738	491	Мархамат	790
456	Горгандаг	820	475	Джумбул	745	492	Майли-сай	800
457	Южн. Аджитгер	835	476	Таласс	800	493	Пахтабад	800
458	Ахуйла	830	477	Сулъмен	885	494	Узбек-Гава	825
459	Гидриолум	850	478	Белдаш	940	495	Узген	870
460	Омчалы	875	479	Кок-Янтак	955	496	Мирза-Аки	885
461	Джанга	890		2-3 балла		497	Кура-Кульджа	895
462	Горган	900	480	Курган-Тюбе	562	498	Арал	925
463	Чекинлер	905	481	Фергана	735	499	Беловодское	965
464	Кара-Богыз	915	482	Хорог	800	500	Цыяк	980
465	Даш-Кулук	915	483	Фрунзе	1005	501	Георгиевка	1020
466	Красноводок	915		Не ощущалось		502	Канг	1025
						503	Ат-Баши	1080
						504	Кочкорка	1085
467	Гавалкент	575	484	Чулаккуртан	625	504	Быстровка	1090
468	Чаян	592	485	Байкадам	670	505	Нарын	1100
469	Ленгер	595	486	Чуст	690	506	Нарын	1100
						507	Рыбачье	1125

рождения природного газа. В результате землетрясения в двух местах водозабора произошло деформации железобетонных колонн с образованием пластических шарниров и обрушение плит перекрытия. Полностью обрушилась насосная станция со стенами из жженого кирпича (рис. 9).

За пределами эпицентральной зоны наблюдались пункты аномального повышения сейсмического эффекта. Это в основном пункты, расположенные вдоль р. Амударьи.

Карта изосейст землетрясения 19 марта составлена отдельно как для ближней, так и для дальних зон (см. рис. 5). Пункты с указанием дальности приведены в табл. 4, где эпицентральные расстояния измерены от макросейсмического эпицентра. Расмагнитывающая карта, можно отметить, что 9-балльная зона имеет широтную ориентацию (средний радиус 22 км, площадь 1400 км²). Зона протягивается на 50 км от колодца Зимулла-2 на востоке до пос. Цветущий на западе. Она охватывает полностью Газлийское месторождение природного газа со всеми его объектами, а также южную половину оз. Каракыр.

Восьмибалльная зона сохраняет ту же ориентацию, что и предыдущая, ее площадь в 3 раза больше 9-балльной (средний радиус 40 км).

Семибалльная зона имеет форму, близкую к овалу (средний радиус 125 км, площадь около 45 тыс. км²). В пунктах, расположенных вдоль р. Амударьи, заметно повысилась интенсивность сотрясений.

Шестибалльная зона сотрясений в отличие от зон такой же интенсивности землетрясений 1976 г. простирается с юга-востока на запад-северо-запад, хотя в северном и южном направлениях границы зон проходят в том же районе. Средний радиус зоны составляет около 285 км.

Пяти- и четырехбалльные зоны занимают примерно те же площади, что и в случае землетрясения 17 мая 1976 г. В этих зонах отмечается заметное повышение интенсивности сотрясений в пунктах, расположенных вблизи рек Амударьи и Сырдарьи.

Анализ материалов макросейсмического изучения последствий землетрясения этого года показал, что интенсивность сотрясений по площади изменилась в зависи-

Таблица 4 (продолжение).

№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км	№ п/п	Пункт	Δ, км
294	Чирли	540	347	Караган	585	400	Кийикколдана	690
295	Давсыз	540	348	Оби-Гарм	592	401	Балдад	696
296	Батыр	540	349	им. К. Маркса	605	402	Терсаган	695
297	Калининск	540	350	Берме	610	403	Дардсели	710
298	Гаутан	540	351	Бамн	615	404	Тамакли	715
299	Фирюза	545	352	Голж	625	405	Куфляр	725
300	Гюк-Тепя	545	353	Бендесан	635	406	Ахуак-Уйма	740
301	Ахангаран	550	354	Кызыл-Арват	650	407	Хайдаркан	740
302	Кансай	560	355	Ходжа-Капа	655	408	Ауваля	745
303	Ярджа	560	356	Дангара	658	409	Алжакун	755
304	Шураб	635	357	Самсоновка	660	410	Учкурган	762
305	Ванновка	645	358	Жанг-Базар	667	411	Шахрхан	765
306	Шорсу	655	359	Уч-Куприк	675	412	Зап. Зирик	780
			360	Джаригаль	710	413	Зап. Алайгская	785
			361	Казанджик	710	414	Кум-Даг	790
			362	Караван	738	415	Кашоба	805
307	Уч-Алжи	267		4 балла		416	Небит-Даг	810
308	Коскулук	295		Красное знамя	410	417	Джебел	810
309	Чаракчи	330		Чардара	415	418	Менкуклы	810
310	Капгархона	350		Сандыкачи	440	419	Кулджик	810
311	Мукры	385		Комсомолобад	460	420	Цангирган	815
312	Гаурлак	396		Абай	500	421	Суйджи-Хурмен	815
313	Нукус	410		Ийрин	500	422	Машакара	820
314	Чарпанга	426		Ганчи	512	423	Вышка	825
315	Байсу	438		Янг-Курган	518	424	Алжаргер	830
316	Джэтысай	462		Арысь	520	425	Булдаблы	830
317	Сырдарья	470		Муйнак	520	426	Эрдекли	835
318	Артык	475		Бустон	520	427	Бутдайлинская	835
319	Денану	480		Ташкент	525	428	Кызыл-Апрек	835
320	Узак	480		Потрапичник	525	429	Бурунск	845
321	Каахка	480		Той-тепа	530	430	Кара-Дениш	870
322	Даргана	480		Туркестан	530	431	Окарем	875
323	Шурчи	490		Полехатум	530	432	Чалаюк	885
324	Бабадурмез	490		Кызыл-Орда	532	433	Аджаб	890
325	Хивабад	490		Ленинское	540	434	Целекен	910
326	Арабкала	435		Ленинабад	540	435	Азизбеково	910
327	Зарафшан	500		Чемени-бит	555	436	Гасанкули	910
328	Ура-Тюбе	500		Кайраккум	575	437	Мургаб	975
329	Аккуртан	500		Чимкент	580			
330	Термез	500		Вахш	580		3-4 балла	
331	Тахта-Базар	505		Ансай	590	438	Джаркуртан	487
332	Сеймали	512		Чимган	595	439	Орджоникид-зебад	512
333	Чили	515		Дангара	598			
334	Кагалинская	525		Анг	612	440	Джалгаш	532
335	Курусай	530		Джамальск	615	441	Адрасман	580
336	Душанбе	535		Дурды	620	442	Георгиевка	610
337	Калан-Мор	537		Курулжей	635	443	Кабуткен	610
338	Пролетарок	560		Гяур	655	444	Куляб	642
339	Акрабаг	562		Каракала	676	445	Яйпан	655
340	Таваксай	570		Искандер	680	446	Казалинск	655
341	Яван	570		Таумасиджи	680	447	Пал	675
342	Цкловск	570		Янгикурган	682	448	Хамза	715
343	Кушка	570		Сох	685	449	Шарлоук	725
344	Кучан	575		Кара-Токой	687	450	Наманган	730
345	Бахарден	585						
346	Арумян	585						

мости от грунтовых условий местности. Как при землетрясениях 1976 г., так и 1984 г. наиболее устойчивыми в сейсмическом отношении оказались деревянно-шитовые и крупнопанельные здания. Землетрясение сопровождалось, как и землетрясения 1976 г., большим количеством афтершоков. Для их обработки была выбрана оптимальная система регистрации, в которую входили эпицентральные станции (см. табл. 1), сейсмостанции КОЭИПЗ, расположенные на эпицентральных расстояниях до 400 км, а также сейсмостанции Ашхабад и Ванновская. По данным этой сети были определены параметры афтершоков с $K \geq 9$, количественное распределение которых приведено ниже:

K	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N	688	247	110	31	4	1	—	—	1

График повторяемости, построенный для афтершоков с $K > 9$, имеет величину $\gamma = 0,58$, которая соответствует величине, по данным афтершоков, полученной для

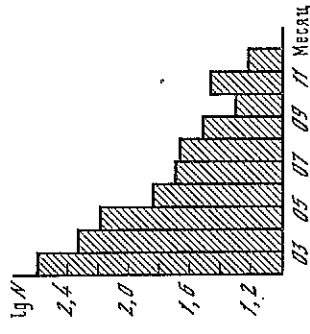


Рис. 10. Заухание афтершоковой деятельности по месяцам

1979 г. Можно предположить, что после основного толчка 19 марта 1984 г. афтершоковый процесс стабилизировался. На это же указывают и построенные нами помесичные графики повторяемости для афтершоков, которые и концу года имеют величину $\gamma = 0,41 \pm 0,48$. Заухание афтершоковой деятельности по месяцам приведено на рис. 10.

Анализ сейсмической активности афтершоков показывает, что наибольшие величины A_{10} наблюдаются вокруг инструментального эпицентра и вытязаются в субширотном направлении. Это же подтверждает и распределение в пространных крупных афтершоков, которые также группируются в субширотном направлении. В табл. 5 приведены сведения о наиболее сильных афтершоках с $K \geq 12$. Как видно из таблицы, гипоцентры афтершоков преимущественно расположены на глубинах $H = 10 \pm 15$ км, по широте они располагаются в основном в пределах $\varphi = 40,3 \pm 40,5^\circ N$, по долготе $\lambda = 63,0 \pm 63,4^\circ E$.

Карта эпицентров повторных толчков Газийского землетрясения имеет форму деформированного круга (рис. 11). Эпицентры концентрируются в субширотном направлении, и имеются явно выраженные простирания северо-западного и северо-восточного направлений. Для анализа пространственного распределения афтершоков нами были выбраны два профиля — AA' и BB' . Эпицентры повторных толчков спроектированы на профиль по линии AA' юго-западного простирания и вкрест простирания (по линии BB' , рис. 12). Протяженность профиля AA' 49 км, профиля, простирания вкрест простирания BB' , 53 км. Рассматривая разрез проекций очагов по плоскости AA' , можно отметить, что практически все афтершоки располагаются к юго-западу от основного толчка. При этом расположение гипоцентров по отношению к основному толчку образует угол 60° с вертикалью.

Наиболее сильные афтершоки произошли на глубинах 10–20 км, а афтершоковая деятельность более слабых толчков проявилась в основном на глубинах 5–10 км (рис. 12, табл. 5). Интересно отметить соответствие простирания возможной плоскости разрыва с разломами в земной коре в исследованном районе (см. рис. 11).

Сильные афтершоки Газийского землетрясения 19 марта

Дата	Время возникновения землетрясения, мин		Координаты		H, км	Класс точности	K
	ч	с	$\varphi^\circ N$	$\lambda^\circ E$			
19.03	21	30	40,2	63,1	з.к.	н/кл.	12,3
	21	40	40,4	63,5	з.к.	н/кл.	12,1
	21	45	40,4	63,1	10	A	12,3
	22	03	56,0	63,4	з.к.	н/кл.	12,0
	23	11	24,5	63,15	10	a	12,1
	23	31	29,0	63,04	10	a	11,6
	23	48	15,2	63,04	10	a	11,7
	23	43	42,9	63,22	15	a	12,2
	01	59	05,7	63,14	5	b	12,2
	03	49	59,5	63,19	10	b	12,6
20.03	05	42	00,0	63,37	10	b	11,6
	06	28	41,0	63,37	10	b	11,6
	06	28	41,0	63,11	15	b	13,9
	11	19	12,1	63,11	10	b	11,7
	22	44	23,7	63,14	15	b	11,7
	03	46	32,2	63,13	20	b	12,1
	14	40	21,6	63,34	20	a	11,9
	22.03	10	58	63,28	5	a	11,6
	23.03	10	27,3	63,18	5	b	11,6
	24.03	05	53	63,18	10	b	12,2
21.03	14	24	50,7	63,30	10	b	11,6
	19	38	52,2	63,23	15	a	11,6
	26.03	22	07	63,21	15	a	12,0
	29.03	14	25	63,39	15	a	11,8
	30.03	14	25	63,39	15	a	11,8
	01.04	09	47	63,00	20	a	12,0
	06.04	14	46	63,23	5	a	12,1
	11.04	23	30	63,24	10	b	12,6
	19.04	21	27	63,11	10	b	11,7
	22.04	04	12	63,24	15	a	11,6
28.04	23	33	63,20	15	b	12,2	
	27.06	00	01	63,63	15	a	11,8
	29.06	02	24	63,19	10	b	11,7
	14.08	11	45	63,47	10	b	13,0
	18	18	10,0	63,29	15	a	12,1
	22.08	13	00	63,24	15	a	11,8
	27.09	11	33	63,15	15	a	12,6
	30.11	07	20	63,29	5	a	12,2

Уцу и Сэки [15] вывели эмпирическую формулу зависимости афтершоковой области A и магнитуды M :

$$\lg A = 1,02M + 6,0,$$

где A — в см^2 . Исходя из этой формулы, афтершоковая область Газийского землетрясения имеет площадь приблизительно 2800 км^2 , что хорошо согласуется с размерами облака афтершоков, представленного на рис. 11.

Газийские землетрясения 1976 и 1984 гг. вызвали значительные поверхностные проявления, выраженные вертикальными деформациями земной поверхности. Это дает возможность измерить объем источника. Некоторые исследователи обратили внимание на одинаковый характер дислокации афтершоков и деформаций поверхности в одной и той же области вокруг эпицентра. Как видно из рис. 13, это хорошо подтверждается при проявлении газийских землетрясений 1976 и 1984 гг.

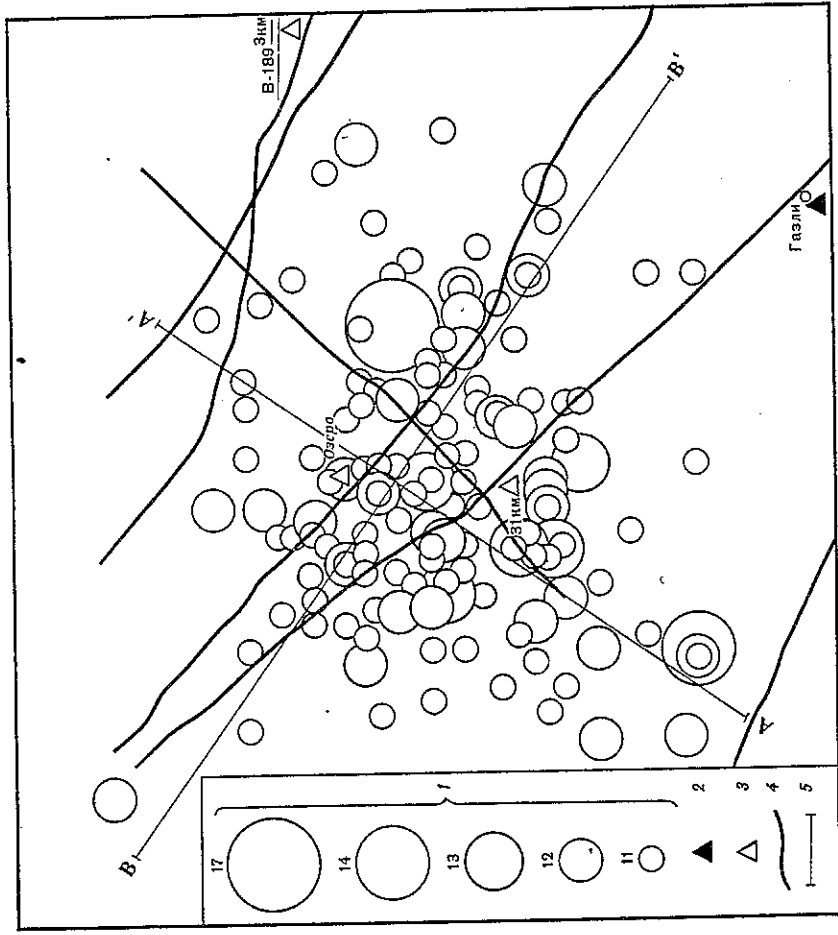


Рис. 11. Карта эпицентров афтершоков Газлийского землетрясения 19 марта 1984 г. Сост. А. Абдукадыров, Х. Зарифбаев, Ш. Исмаилов
1 — энергетический класс К; 2, 3 — региональная и эпицентральная сейсмические станции; 4 — разлом; 5 — линия профиля

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Характер выделения энергии в процессе разрядки очагов газлийских землетрясений показывает, что при землетрясении 1984 г. количество сильных ($K \geq 12$) землетрясений примерно то же, что и при землетрясениях 1976 г., хотя высвобождавшаяся энергия в 1976 г. была значительно больше.
2. Из анализа афтершоковой деятельности очага Газлийского землетрясения 1984 г. видно, что разрядка напряжений происходила в основном к запад-юго-западу от основного толчка.
3. Запись сильных движений в эпицентральной зоне Газлийского землетрясения 19 марта указывает на сложный характер подвижки в очаге, которая, по-видимому, началась со сравнительно небольшой подвижки, а затем, примерно через 1 с, произошла более значительная подвижка. Удар сейсмоприемника об ограничитель на 18-й секунде записи сейсмостанцией Джангельды свидетельствует о значительных колебаниях грунта.
4. Механизм очага землетрясения 19 марта имел характер подвижки взбросовидной при этом возможные плоскости разрыва были субмеридионального и северо-восточного простирания.
5. Контуры афтершоковой области землетрясений 1976 и 1984 гг. практически совпадают с областями вертикальных деформаций земной коры, полученных по данным

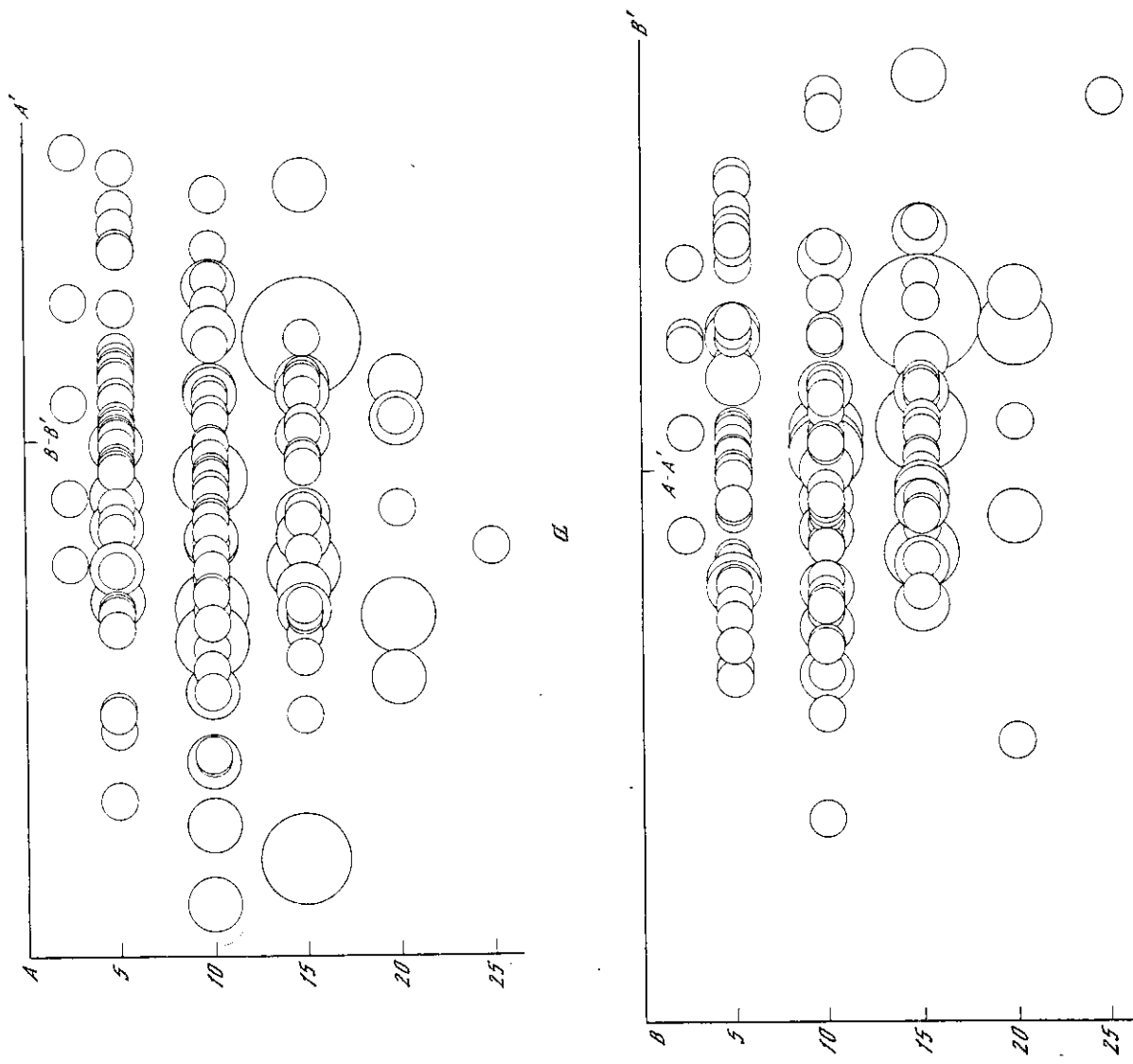


Рис. 12. Вертикальные разрезы очаговой области по профилям
а — проекция очагов на плоскость AA'; б — то же BB'

высокоточного нивелирования. Все это свидетельствует о том, что эти землетрясения по своей природе тектонические и обязаны своим происхождением интенсивным деформациям земной коры, обусловленным новейшими и современными (горизонтальными и вертикальными) тектоническими движениями, затрагивающими территорию Центральных Кызылкумов.

13. СНИП-П-7-И. Строительство в сейсмических районах М.: Стройиздат, 1982. 49 с.
14. Анянц И.В., Касымов С.М., Джурев А. и др. Макросейсмические данные газлайских землетрясений // Землетрясения в СССР в 1977 году. М.: Наука, 1981. С. 47-67.
15. Uryu T., Seku Q. Relation between the area of aftershock region and of the main shock. Zisin 9 // J. Seismol. Soc. Jap. Ser. 2. 1955. Vol. 7. P. 233.

УДК 550.348.436

И.В. Горбунова, Г.А. Ружанская
**СЛОЖНЫЕ РАЗРЫВЫ
 В ОЧАГАХ ГАЗЛЫСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
 ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКОЙ
 И БЛИЖНЕЙ ЗОНАХ**

Для сейсмологов газлайские землетрясения были очень неожиданными событиями, и уже многие результаты всестороннего изучения этих землетрясений опубликованы (см. [1-7] и др.). В настоящей статье на основе применения новой методики по интерпретации сейсмограмм [8-11] были выявлены сложные разрывы в очагах газлайских землетрясений. Интерпретация проводилась по совокупности данных о временах пробега идентифицированных волн на телесеизмических станциях, расположенных в разных азимутах от эпицентров. Линии выявленных разрывов подтвердились пространственно-временным распределением афтершоков, гипоцентры которых были получены по наблюдениям в ближней зоне [4]. Основные параметры этих землетрясений приведены в табл. 1.

Анализу разрывных нарушений горизонтального простирания первого из них была посвящена статья [11], в которой на основе волновой картины были получены предварительная схема разрывов и показана направленность процесса, однако не были приведены результаты сопоставления выявленных разрывов с распределением афтершоков. Это снижало степень доверия к новому методическому подходу при господствующем мнении, что очаговый процесс по телесеизмическим наблюдениям анализировать невозможно. В настоящей статье этот пробел восполняется, и, кроме того, анализ по той же методике двух последующих сильных землетрясений, происшедших спустя 1 мес и 8 лет, позволил интерпретировать эти землетрясения как единый очаговый процесс, растянутый во времени. Такая интерпретация проводится впервые; со многими результатами, опубликованными ранее, полученные данные совпадают, что-то остается новым.

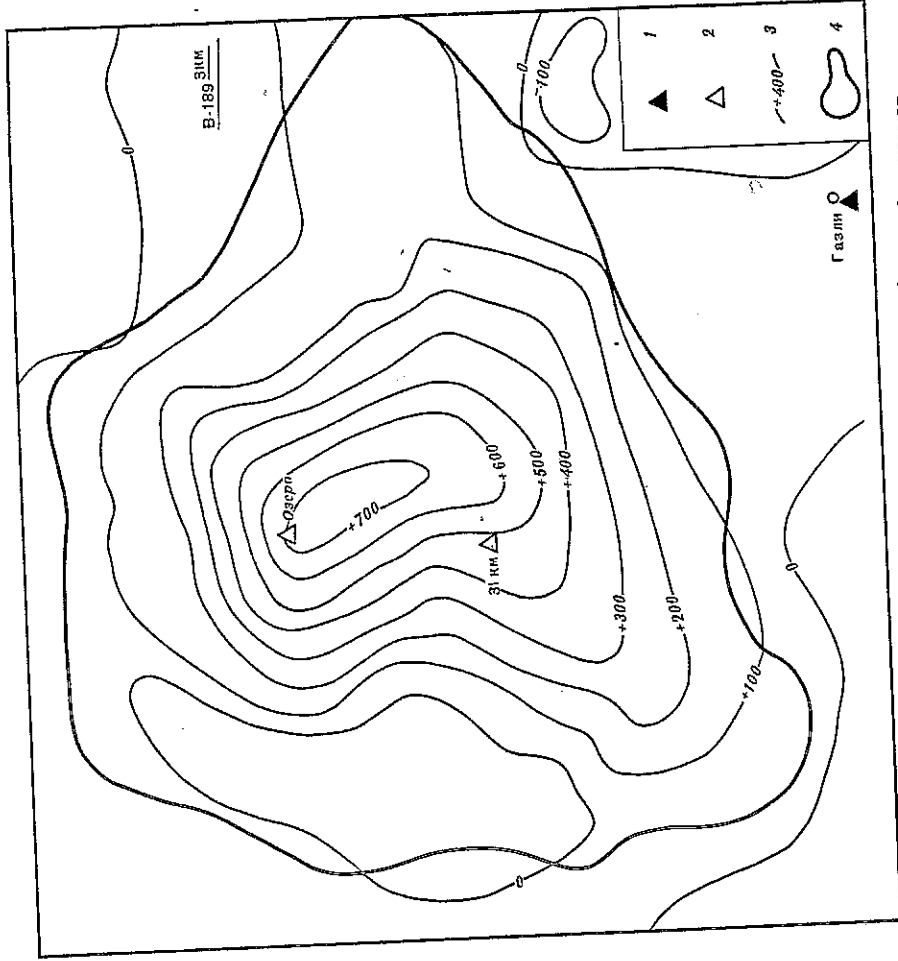
Методика. Использовались записи Р-волн на сейсмических станциях, достаточно хорошо окружающих очаг, т.е. образующих азимутальную систему наблюдений. Все наблюдаемые за первым вступлением волны и интерпретируемые с позиции точечно-

Таблица 1

№ землетрясения	Дата	Время, ч мин с	Координаты		H, км	M
			φN	λE		
1	08.04.76	02 40 24,5	40°21'	63°45'	30	7,0
2	17.05.76	02 58 41,0	40 24	63 28	25-30	7,2
3	19.03.84	20 28 37,6	40 23	63 22	15	7,2

Основные параметры газлайских землетрясений

Рис. 13. Схема вертикальных деформаций земной коры и очаговой области афтершоков 1, 2 - региональная и эпицентральная сейсмические станции; 3 - изолиния вертикальных деформаций; 4 - контур очаговой области афтершоков



ЛИТЕРАТУРА

1. Петрушевский Б.А. Некоторые уроки Кызылкумских землетрясений // Бюл. МОИП. Сер. геол. 1977. Т. 52, вып. 4. С. 5-14.
2. Корешков М.И., Пискулин В.А., Райзман В.П. Геодезические измерения земной коры в эпицентральной зоне // Газлайские землетрясения 1976 г. М.: Наука, 1984. С. 88-94.
3. Яковлева И.Б., Яковлев В.Н. Сейсмичность Кызылкумов и некоторые представления о формировании очаговой области газлайских землетрясений 1976 г. // Сейсмические исследования в Узбекистане. Ташкент: Фан, 1979. С. 75-91.
4. Землетрясения в СССР в 1976 году. М.: Наука, 1980. С. 152-184.
5. Землетрясения в СССР в 1977 году. М.: Наука, 1981. С. 169-194.
6. Землетрясения в СССР в 1978 г. М.: Наука, 1982. С. 123-154.
7. Ризниченко Ю.В. Метод суммирования землетрясений для изучения сейсмической активности // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1964. № 7. С. 969-977.
8. Lee W.H.K., Lahr J.C. NURO-71: Computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes. Open Report US Geological Survey, 1970.
9. Суворов В.П. Алгоритм параметризации очагов землетрясений, используемый в Узбекистане // Сейсмологические исследования в Узбекистане. Ташкент: Фан, 1979. С. 126-135.
10. Газлайские землетрясения в 1976 году: Сборник. М.: Наука, 1984. 199 с.
11. Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В. и др. Поле упругих напряжений Земли и механизмы очагов землетрясений. М.: Наука, 1972. 199 с. (Сейсмология; № 8).
12. Безродный Е.М., Туйчиев Х.А. Механизм Газлайского землетрясения 19 марта 1984 г. по сейсмологическим данным // Докл. АН УзССР. Ташкент, 1985. № 5. С. 44.