

Касумкентское землетрясение

20 апреля 1966 г.

В южном районе Дагестана 20 апреля 1966 г. произошло восьмибальное землетрясение.

Землетрясение ощущалось на всей территории Дагестанской АССР и на значительной территории Азербайджанской ССР. По инструментальным данным координаты эпицентра: $\varphi = 41^{\circ} 08' N$, $\lambda = 48^{\circ} 02' E$, глубина очага $h = 19$ км, магнитуда $M = 5 \frac{1}{2}$, время в очаге 16 ч. 42 м. 02 с. [1].

Геологические условия и характеристика сейсмичности района землетрясения. На мегантиклинории Большого Кавказа установлено одновременное существование и развитие двух типов геотектонической зональности: продольной по отношению к простиранию Большого Кавказа и поперечной [2, 3]. Мегантиклинорий Большого Кавказа принято подразделять [3] на ряд областей. Данное землетрясение произошло в поперечной зоне сочленения восточной и юго-восточной областей Большого Кавказа. Длительная устойчивость этих областей, резкость их взаимопереходов, связь границы между ними с крупными поперечными разрывами, а также продолжение этой зоны к северо-востоку позволяют предположить, что граница их контрролируется поперечной глубиной зоной разломов [2, 3]. Эта поперечная зона разломов совпадает с нижним течением р. Самур, по разные стороны которой отмечены существенные изменения в строении Большого Кавказа [3].

За последние 50 лет по инструментальным данным самыми сейсмоактивными районами Большого Кавказа являются зоны обрамления области Восточного Кавказа. Восточный Кавказ с севера и юга ограничен зонами разломов, с которыми связана большая сейсмическая активность [10]. Но, кроме этого, весьма сейсмоактивной зоной является поперечная зона сочленения восточной и центральной областей Большого Кавказа [4]. В прошлом в южной части Дагестана, в зоне сочленения областей Восточного и Юго-Восточного Кавказа, были известны восьмибальные землетрясения: в 1667 г. — с. Мишлет (обрушена мечеть) и в 1885 г. — с. Сикух (сброс до 10 м и большие оползни, большое количество трещин на значительной территории в окрестностях села, разрушение зданий села). Имеются сведения о некоторых семибальных землетрясениях в районе Дербента.

По инструментальным данным за последние 50 лет в районе Касумкента произошло несколько землетрясений, наиболее сильные из которых — землетрясение в 1913 г. с $M = 4 \frac{3}{4}$ (семибальное) и в 1957 г. с $M = 4 \frac{1}{2}$.

Описание результатов обследования землетрясения. Сразу же по получении сведений об этом землетрясении была организована группа по макросейсмическому обследованию землетрясения из сотрудников Института физики Земли АН СССР и сотрудников Института геологии АН Азербайджанской ССР в следующем составе: И. В. Ананьев, Ф. Т. Кулиев, И. А. Зыбина, Ю. В. Быстрицкая, К. Ш. Исмаилов, В. А. Алиев, О. Н. Айвазов, Р. А. Агамирзоев. Руководили обследованием И. В. Ананьев (ИФЗ АН СССР) и Ф. Т. Кулиев (ИГАН Азерб. ССР).

Обследование производилось по единой методике. Обследуемая территория была разбита на четыре участка, каждый из которых обследовался отдельными участками вышеуказанной группы. Маршруты распределялись так, чтобы они пересекались в одних и тех же пунктах, а иногда дублировали небольшие участки пути. Это было необходимо для взаимного контроля и определения качества собранного материала.

Все собранные материалы были порознь обработаны И. В. Ананьевым и Ф. Т. Кулиевым для исключения субъективных ошибок, а затем согласованы. Предварительные результаты были опубликованы [11]. Дальнейший анализ материала позволил выделить некоторые особенности разрушений зданий и особенности проявления землетрясения в целом.

Конструктивные особенности зданий в зоне наибольших разрушений и повреждения в них.

В южном Дагестане преобладают постройки из рваного камня, а в некоторых районах — из самана, с тяжелыми земляными крышами толщиной до 30—50 см. Саманные дома в южной части горного Дагестана составляют незначительный процент от всех построек.

Каменные здания в большинстве случаев построены из неровного плоского или рваного камня, иногда — из крупной окатанной гальки на глиняном растворе. При возведении стен таких зданий кладется отдельно наружная и внутренняя части стены, а промежуток между ними засыпается мелкими осколками камня с глиной. Таким образом, практически нет никакой связи между наружной и внутренней частями стены. Поэтому при землетрясении средней силы (7—8 баллов), как правило, можно наблюдать обвалы не всей стены целиком, а только наружной или внутренней ее части (фиг. 1). Неустойчивость зданий сейсмическим воздействиям усугубляется еще и тем, что здания почти всегда двухэтажные и имеют тяжелые земляные крыши до 50 см толщиной, лежащие на тяжелых толстых балках. Эти балки кладутся не на всю стену, а опираются своими концами только на внутренние части стен. Таким образом, при сейсмическом воздействии в подобных зданиях происходили большие обвалы стен и крыши (фиг. 2).

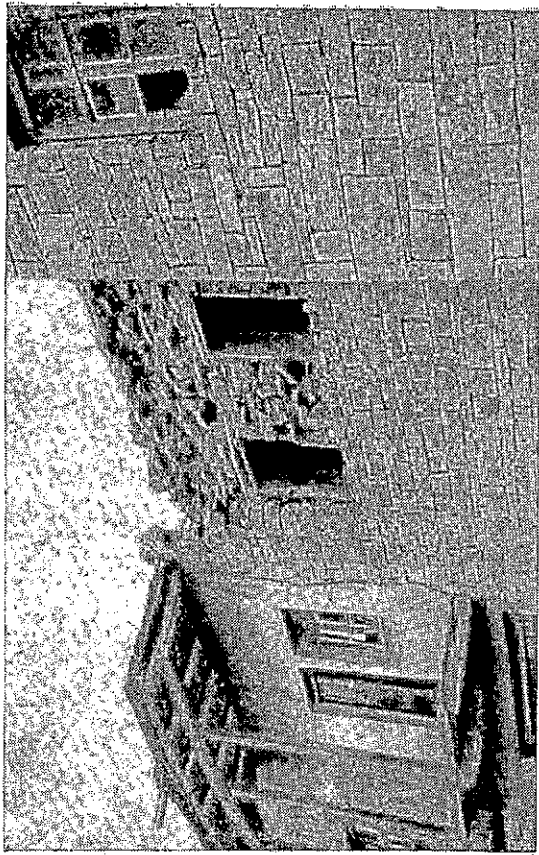
С другой стороны, встречаются дома, построенные по тому же типу, но имеющие по всему периметру здания горизонтально продолженные деревянные балки, скрепленные между собой. Число таких деревянных поясов в здании иногда доходит до шести (через 1,5—2 м друг от друга), и они являются своего рода антисейсмическими поясами (фиг. 3, 4). Дома такого типа в семибальной зоне получили совершенно незначительные повреждения (обрушения штукатурки внутри, трещины в стенах и т. п.) по сравнению с разрушенными рядом стоящими домами без подобных поясов (обвалы стен и крыши) (фиг. 1, 2).

Все каменные дома без деревянных поясов, сложенные на цементном или известковом растворе, в семибальной зоне обычно имеют сквозные трещины, иногда большие, трещины в стенах, расслоение кладки и т. п.

Рассмотрим на примерах влияние цементующего раствора на сейсмостойкость здания.

Три одноквартирных здания в селе Заза находятся в одних и тех же грунтовых условиях на расстоянии 15—20 м друг от друга (фиг. 5—7). Дома расположены на небольшом склоне, сложенном осыпями (глина и щебенка). Грунтовые воды отсутствуют.

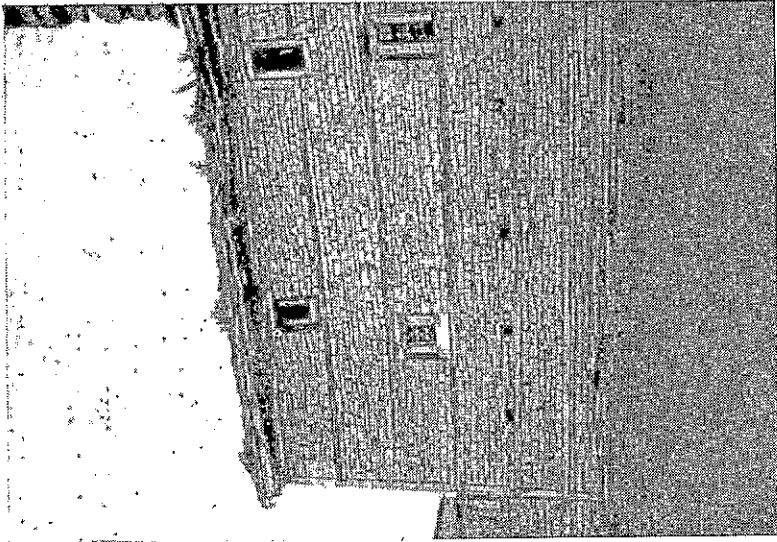
1) Двухэтажный дом. Наружный слой лицевой стены сложен из тесаного камня на хорошем цементном растворе. Внутренний слой сложен из пластивого камня на глиняном растворе. Углы здания выложены из хорошо подогнанного тесаного камня (фиг. 5). Крыша — тяжелая земляная, толщиной до 45 см. В доме обрушений нет. Большие трещины на стыках стен и земляного пола (до 5 см), стен и потолка (до 5 см). Тонкие несквозные трещины в стенах, связанных с внутренней кладкой стены. Выбиты рамы окон и дверей.



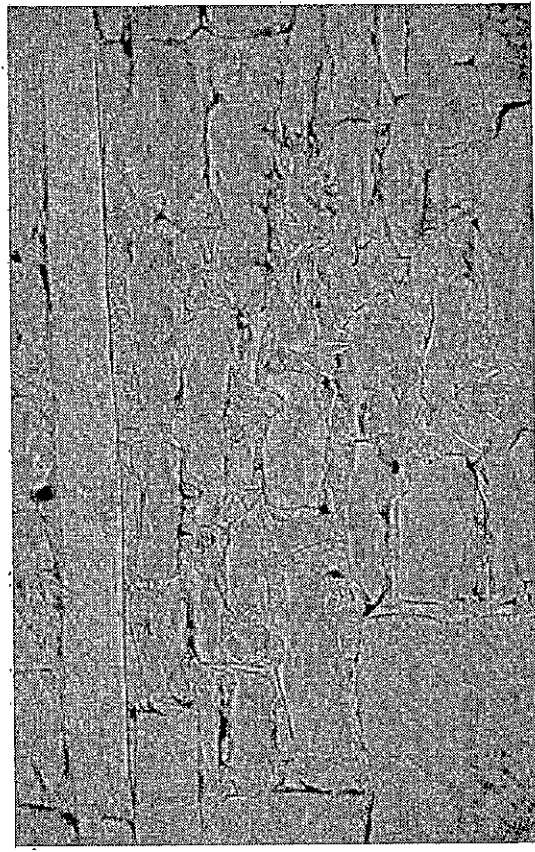
Фиг. 1. Обвал части (вывал) стены



Фиг. 2. Обвал стен и крыши



Фиг. 3. Старое здание с деревянными поясами.
Крыша земляная, тяжелая



Фиг. 4. Наружная стена. Образец кладки. Снаружи слегка отесанный плоский камень, внутри бутовый камень на глиняном растворе, смешанном с соломой. Между кладкой деревянный пояс

2) Рядом, в 20 м, такой же дом по конструкции. Двухэтажное здание. Наружный слой стены сложен не из тесаного камня, а из хорошо подготовленного слегка обработанного природного пластового камня (плитняка). Внутренний слой стены сложен из грубого пластового камня. И наружный, и внутренний слой стен сложены на глиняном растворе. Углы зданий выложены из хорошо подогнанного тесаного камня. Крыша — тяжелая земляная. Балки перекрытий крыши опирались только на внутренние части стен. Обрушения стены и крыши (фиг. 6).

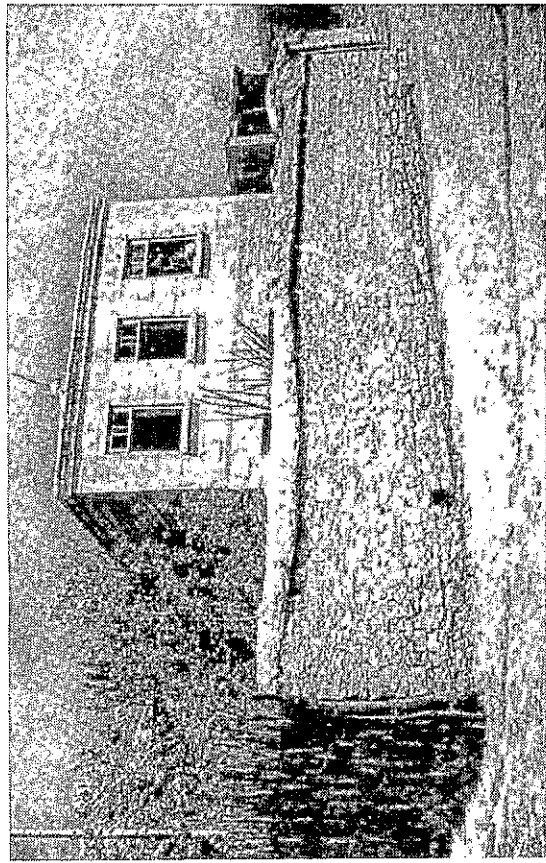
3) Двухэтажный дом в 15 м от первого и второго домов. Конструкция стен такая же, как и во втором доме. Стены тоже сложены на глиняном растворе, но крыша легкая, покрыта шифером. Балки крыши опираются на все сечение стен (внутреннюю и наружную части стены), толщина стен 60—80 см. Снаружи небольшие трещины на стыке стен от фундамента до крыши шириной до 2—3 см (фиг. 7), отдельные сквозные трещины над окнами между первым и вторым этажами, обвалы штукатурки внутри здания, большие трещины на стыках стен и пола.

Анализ разрушений и поврежденных однотипных зданий, проведенный по большому количеству обследованных строений, показал, что дома, построенные из бутового камня, окатанной крупной гальки, природного пластового и тесаного камня на глиняном растворе следует отнести по сейсмической шкале [7, 8] к типу строений А. Те же дома, особенно из пластового и тесаного камня, сложенные на известковом или цементном растворе, следует отнести к типу В. Каменные двухэтажные дома, построенные из бутового камня или окатанной крупной гальки на глиняном растворе, с конструкцией стен, описанной выше, и тяжелыми земляными крышами выдерживают сейсмические воздействия 7, 8 баллов так же, а в некоторых случаях и хуже, чем здания подобной конструкции, построенные из самана. Поэтому при землетрясении средней силы в каменных домах таких конструкций разрушения могут быть больше, чем в зданиях построенных из самана и сырцового кирпича. Следовательно, при определении балла в населенном пункте нужно учитывать, что степень повреждений зданий и общее количество таких зданий будет несколько больше, чем это предусмотрено сейсмической шкалой [8, 12]. Вообще большой разрушительный эффект в горной части южного Дагестана объясняется очень плохим качеством большинства строений, конструктивными их особенностями и неблагоприятными условиями, в которых они находятся (на вершине горы или крутом склоне, на осыпях или рыхлых грунтах, в некоторых случаях с высоким уровнем грунтовых вод).

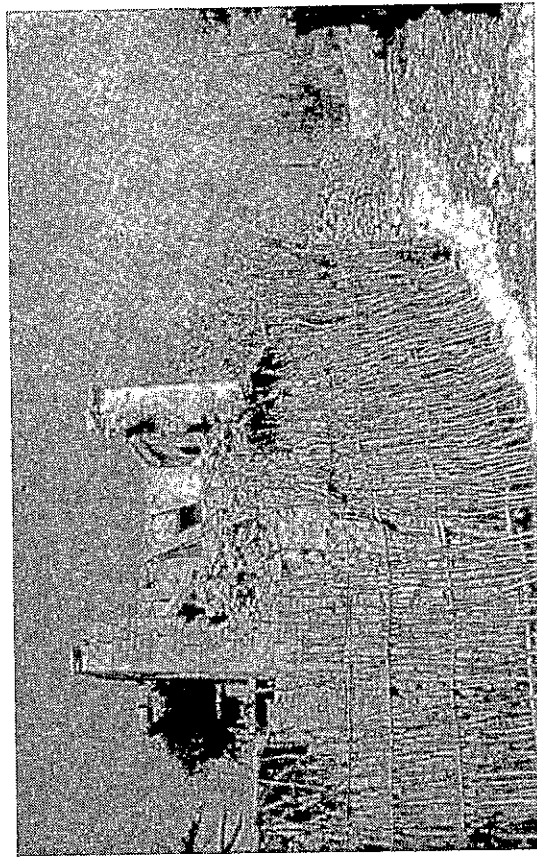
Построение карты изосейст. При сборе макросейсмических данных в каждом населенном пункте анализировались разрушения отдельных зданий в зависимости от типа их конструкции, строительного материала, этажности и качества постройки. В зависимости от количества разрушенных и поврежденных зданий в населенном пункте по сейсмической шкале [12] определялся балл. Приведем несколько примеров определения балльности.

Село Икра (8 баллов). Крупный населенный пункт (несколько сот домов). Село расположено в узкой межгорной котловине, имеющей небольшой уклон. Село делится на две части: верхняя часть занимает $\frac{2}{3}$, а нижняя — $\frac{1}{3}$ общей площади села. В селе все дома каменные. Здания, расположенные в верхней части села, имеют разрушений и обвалов во много раз больше, чем в нижней части села. В селе $\frac{2}{3}$ домов составляют старые каменные постройки (типа А) и $\frac{1}{3}$ — новые здания (построены с 1956 г., типа В). В новых двухэтажных зданиях хорошего качества постройки (типа В) наблюдаются разрушения: большие сквозные трещины в стенах и перекрытиях, а в некоторых случаях — обрушения стен и крыш.

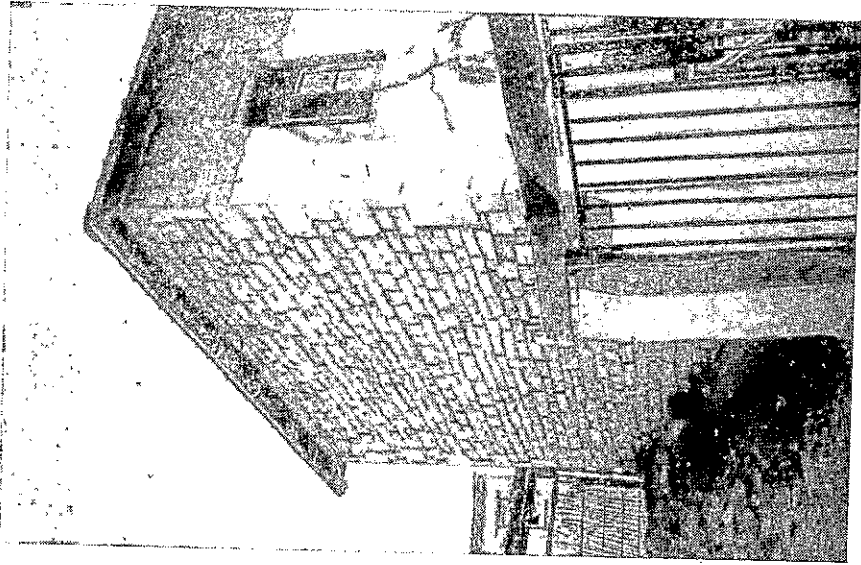
В половине каменных зданий (типа А) наблюдаются обвалы стен и крыш. В зданиях, составляющих 43% (от общего числа зданий), наблюдаются



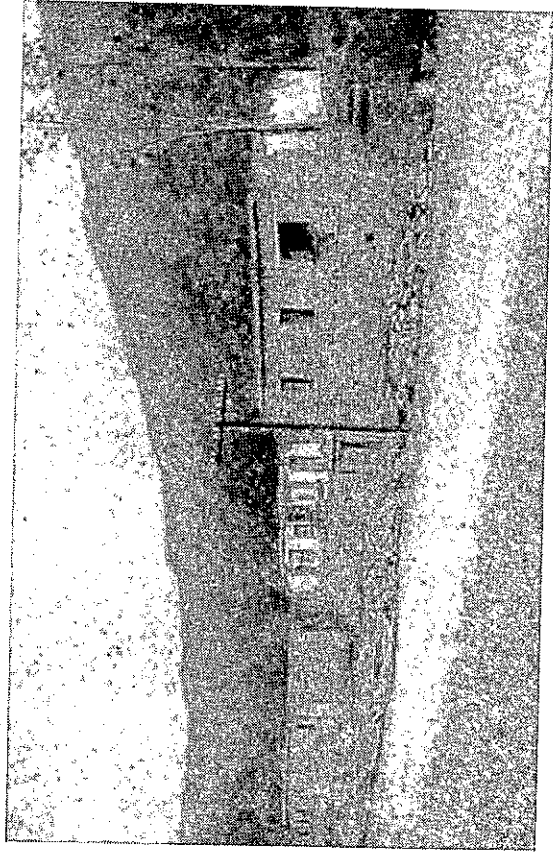
Фиг. 5. Двухэтажный дом. Наружная часть стены на хорошем цементном растворе, внутренняя часть стены — на глиняном растворе



Фиг. 6. Двухэтажное здание, сложенное на глиняном растворе, крыша земляная, тяжелая. Видны обрушившиеся тяжелые балки перекрытий



Фиг. 7. Двухэтажное здание, сложенное на глиняном растворе, крыша покрыта шифером, легкая. Сквозные трещины в боковой стене от фундамента до крыши и над окном



Фиг. 8. Обрушения стен и крыш в с. Кутул (8 баллов)

широкие сквозные трещины в стенах от фундамента до крыши, выбиты балки перекрытий из своих гнезд в стенах, обрушение отдельных балок. Эти здания находятся в аварийном состоянии. Только в зданиях, составляющих 6%, имеются большие трещины в стенах и потолках, обвалы штукатурки и т. п. Эти здания пригодны для жилья.

Село Кутул (8 баллов). Небольшой населенный пункт (несколько десятков домов). Расположен в широкой речной долине. Все дома каменные одно- и двухэтажные (типа А). В 25% зданий наблюдаются обвалы стен и крыши (фиг. 8). В остальных зданиях наблюдаются широкие сквозные трещины в стенах, нарушение связей балок перекрытий со стенами, обрушение отдельных балок, обрушение небольших частей внутренних или наружных участков стен. Эти дома находятся в аварийном состоянии.

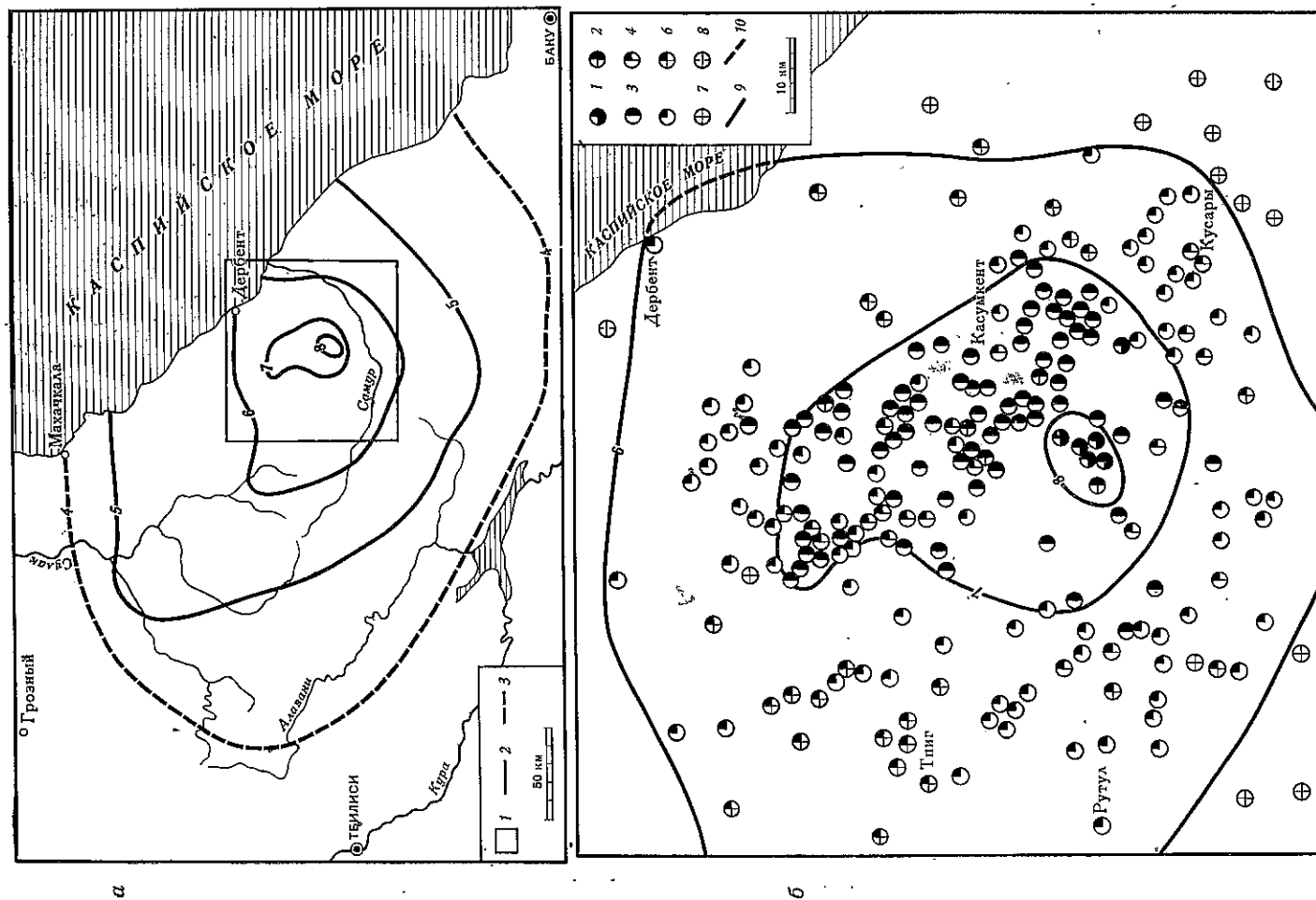
На стр. 53 приводится список населенных пунктов, в которых осуществлялось землетрясение 20 апреля, с указанием балльности.

Определение координат очага. На основании обследования перечисленных в списке населенных пунктов построена карта изосейст (фиг. 9, а). На фиг. 9, б изображена эпицентральной областью более крупном масштабе. За эпицентр по макросейсмическим данным принят центр тяжести фигуры, ограниченной первой (высшей) изосейстой 8 балла: $\varphi = 41^\circ 7'$, $\lambda = 48^\circ 0'$ (25 км к юго-западу от Касумкента). Балльность в эпицентре $I_0 = 8$.

Следует учесть, что координаты эпицентра, определенные таким образом, являются совершенно условными, так как для данного землетрясения с магнитудой $M = 5\frac{1}{2}$ размеры очага по данным работы [16] оцениваются величиной порядка 10—15 км, что в нашем случае соответствует поперечным размерам площадки, околупнутой восьмibalльной изосейстой. Ввиду того что очаг занимает значительное пространство, мы считаем, что помимо координат необходимо указать в соответствии с работой [16] размеры очага, например $\pm 5-7$ км, или указать координаты пространства, занимаемого очагом, например: $\varphi = 41,6-41,7^\circ$, $\lambda = 48,0-48,1^\circ$.

Несовпадение координат эпицентра по инструментальным и макросейсмическим данным объясняется тем, что за макросейсмический эпицентр практически принимается центр тяжести площади первой изосейсты (при мелких очагах землетрясений). Первая изосейста мелкого сильного землетрясения ($M \leq 20$ км, $5-5\frac{1}{2} \leq M < 7$) характеризует суммарную энергию, выделившуюся из очага, околупывая на поверхности земли проекцию площадки разрыва (очаг). Инструментальный эпицентр отвечает проекции точки начала вспарывания этой площадки разрыва. Если вспарывание разрыва произошло горизонтально или близко к этому направлению и плото от одного конца очага к другому, то инструментальный эпицентр будет смещен относительно макросейсмического на половину размера очага, т. е. в данном случае на 5—7 км. На положении более удаленных изосейст будет сказываться в большей степени ориентация плоскости разрыва в очаге. Для большинства землетрясений Большого Кавказа плоскости разрыва ближе к вертикальной плоскости, чем к горизонтальной, поэтому здесь проведенное выше рассуждение справедливо. Если вспарывание плото вертикально снизу вверх, то координаты эпицентра, определенные по инструментальным и макросейсмическим данным, будут совпадать, а глубина очага по инструментальным данным будет больше, чем по макросейсмическим, на половину размера очага. Для данного землетрясения глубина очага, определенная по скорости спадания балльности с эпицентральным расстоянием [9], лежит в пределах 10—13 км.

Затухание интенсивности (балльности) в различных направлениях от эпицентра. Анализ карты изосейст (фиг. 9, а) показывает, что в северо-западном направлении от эпицентра спадание балльности с расстоянием происходит так же, как и на большей части территории Закавказья и Предкавказья, где коэффициент



Фиг. 9. Землетрясение 20 апреля 1966 г.

а — карта изосейст; 1 — контуры области, представленной на фиг. 9, б; 2 — изосейсты; 3 — изосейсты предполагаемые; 4 — эпицентральная область землетрясения, баллы: 1—8 баллов; 2—7—8 баллов; 3—7 баллов; 4—6—7 баллов; 5—6 баллов; 6—5—6 баллов; 7—5 баллов; 8—4—5 баллов; 9 — изосейсты; 10 — изосейсты предполагаемые

8 баллов	Катул	11	Сайтаркент	9
	Сараг	11	Асаликент	9
	Бахлуг	11	Буткент	9
	Икра	11	Чантаркент	9
	Рыгун	11	Испик	9
	Верхний Чахча	14	Лака	24
7—8 баллов			Верхний Чахча	24
	Ялуугар	9	Чилкар	21
	Кумук	11	Курах	11
	Юхари-Цинит	2	Мака	14
	Шул	11	Хорель	14
	Камаркент	21	Сардаркент	21
7 баллов			Межгол	21
	Махмуткент	14	Цнал	21
	Тениг	19	Юхари-Захит	21
	Гуми	19	Ашага-Архит	21
	Кюрят	19	Куг	21
	Цурталь	19	Канцаль	21
	Хулуг	19	Ашакент	11
	Гутнаг	19	Ашар	11
	Тураг	19	Экендим	9
	Цмур	9	Качалкент	9
	Татархалкент	9	Кур-кур-кент	9
	Питикент	9	Цухверкент	9
	Уллу-Татаг	14	Каан	9
	Целипон	2	Хлихарт	9
	Каракюра	19	Татархан	9
	Халаг	19	Ашага-Картас	9
	Афна	19	Уллу-Цатаг	9
	Екраг	19	Пихикент	9
	Сухтих	19	Иперкент	9
	Джехтиг	19	Зухрабкент	9
	Цулаг	19	Хтун	9
	Чере	21	Ялуугар	9
	Зизик	9	Арчуг	24
	Рухун	9	Варта	21
	Векеллер	9	Кура	21
	Даркуш	9		6—7 баллов
	Мехкерг	9	Хучни	19
	Зухрабкент	9	Туруф	19
	Хутарг	9	Джаба	2
	Буткент	9	Ашага-Цинит	21
	Эвигар	9	Кандик	21
	Кахцуг	9	Ляхля	21
	Бигер	19	Хнедж	11
	Кабир	11	Гули	19
	Ахниг	11	Филия	14
	Гарах	14	Хив	21
	Усур	24	Ашага-Захит	21
	Орта-Захит	21	Цувек	21
	Заза	21	Кочхюр	11
	Хоредж	21	Южный Гагирджал	24
	Зильдик	21		6 баллов
	Кошкент	21	Дербент	7
	Тыркал	21	Гурик	19
	Юхари-Архат	1	Дюбек	19
			Зиль	19
			Хельпенджик	19
			Нижний Чахча	14
			Ахты	2
			Хрюк	2
			Гра	2

1 Цифрами указаны районы Дагестанской АССР: 1 — Акушинский, 2 — Ахтынский, 3 — Ботлиховский, 4 — Буйнакский, 5 — Гергебильский, 6 — Дардакский, 7 — Дербентский, 8 — Кайтагский, 9 — Касумкенский, 10 — Кулинский, 11 — Курахаевский, 12 — Левашинский, 13 — Ленинский, 14 — Магарамкентский, 15 — Новокавказский, 16 — Огульский, 17 — Рутулский, 18 — Сергокальский, 19 — Табаранский, 20 — Тляратинский, 21 — Хивинский, 22 — Хунзахский, 23 — Чародинский, 24 — Азербайджанская ССР, 25 — Чечено-Ингушская АССР, Д — крупные населенные пункты Дагестанской АССР без указания района.

Мипилеш	17	Ботлх	3
Мухаш	17	Голлюк	3
Курдул	17	Мюрего	18
Тиг	16	Бурдехи	18
Хутхул	16	Каспийск	13
Буршаг	16		
Миса	16	4—5 баллов	
Рыча	16	Дагестанские огни	7
Кони	10	Бекта	7
Акуша	1	Буйнакск	4
Лезанин	12	Гясуда	4
Хажта	12		
Адага	8	4 балла	
Нижний Мулепти	18	Дылым	Д
Илису	24	Хунзах	22
		Шемаха	24
		Чукур-юрт	24
		Мучалы	24
		Ахсу	24
Манаскент	13	Беох-Дахна	24
Джимикент	7	Бетоканы	24
Кучах	2	Геокай	24
Маза	2	Тларата	20
Гдым	2	Кировка	24
Ихрек	17	Молласатлы	24
Балхар	1	Мирзабейли	24
Карабулдакент	13	Нуха	24
Советское	Д	Закатаны	24
Унцуккул	24	Минтечаур	24
Кусары	24		
Баля Кусары	24	3—4 балла	
Урван	24	Гулермис	Д
Кызыл-Бурун	24	Хильмили	Д
Халлас	24		
Худат	24	3 балла	
Варташен	24	Кизилр	Д
Герга	15		
Тагиркент-Казмаияр	14	Неощуналось	
Курукал	2	Гергебиль	5
Фий	2	Грозный	25
Хнов	2	Щелковская	25
Касачумахи	1	Агдам	25
Цуриб	23	Кировабад	24
Мехельга	23	Баку	24
Ханайджи	23	Шамхор	24
Араканы	24	Акайафа	Д
Аналы Легер	24	Кизил-юрт	Д
Аваран	24	Бабаярт	Д
Хурай	24	Ведено	26
Кусарчай	24	Мараза	2
Карамарьян	24	Сумгаит	2
Куткашен	24	Евлах	2
Фисанджан	24	Кюрдамир	2
Кахи	24	Тауз	2
Чобанкел	24	Казак	2
Губден	18		
Кичигамри	18		

54