

И. В. Авазшвили, А. М. Ахалбедашвили, Т. М. Лебедева,
Л. Н. Махатадзе,
В. Г. Папалашвили, Д. Н. Руставели, З. Э. Фабрициус

Землетрясение 3 января 1970 г. в Боржомском районе

3. I 1970 г. в 06 ч. 54 м. 41 с. по гринвичскому времени (10 ч. 54 м. 41 с. по местному времени) произошло землетрясение с магнитудой $M=5$ и эпицентром в районе ущелья р. Гуджаретицкали (Боржомский район). Для обследования последствий этого землетрясения 5. I выехала комиссия в составе: А. Д. Цхакая (Институт геофизики АН Груз. ССР), академика АН Груз. ССР К. С. Завриева, Ш. А. Джабуа (Институт строительной механики и сейсмостойкости АН Груз. ССР). С 6 по 31. I Институтом геофизики АН Груз. ССР была организована сейсмологическая экспедиция в составе: В. Г. Папалашвили, И. В. Авазшвили, Т. М. Лебедевой, Ц. И. Сибилвили, А. М. Ахалбедашвили (начальник экспедиции) для открытия временных сейсмических станций в Ликани, Кечхоби, а также подробного макросейсмического обследования последствий этого землетрясения. В Боржомском районе выехал Л. Н. Махатадзе (Институт строительной механики и сейсмостойкости АН Груз. ССР). В макросейсмическом обследовании принимал участие З. Э. Фабрициус (Институт физики Земли АН СССР). Д. Н. Руставеличел и К. Г. Пленевым (Институт физики Земли АН СССР) на сейсмической станции Бакуриани были установлены дополнительные приборы для записи афтершоков землетрясения.

С максимальной силой (6—7 баллов) землетрясение проявилось в Боржомском районе: в Ликани, Боржоми, Цавери, Кечхоби, Ларехб, Папа. Пострадали санаторные здания в Ликани, Кечхоби, ряд построек в г. Боржоми, Бакуриани, Цавери и других населенных пунктах. В некоторых родниках вода пропала, в некоторых же дебит сильно увеличился. Землетрясение сопровождалось гулом, идущим с северо-запада. Основному толчку предшествовал форшок 31. XII 1969 г. в 12 ч. 06 м. 04 с., который ощущался в населенных пунктах Боржомского района с силой в 4—5 баллов. По данным сейсмической сети Кавказа, его эпицентр расположен в 15 км на северо-запад от Бакуриани. Повторный толчок последовал 21. I 1970 г. в 10 ч. 14 м.; он ощущался в Бакуриани, Боржоми, Хашури с силой 5 баллов, Гори — 4 балла, Тбилиси — 3 балла.

Сейсмическая станция Бакуриани с 3 по 31. I записала 605 последующих толчков. Область распространения афтершоков в общем совпадает с 6—7-балльной зоной. По-видимому, эпицентр землетрясения 3. I находится на участке смыкания Абул-Самсарского и Аджаро-Триалетского хребтов.

На сейсмической станции Бакуриани 16. I была установлена специальная аппаратура, предназначенная для регистрации разрушительных землетрясений и их сильных афтершоков. Из наиболее интенсивных афтершоков зарегистрированы два землетрясения: 19. I в 02 ч. 46 м. и 2. II в 20 ч. 41 м. с эпицентрными расстояниями $\Delta=14$ км и $\Delta=15$ км (рис. 1).

Землетрясение 2. II ощущалось в Бакуриани с силой 4 балла и имело смещение почвы 34 м. Его амплитудно-частотный спектр был рассчитан на ЭВМ по программе расчета спектров Фурье. Спектр смещения и скорости был получен расчетным путем (рис. 2).

По этим данным максимальное значение скорости (на периоде около 0,25 сек.) составляет 0,086 см/сек. В спектре смещения преобладают два периода: 0,65 и 0,27 сек. Очаг толчка $K=9-10$ должен был иметь, согласно оценке Н. В. Шебалина [1], линейные размеры порядка 0,4 км.

Распределение силы проявления главного толчка в отдельных пунктах, выраженное в баллах по шкале Института физики Земли АН СССР (ГОСТ 624-52), приведено в таблице, а макросейсмическая карта главного толчка представлена на рис. 3.

Зона осязаемости охватила почти всю территорию Грузинской ССР и часть Армянской ССР, площадь погрязенной области составляет около 1,5 тыс. км².

В пунктах Хуло, Ланчхути, Батуми, Поты, Кобулет, Гали, Очамчире, Ленгети, Пасанаури, Казах, Иджеван землетрясение не ощущалось.

Проведение изосейст 3, 4 балла затруднительно из-за отсутствия сведений с пограничной территории Турции. По макросейсмической картине, интенсивность землетрясения в зоне 6—7 и 5—6 баллов быстро затухает

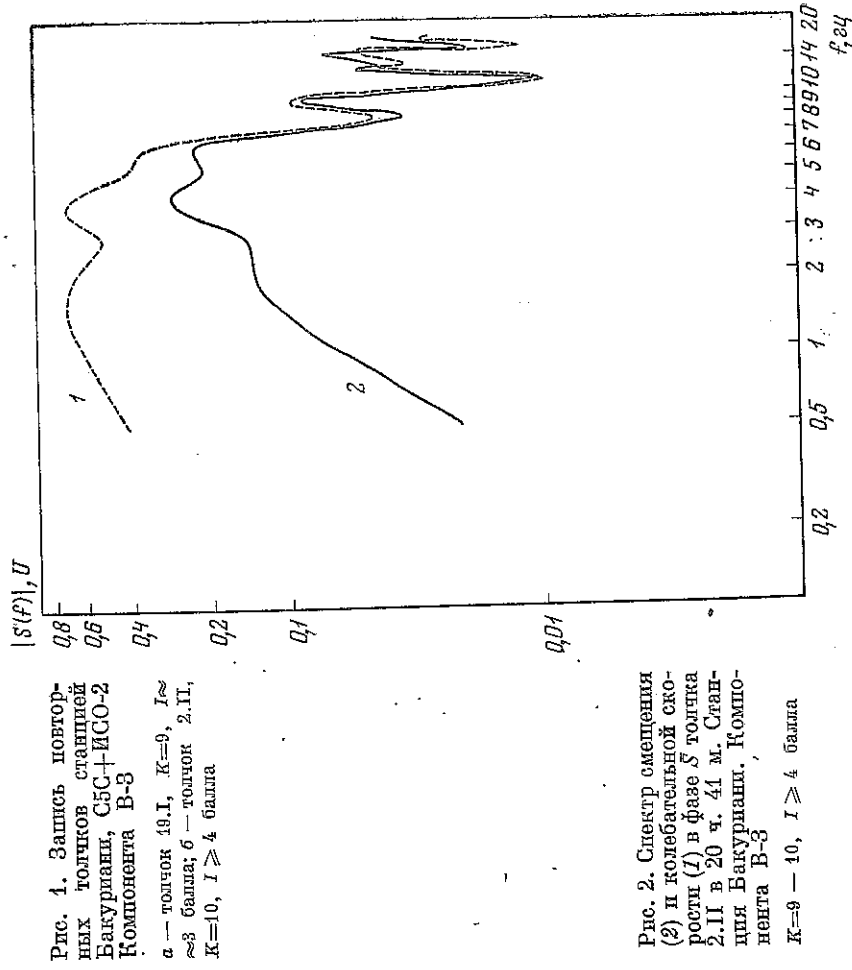
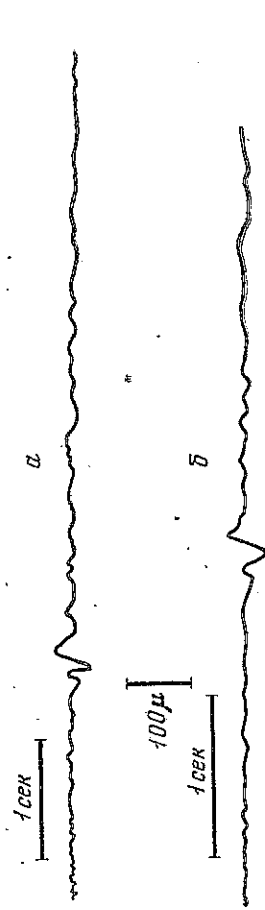


Рис. 1. Запись повторных толчков станции Бакуриани, СЭС-ИСО-2 Компонента В-3
а — толчок 19. I, $K=9$, $I \approx 3$ балла; б — толчок 2. II, $K=10$, $I \approx 4$ балла

Рис. 2. Спектр смещения (2) и колебательной скорости (1) в фазе S толчка 2. II в 20 ч. 41 м. Станция Бакуриани, Компонента В-3
 $K=9-10$, $I \approx 4$ балла

По данным Н. В. Шибалина [2], магнитуде 5 и глубине очага 5 км соответствует интенсивность 7 баллов, глубине 8 км — 6—7 баллов, а 10 км — 6 баллов.

Следует отметить изменение суточного дебита минеральных источников в парке Боржоми. Эти изменения в основном произошли сразу же после форшока 31.XII, и основной толчок 3.1 очень мало повлиял на выход воды.

Повреждение зданий и построек в эпицентральной области

Эффект землетрясения в эпицентральной области проявился со значительной пестротой. Это следует, по-видимому, объяснить различными условиями рельефа, грунтов и т. п. Приведем характерные примеры поврежденных зданий в эпицентральной области.

В пос. Лареби повреждена правая торцевая стена одноэтажного здания из рваного кирпича: образовались косые и горизонтальные трещины на уровне перемычек подоконников и в надпроемной кладке (рис. 4). Здание было возведено на косогоре из овражных выносов с заложением фундамента на глубину 1—1,5 м. Оно имеет железобетонный пояс-перемычку по периметру стен, деревянные перекрытия и черепичную кровлю по наклонным стропилам. Стены толщиной 50 см возведены на известковом растворе марки 8—10 кг/см².

В курортной зоне Ликани одноэтажные и двух-, трехэтажные каменные здания получили повреждения разной степени; здесь, по-видимому, также сказались влияние грунтов.

Среди наиболее поврежденных зданий в пос. Цагвери детально изучены корпус дома отдыха «Кечхоби», расположенные рядом (на расстоянии 15—20 м), которые по размерам и конструкции почти аналогичны и представляют собой трехэтажные кирпичные здания Т-образной формы в плане с деревянными перекрытиями. В выступающих частях корпусов возникли значительные по ширине и развитию косые и перекрестные трещины как в простенках, так и над проемами. Также трещины возникли также в простенках первого этажа основной части одного из корпусов.

Для более полного анализа повреждений этих зданий при землетрясении была сделана попытка приближенно оценить величину действующих ускорений, вызвавших отменные повреждения [3—4]. Определение реальных ускорений производилось на основе приближенного расчета простейших элементов конструкций, подвергшихся землетрясениям. Для наибольшего приближения к значениям действовавших ускорений в основу расчетной схемы следует положить действительные условия работы элемента конструкции, вытекающие из его предельного состояния [5—6]. Кроме того, для определения нагрузок, которой подвергся элемент, необходимо знать его действительную несущую способность [7—8].

С этой целью была использована методика определения фактической несущей способности элементов кирпичных и каменных зданий с помощью простейших приборов, разработанная в Институте строительной механики и сейсмостойкости АН Груз. ССР. Она позволяет определить в натуральных условиях прочность нормального и касательного сечений в кладке, которые определяют степень сопротивления кладки сейсмическому воздействию [9—10]. Испытывалась кладка стен корпусов Дома отдыха — 150 образцов на отрыв и 113 образцов на срез.

Данные натуральных испытаний были обработаны по методам математической статистики [11], согласно которой наиболее вероятная величина предела прочности нормального сечения составила 0,18 кг/см², а предел прочности касательного сечения 0,47 кг/см².

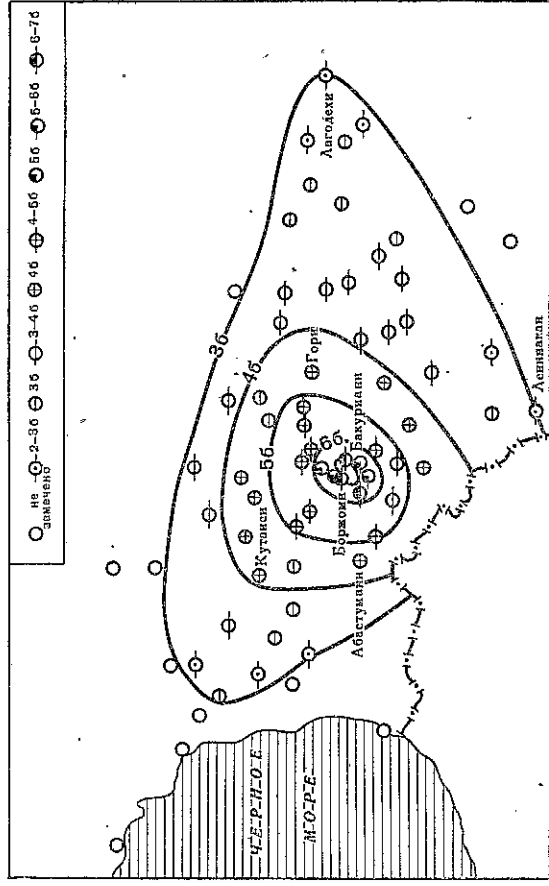


Рис. 3. Макросейсмическая карта землетрясения 3.1.

с расстоянием, что указывает на поверхностное расположение очага, подтверждаемое оценкой глубины очага по инструментальным данным.

Макросейсмические данные о землетрясении 3.1

Пункт	А, км	Пункт	А, км	Пункт	А, км
6—7 баллов		Абхазмани	60	Тетрицаро	84
Боржоми	7	Ахалкалаки	50	Цхалгубо	84
Боржоми (парк)	9	Гандзани	52	Цагери	114
Кечхоби	5	Болдновка	70	Цхинвали	66
Ликани	42	Вачвани	52	Чхороцку	122
Цаха	40	Гори	57	Шоршани	60
Цагвери	6	Зестафони	48		
		Каспи	80		
5—6 баллов		Кутаиси	84		
Бакурнани	15	Сачхере	66	Ахмета	145
		Тамбовка	48	Вани	90
		Тхабули	84	Гарабани	138
		Цалка	58	Гурджаани	192
		Цхатура	54	Гужааян	90
				Знаური	48
Ахалдаба	46			Зугдиди	156
Квибиси	40	3—4 балла		Маяковский	66
Цихиджвари	48	Амбролаури	84	Самтредиа	108
		Болниси	84	Телави	168
		Гачедиди	122		
		Гегенкори	120	2—3 балла	
		Джава	78	Кировакан	133
Агара	33	Дидикони	114	Кварели	192
Аспиндза	39	Дманиси	78	Лагодехи	132
Ахалхе	42	Душети	108	Ленинакан	126
Баралети	36	Лешингори	90	Сагареджо	150
Сурами	24	Марнеули	114	Сигнахи	198
Табатсури	24	Манглиси	72	Степанаван	114
Удз	24	Махорджи	102	Тланети	132
Харагаули	35	Мцхета	102	Цхакая	132
Халгури	24	Они	90	Целенджиха	144
		Рустави	126	Чахагури	114
4 балла		Тбилиси	90		
Квемо-Бонгури	35				

1. Н. В. Швалин. Замечания о преобладании периодов, очаге и спектре сильного землетрясения. — Вопросы инж. сейсмологии, вып. 14. М., «Наука», 1974.
2. Н. В. Швалин. Определение глубины очага землетрясения по его личностности и макросейсмическим данным (на примере землетрясения по его личностности Ин-та геофиз. АН Груз. ССР, т. 20. Тбилиси, 1959.
3. В. А. Быховский, К. С. Загрия, С. В. Медведев и др. Сейсмостойкие сооружения за рубежом. М., Госстройиздат, 1968.
4. N. Atbraves, A. Zatorok. The Yarto Earthquake (Anatolia) Earthquake of 19 August 1966. Summary of a Field Report. — Bull. Seismol. Soc. Amer., 1968, v. 58.
5. Г. Н. Карцадзе, С. В. Медведев, Ш. Г. Налетасридзе. Сейсмостойкое строительство за рубежом. Госстройиздат, 1962.
6. А. Г. Назаров. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 1959.
7. Л. Н. Магатадзе. Результаты анализа последствий зембалльных землетрясений в Грузии. — Инф. бюлл. Госстроя Грузинской ССР, 1962, № 5.
8. Л. Н. Магатадзе. Пути повышения сейсмостойкости кирпичных зданий. Совершенствование методов расчета и конструирования зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах. Тбилиси, 1967.
9. Указания по определению прочности сцепления в кирпичной кладке СН 381-67. М., Госстройиздат, 1968.
10. А. Л. Тураш, Ш. А. Джабуа. Сейсмостойкость кирпичных и крупнооблочных зданий. Тбилиси, 1970.
11. А. М. Дани. Математическая статистика и техника. М., Изд-во АН СССР, 1949.

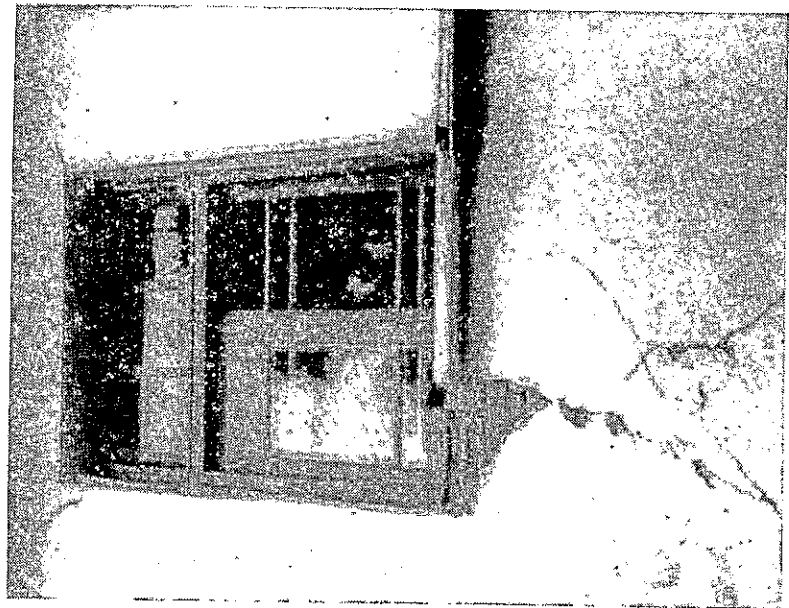


Рис. 4. Повреждение торцевой стены одноэтажного каменного здания в пос. Лареби

Таким образом, величина предела прочности нормального сцепления составляет $0,18 \text{ кг/см}^2$ при коэффициенте вариации 50%. Аналогично предел прочности касательного сцепления составляет $0,47 \text{ кг/см}^2$ при коэффициенте вариации 40%. По этим данным и были рассчитаны элементы здания.

Интенсивность землетрясения, на основе оценки ее различными группами исследователей, была принята 7 баллов. При указанной балльности расчетные сейсмические силы, приходящиеся на рассматриваемые простенки первого этажа и подсчитанные на основе норм, составляют $1,8 \text{ т}$. Сопоставление этих величин показывает, что несущая способность простенков при скатывании превышает приходящие на них сейсмические нагрузки — $7,8 : 1,8 = 4,3$ раза. Аналогичное сопоставление для простенков стены В—В дает $14 : 3,4 = 4,1$.

Таким образом, на основе достаточно достоверной оценки несущей способности элементов здания следует предполагать, что действительные ускорения, вызвавшие трещины в простенках, значительно превосходили ускорения, приписываемые данному баллу по шкале. По-видимому, в данном случае ускорение в элементах здания достигло $0,1 \text{ g}$.

Весьма вероятно, что увеличение ускорений в рассматриваемом здании на общем фоне более умеренных повреждений построек было обусловлено рельефом и микрогеологическими особенностями площадки.