

Теоретические изосейсты для сильных землетрясений на территории Дагестана

О. А. Асманов, М.Г. Даниялов, Р.А. Левкович
ДО ФЦПЗ ГС РАН

В связи с проблемой детального сейсмического районирования территории Дагестана исследуются распределения интенсивности сотрясений от сильных землетрясений. Изосейсты землетрясений с очагами в земной коре, как правило, имеют форму вытянутых импульсов, отражая особенности строения земной коры, влияющих на характер сейсмического излучения.

На основании совместного анализа инструментальных и макросейсмических данных о сильных землетрясениях Дагестана за период с 1667 по 1999гг. построена сводная карта изосейст землетрясений с интенсивностью в эпицентре 6 баллов и более. Исходным материалом послужил новый каталог сильных землетрясений на территории СССР (1) и макросейсмические данные для территории Дагестана не вошедших в этот каталог, а также архивные материалы ОМП.

На сводной карте изосейст (рис.1), приведены изосейсты шестого и более высоких баллов согласно таблицы 1.

Таблица 1. Каталог сильных землетрясений Дагестана.

№ п/п	Дата	Время ч/м	Эпицентр		Глубина, Н, км	M _{ЛН}	J ₀
			φ	λ			
1	17.12.1667		41,70	47,3	30	6,5	8
2	09.03.1830	11-22	43,07	46,61	16	6,3	8-9
3	16.07.1878	16-45	43,08	46,60	8	4,2	6
4	16.10.1886	08-35	43,35	46,30	30	5,8	6-7
5	20.02.1906	20-54	41,50	48,40	75	5,9	6
6	12.03.1909	05-30	41,60	48,20	22	4,7	7
7	25.03.1913	14-03	42,00	48,00	70	5,7	7
8	09.04.1935	19-59	41,65	48,72	90	6,3	6
9	29.06.1948	16-09	41,60	46,40	48	6,1	7
10	30.08.1948	21-43	41,90	48,00	31	5,4	6
11	09.11.1950	07-32	43,18	46,01	23	5,0	6
12	21.04.1954	09-57	42,80	45,80	18	4,9	6
13	06.05.1958	04-15	43,14	47,77	5	5,5	8
14	21.03.1960	00-02	42,90	47,70	8	4,6	7
15	17.01.1965	02-13	43,17	47,14	12	4,1	6
16	02.03.1960	02-37	42,95	45,71	16	4,2	7
17	20.04.1966	16-42	41,65	47,90	16	5,4	8
18	14.05.1970	09-20	42,99	47,11	17	5,7	7-8
19	14.05.1970	18-12	43,00	47,09	13	6,6	9
20	14.05.1970	18-15	43,00	46,90	9	5,5	7
21	04.08.1974	15-06	42,20	45,90	23	5,1	6-7
22	13.11.1974	02-36	42,68	46,55	7	4,7	7
23	23.12.1974	05-27	42,95	46,83	6	5,0	7
24	09.01.1975	23-09	42,82	47,13	8	5,3	8
25	20.06.1975	13-53	42,58	48,00	8	4,3	6
26	10.08.1975	03-17	41,58	47,75	6	3,8	6
27	20.10.1975	03-19	41,70	48,00	9	4	6
28	14.07.1977	16-35	42,67	47,28	8	4,5	6
29	26.05.1978	13-43	41,83	46,37	50	5	6
30	03.05.1988	09-15	42,32	47,75	10	4,8	7
31	03.01.1990	08-25	42,12	48,19	4-7	4,7	7
32	31.01.1999	05-08	43,11	47,02	17	5,6	7

Изучение материалов макросейсмического проявления территории Дагестана землетрясений и использование их применительно к задаче сейсмического районирования сопряжено с определенными трудностями, которые вызваны следующими обстоятельствами:

Эпицентральные области сильнейших (Каспийское морское) землетрясений располагаются на дне глубоководных бассейнов Каспийского моря и малодоступных для непосредственного исследования.

Из-за отсутствия макросейсмических сведений трудно уверенно определить форму и ориентацию изосейст.

Таким образом, обобщение макросейсмического материала для Дагестанской эпицентральной зоны требует специфических способов и интерпретации.

В настоящей работе применяли предложенный Н.В.Шебалиным (1968) и заключающийся в обобщении макросейсмического материала с помощью теоретических изосейст. При таком подходе необходимо предварительно знать:

Региональные значения коэффициентов уравнения макросейсмического поля.

В нашей работе использованы коэффициенты уравнения макросейсмического поля, полученного по материалам 31 наиболее изученных на территории Дагестанского землетрясения.

$$J_i = 1,35M_{ЛН} - 3,6 \lg R + 3,95,$$

где J_i - интенсивность сотрясений в баллах >4

R - гипоцентральное расстояние;
 M_{LH} - магнитуда землетрясений.

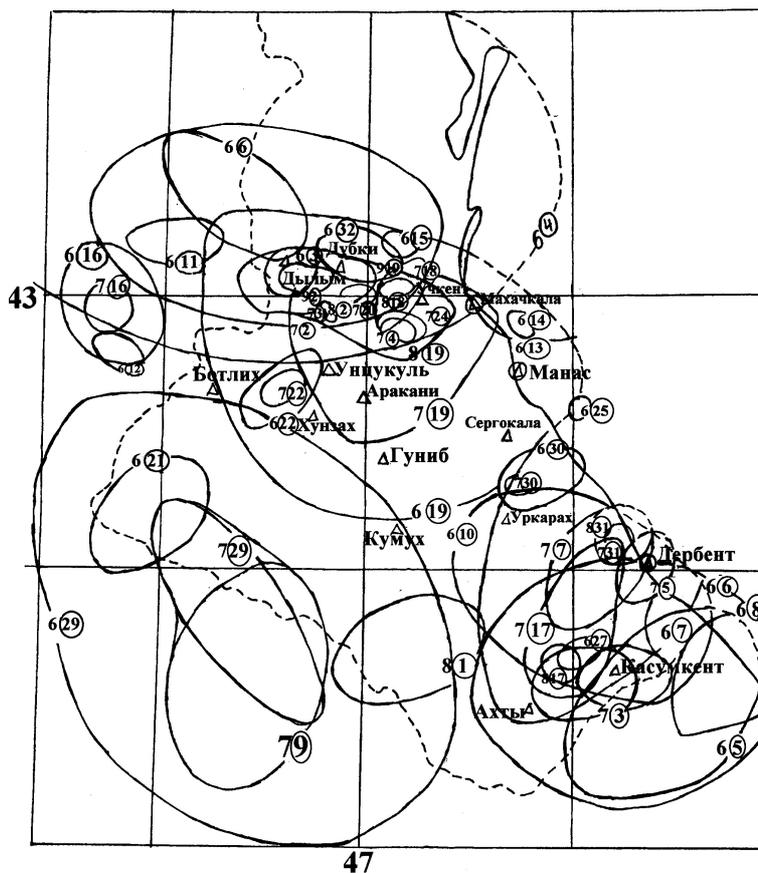


Рис.1. Изосейсты сильных землетрясений на территории Дагестана (1667-1999гг.)

Исследование очаговых зон большинства Дагестанских землетрясений с $M \geq 4$ показали, что форма их, прослеженная по форме афтершоков, представляет собой более или менее вытянутый эллипс, ориентация большой оси которого может быть различной.

Расчёт теоретических изосейст построена эллиптическая с большой осью, ориентированной по азимуту простирания плоскости разрыва и ее длина принято равной $2D = l + 2h_u$, где $l_{км}$ определена по формуле Шебалина (1974):

$$\lg l_{км} = 0,5M_{LH} - 1,8 \quad \text{при } M_{LH} \leq 5; \quad \lg l_{км} = 0,7M_{LH} - 2,8 \quad \text{при } M_{LH} > 5;$$

Длина малой оси $2K$ принята равной $2h_u$; где h_u - глубина очага по инструментальным данным.

Длины осей последующих изосейст вычислены по формулам:

$$J_0 - J_i = v \lg \frac{2D_i}{1 + 2h_u} \quad J_0 - J_i = v \lg \frac{K_i}{h_u},$$

где v - коэффициент затухания, равной в нашем случае 3,6.

Теоретические изосейсты приведены на рисунке 2 построены в виде концентрических окружностей, центр которых совмещен с эпицентром землетрясения, определенным по инструментальным и макросейсмическим данным. Для построения сводной карт изосейст на рисунке 2 взяли средние радиусы от длинной и коротких осей согласно каталоге таблице 2 по формуле:

$$r = \sqrt{r_{II} \cdot r_{I}}$$

Таким образом были рассчитаны теоретические изосейсты $M_{LH} \geq 4,1$; $J_0 \geq 5$ баллов для 60 сильных землетрясений и наиболее изученных Дагестанских землетрясений. Мы приводим теоретических сводных изосейст землетрясений произошедшие в Дагестане в период 650-1994 гг. рис.2.

Приведенные рис.1, 2 показывают, что использование теоретических изосейст в сопоставлении с материалами натуральных наблюдений, позволяет составить представление о протяженности зоны каждого балла в тех районах, где макросейсмические наблюдения невозможны или не полны. Кроме того, теоретические изосейсты дают возможность оценить макросейсмический эффект даже тех землетрясений, сведения об ощущаемости которых вообще отсутствовали. Наконец с помощью теоретических изосейст можно оценить ожидаемый эффект гипотетических землетрясений, возникновение которых прогнозируется тем или иным способом.

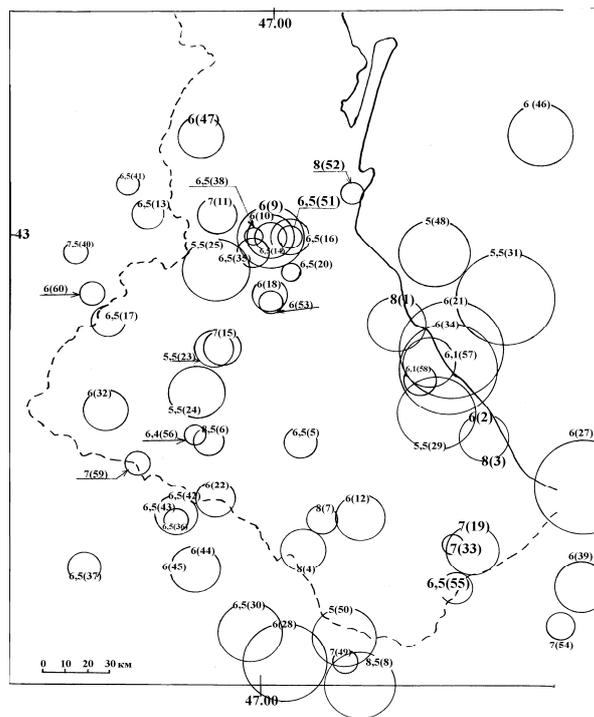


Рис.2. Теоретические изосейсты землетрясений прошедшие в Дагестане 1650-1999 гг.

Каталог сильных землетрясений Дагестана для построения теоретических изосейст.

№ п/п	Дата	Время ч/м	Эпицентр		Глубина, Н, км	M _{ЛН}	J ₀
			φ	λ			
1	650		42,60	47,70	20	6,1	8
2	750		42,10	48,20	20	4,9	6
3	918		42,10	48,20	20	6,1	8
4	1250	12-50	41,60	47,20	15	5,7	8
5	1622	20-00	42,10	47,20	15	5,1	6,5
6	8.06.1652	20-00	42,10	46,70	10	5,8	8,5
7	17.12.1667		41,70	47,30	30	6,5	8
8	11.01.1671	12-00	41,00	47,50	25	6,3	8,5
9	1735		43,00	47,00	20	4,9	6
10	1738		43,00	47,00	20	4,9	6
11	1742		43,10	46,70	15	5,2	7
12	1764		41,70	47,50	20	5,1	6
13	23.02.1785	01-02	43,10	46,30	16	5,0	6,5
14	25.06.1830	20-45	43,00	47,00	15	4,8	6,5
15	12.03.1844	12-03	42,50	46,70	15	5,3	7
16	18.07.1863	17-60	43,00	47,10	16	5,0	6,5
17	28.08.1865	10-50	42,60	46,10	16	4,8	6,5
18	14.05.1876	01-10	42,70	47,00	15	4,8	6
19	04.05.1878		41,60	48,10	20	5,7	7
20	19.07.1882	10-08	42,80	47,10	6	4,1	6,5
21	26.06.1889	12-45	42,50	48,00	42	5,9	6
22	14.05.1890		41,80	46,70	15	4,5	6
23	02.07.1893	01-15	42,50	46,70	15	4,9	5,5
24	19.12.1899	18-40	42,30	46,60	25	4,9	5,5
25	06.02.1901	15-10	42,80	46,70	22	4,8	5,5
26	21.02.1902	06-21	41,80	48,80	18	5,6	7
27	05.07.1903	21-54	41,80	48,70	40	5,5	6
28	02.09.1903	22-12	41,10	47,10	36	5,0	6
29	05.12.1906	18-51	42,20	47,90	22	4,7	5,5
30	19.01.1907	22-11	41,20	46,00	28	5,0	6,5
31	21.08.1907	05-11	42,70	48,30	43	5,3	5,5
32	27.05.1908	01-35	42,20	46,10	19	4,9	6
33	12.03.1909	05-30	41,60	48,00	7	4,6	7
34	30.10.1909	17-36	42,40	48,00	40	5,8	6
35	09.02.1914	21-17	42,90	46,90	14	4,9	6,5
36	16.04.1924	04-21	41,70	46,50	10	4,6	6,5

37	14.05.1927	20-29	41,50	46,00	13	4,7	6,5
38	29.10.1930	01-44	43,00	46,90	5	4,4	6,5
39	5.12.1930	05-57	41,40	48,70	24	5,2	6
40	24.10.1933	16-24	42,90	45,90	10	5,2	7,5
41	25.10.1933	06-07	43,20	46,20	10	4,8	6,5
42	02.09.1936	10-01	41,70	46,50	17	4,7	6,5
43	02.09.1936	10-01	41,70	46,50	17	4,7	6,5
44	02.09.1936	11-57	41,50,	46,60	21	4,9	6,0
45	02.09.1936	13-12	41,50	46,60	22	5,3	6,0
46	19.11.1943	03-11	43,40	48,50	20	5,0	6,0
47	9.11.1948	07-32	43,40	46,60	19	5,0	6,0
48	27.02.1953	20-30	42,90	47,90	30	4,9	5,0
49	02.09.1953	00-36	41,10	47,40	5	4,9	7,0
50	16.09.1953	11-15	41,20	47,40	28	4,8	5,0
51	05.08.1955	10-20	43,00	47,20	9	4,8	6,5
52	06.05.1958	04-15	43,13	47,77	5	5,5	8,0
53	04.06.1960	12-28	42,70	47,00	9	4,3	6,0
54	20.12.1971	01-29	41,23	48,55	5	5,3	7
55	20.12.1971	01-41	41,40	48,01	12	4,9	6,5
56	05.05.1987	10-40	42,40	46,53	25	4,8	6,4
57	03.05.1988	08-41	42,40	47,80	15	4,8	6,1
58	03.05.1988	08-43	42,30	47,80	15	4,8	6,1
59	07.04.1991	08-01	41,98	46,30	10	4,6	7,0
60	10.04.1994	13-40	42,68	45,98	15	4,7	6,0

Таким образом, потенциальные возможности использования теоретических изосейст довольно велики, однако для эффективного их применения методику необходимо несколько усовершенствовать. В частности, полезно попытаться рассчитать теоретические изосейсты с учетом реальной ориентации очага землетрясения относительно дневной поверхности.

Литература.

1. Шебалин Н.В. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании. – Сейсмическое районирование СССР. М., «Наука», 1968.- С. 95-111.
2. Шебалин Н.В. Определение глубины очага землетрясения по его магнитуде и макросейсмическим данным. Труды Института геофизики АН Грузинской ССР, 18, 1959.- С. 159-169.

О возможности прогнозирования землетрясений по площадным наблюдениям микросейсмической эмиссии

Д.Г. Таймазов

ИГ ДНЦ РАН, dangeoprog@iwt.ru

Критически анализируя состояние дел в области прогноза землетрясений, мы в ряде работ [1-5] обосновали целесообразность перехода от статистических методов оценки сейсмической опасности к детерминистическим. Идеологической базой детерминистического подхода являются общепринятые представления о сейсмическом процессе как о циклически чередующихся стадиях накопления и релаксации механических напряжений в горных породах, сопровождаемых сейсмическим излучением. Основным видом наблюдений, по которым решается обратная задача – задача прогноза землетрясений – является в этом подходе деформационные наблюдения и в первую очередь тех компонентов деформационного поля, которым свойственно изометричное (в идеале – сферически симметричное) распределение вокруг очаговой зоны (ОЗ). К таковым относятся объемные деформации, модули максимальных линейных деформаций и сдвиговые деформации. В упомянутых работах мы сосредоточились на сдвиговых деформациях, которые в подавляющем большинстве случаев ответственны за разрушения горных пород, сопровождаемые сейсмическим излучением. В частности, теоретически было показано, что по площадным наблюдениям сдвиговых деформаций \mathcal{E}_τ (или касательных напряжений τ) можно осуществить долго- и среднесрочный прогноз места и силы землетрясения.

Целью настоящей работы является рассмотрение возможности замены трудоемких и дорогостоящих деформационных наблюдений в предложенном подходе к сейсмопрогнозу регистрацией микросейсмической эмиссии, наиболее тесно связанной с деформационными процессами. Для этого воспроизведем здесь приведенные в [1-5] теоретические выкладки, поскольку в дальнейшем изложении нам потребуются помимо окончательных также некоторые промежуточные формулы.