

СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ (без Дагестана)**И.П. Габсатарова**

В 1998 г. система сейсмических наблюдений на Северном Кавказе оставалась в основном прежней [1]. Она состояла: из 7 станций («Анапа», «Белый Уголь», «Махачкала», «Пятигорск», «Сочи», «Цей» и «Гофицкое»), оснащенных аналоговым оборудованием, включающим короткопериодные сейсмографы СКМ-3; станции «Кисловодск» (KIV) с цифровой регистрацией (комплект оборудования IRIS); четырехкомпонентной микрогруппы «Кисловодск»; пяти пунктов наблюдений радиотелеметрической системы сбора («Кисловодск», «Гум-Баши», «Шитжатмас», «Куба-Таба», «Нагутская»), записывающих события в триггерном режиме. Наиболее подробно сведения об этих станциях описаны в [2]. Кроме того, в Обнинск регулярно поступали из Дагестанской Опытно-методической сейсмологической партии (ОМСП) результаты обработки регистрирующих станций [3] в виде предварительных бюллетеней землетрясений для восточной части Северного Кавказа. Тем не менее, как и в 1997 г., данных для уверенной локализации землетрясений в западной части и на севере центральной и восточной частей территории Северного Кавказа было недостаточно. Расчетная чувствительность станций, исходя из аппаратурных параметров и, соответственно, сети в целом, оставалась прежней [1].

В результате сводной обработки составлен каталог [4] из 361 землетрясения Северного Кавказа с $K_p=5.4-11.8$, в том числе и землетрясений его восточной части, произошедших в основном на территории Дагестана, обработка которых традиционно проведена Дагестанской ОМСП ГС РАН по наблюдениям их сети станций [3]. На рис. 1 показаны эпицентры землетрясений, приведенных в каталоге [4].

Методика сводной обработки в 1998 г. по районам [5], по сравнению с таковой в [1], не изменилась. В основном она базировалась на использовании комплекса программ НУРО-71 [6] и местных скоростных разрезов земной коры [7–9], которые в [10] были осреднены для отдельных частей Северного Кавказа – западной, центральной и восточной. Для землетрясений с $K_p > 7$ определен энергетический класс K_p по номограмме Т.Г. Раутиан [11] и для многих из них – магнитуда M_{PVA} с использованием калибровочной функции для Кавказа [12]. Классификация более слабых землетрясений, регистрируемых в пределах Кавминводского полигона, проводилась по длительности колебаний на записи с оценкой магнитуды M_d , определяемой по формуле из [6]:

$$M_d = 0.87 + 2.0 \lg \tau - 0.0035 \Delta + (\delta M_d)_{ст},$$

где τ – длительность записи землетрясения в секундах, равная $F - t_p$ (t_p – время вступления P -волн, F – время, после которого амплитуда полезной записи не превышает уровня двойной амплитуды помех до начала записи землетрясения), Δ – эпицентрально-расстояние в км, $(\delta M_d)_{ст}$ – станционная поправка. Пересчет магнитуд M_d в энергетические классы K_p проводился по уравнению из [13]:

$$K_p \pm 0.6 = 2.16 + 1.96 M_d.$$

Распределение землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам дано в табл. 1.

Сейсмическую обстановку в 1998 г. на Северном Кавказе можно оценить как относительно спокойную, как и в 1997 г. [1]: не происходило землетрясений, значительных по магнитуде (превышающих $M_S=4.5$) и ощутимости ($I=6$ и более баллов). Преобладали слабые толчки в виде рассеянной сейсмичности, на фоне которой проявлялись отдельные землетрясения, приведшие к умеренным сотрясениям. Однако общая выделившаяся сейсмическая энергия составила $\Sigma E = 3.86 \cdot 10^{12}$ Дж, что почти в три раза выше суммарной энергии, выделившейся в очагах всех землетрясений в 1997 г. ($\Sigma E = 1.42 \cdot 10^{12}$ Дж [1]). Рассмотрим сейсмичность территории Северного Кавказа более детально в направлении с запада на восток.

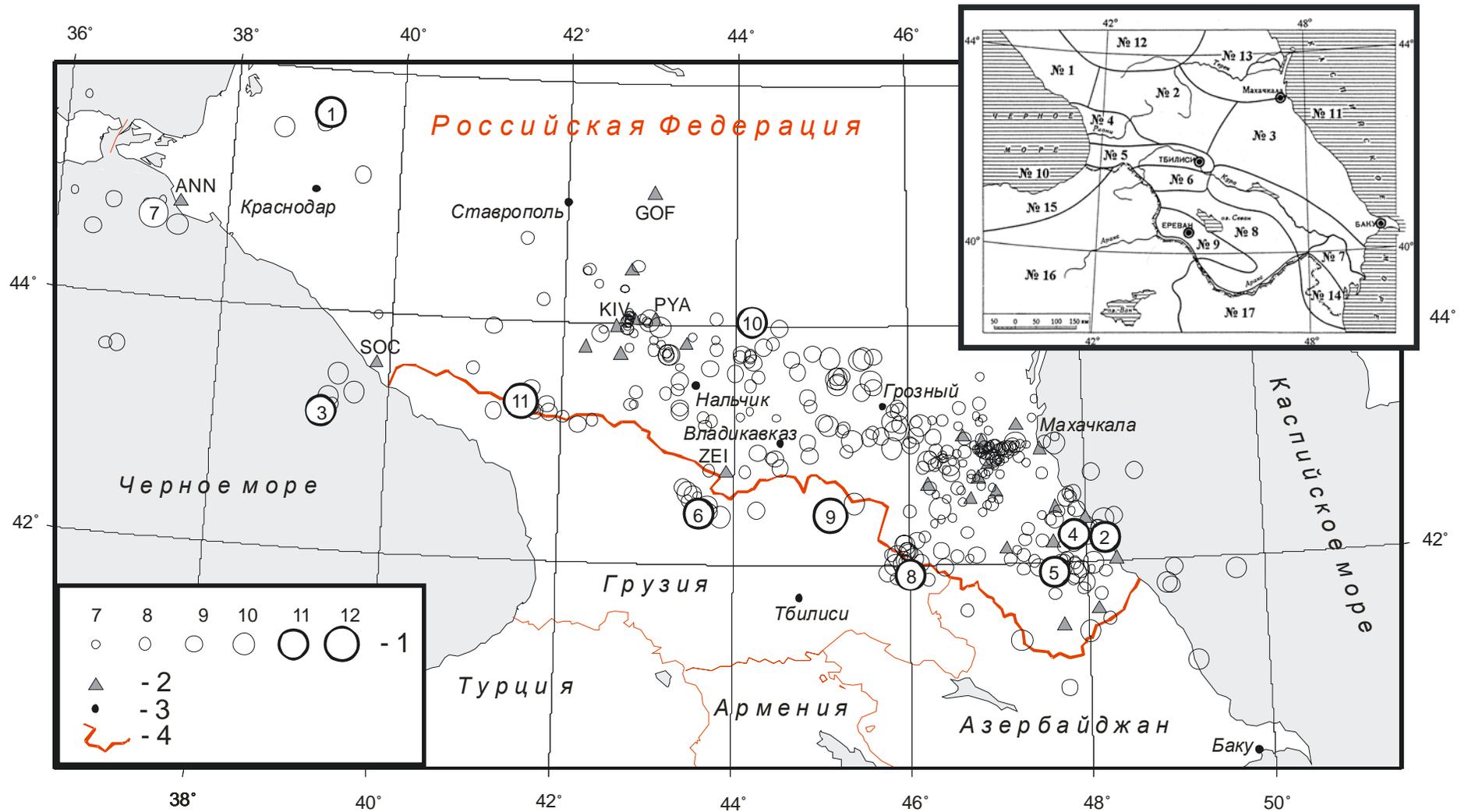


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа за 1998 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция; 3 – населенный пункт; 4 – государственная граница. Числа внутри эпицентров соответствуют номерам землетрясений в каталоге [4]. На врезке сверху: границы районов №№ 1–17 региона Кавказ по [5].

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам

№	Название района	K_p								N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{11}$, Дж
		5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Западный Каказ	-	3	4	6	12	-	1	-	26	3.294
2	Центральный Кавказ	-	2	7	20	7	4	1	-	41	2.688
3	Восточный Кавказ	2	28	49	56	33	15	4	1	188	15.689
10	Черное море	-	-	-	1	3	4	1	1	10	5.691
11	Каспийское море	-	-	1	2	5	5	-	-	13	0.674
12	Ставропольская возвышенность	-	5	16	8	2	1	-	-	32	0.128
13	Восточное Предкавказье	-	-	7	19	16	7	1	-	50	1.349
	Всего	2	33	84	112	78	36	8	2	360	29.513

Примечание. Номера и названия районов соответствуют [5].

В западной части исследуемой территории, включающей районы № 1, 10, наблюдалось примерно такое же число землетрясений, что и в 1997 г., но их суммарная энергия более чем на порядок превысила соответствующий уровень в 1997 г. в этой части Северного Кавказа. Отмечается и значительное число землетрясений, ощутимых в населенных пунктах Краснодарского края.

Особенно интересен район, который можно отнести в тектоническом плане к сочленению структур Предкавказской эпигерцинской платформы – Западно-Кубанского краевого прогиба и Тимашевской ступени [14]. Здесь в районе № 1 15 февраля в 17^h37^m произошло землетрясение (1 на рис. 1) с $K_p=10.6$, которое ощущалось с интенсивностью в 4–5 баллов в станице Динская и г. Тимашевск, 3–4 балла – в Краснодаре и Усть-Лабинске, 2–3 балла – в г. Кропоткине [4]. Оно сопровождалось афтершоками, но параметры удалось определить при сводной обработке по сети станций лишь для одного из них с $K_p=8.7$ (16 февраля в 06^h11^m). В этом месте и ранее происходили землетрясения, имевшие магнитуду 3 и более. Самое сильное из известных отмечено 18 августа 1896 г. [15] с $M=4.7$ и $I_0=6$ баллов. В XX в. в радиусе примерно 100 км от этого эпицентра произошли следующие землетрясения: 07.11.1902 г. – в 14^h08^m с $M=3.8$; 22.12.1968 г. – в 14^h08^m с $M=3.9$; 14.12.1978 г. – в 05^h08^m с $M=4.4$, $K_p=11.0$ и в 13^h45^m с $M=3.3$, $K_p=10.0$ [15]; 17.07.1990 г. – в 13^h15^m с $M=4.3$, $K_p=11.8$ [16]; 09.10.1997 г. – в 19^h45^m с $M=3.1$, $K_p=9.6$ [1]. Их магнитуды не превышали 4.4.

Второй, не менее интересный и значимый район в западной части Северного Кавказа, – это участок Черноморского побережья вблизи г. Сочи и прилегающая часть акватории. Здесь с XIX в. известны «Сочинские рои» относительно слабых землетрясений, некоторые из которых ощутимы в населенных пунктах побережья. Предыдущий рой в этом районе зарегистрирован 29 апреля 1993 г. [17]. По имеющимся в [15] сведениям, представленным в табл. 2, один раз в столетие здесь происходят землетрясения с магнитудой выше 5 и интенсивностью сотрясений до 7–8 баллов (в 1870 и 1970 гг.).

Временной ряд «Сочинских роев» в табл. 2 дополнился в 1998 г. майским роем землетрясений, начало которому положило землетрясение (3) с $K_p=11.1$ (3 на рис. 1), реализовавшееся 1 мая в 15^h14^m на глубине $h=10$ км. Интенсивность сотрясений в его эпицентре, рассчитанная по уравнению макросейсмического поля для Северного Кавказа из [18]

$$I_0 = 1.6M - 3.1 \lg r + 2.2,$$

составила $I_0=4-5$ баллов. Оно ощущалось с интенсивностью в 3–4 балла в Сочи, Дагомысе, Лоо, Лазоревском. В дальнейшем в течение 1–2 мая сейсмической станцией «Сочи» зарегистрировано 9 толчков этого роя, но только три из них удалось локализовать. Они ощущались в г. Сочи с интенсивностью в 3 балла. Землетрясения роя 1998 г. приурочены к Черноморскому разлому [19]. Этот рой является самым южным среди известных вблизи Сочи (табл. 2).

Кроме того, в западной части территории следует отметить еще два ощутимых землетрясения, произошедшие 21 июня в 12^h47^m с $K_p=8.7$ и 26 июня в 02^h24^m с $K_p=9.7$ в Черном море (район № 10) вблизи г. Анапа. Первое из них ощущалось с интенсивностью 3–4 балла в Анапе и в 1–2 балла – в Новороссийске; второе – в Анапе, Абрау-Дюрсо, Новороссийске – 4–5 баллов, Варваровке, Сукко, Утрише – 3–4 балла, Гайкадзоре – 3 балла. Согласно тектонической схеме Е.А. Рогожина [19], эти землетрясения можно отнести к Анапскому разлому.

Таблица 2. Список максимальных землетрясений в известных «Сочинских роях»

№	Дата, д м год	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	M	I_0 , балл
			φ°, N	λ°, E			
1	12.08.1869	18	43.6	39.7	10	3.7	5
2	07.07.1870	09 36	43.6	39.9	10	4.8	7–8
3	05.01.1870	07 20	43.6	39.9	13	5.3	7–8
4	05.01.1879	06 10	43.9	40.4	14	4.1	5–6
5	28.01.1909	00 54	43.7	40.2	7	3	6
6	09.10.1912	09 25	43.7	39.5	5	2.9	5
7	10.10.1912	22 39	43.7	39.5	5	3.2	5–6
8	13.10.1912	09 15	43.7	39.5	5	3.4	6
9	29.10.1912	06 13	43.6	39.6	6	3.7	6
10	18.10.1935	10 38 11	44.0	39.3	4	3.4	6
11	14.12.1936	18 15 38	44.1	39.1	7	4.3	7
12	16.03.1937	16 50 28	43.6	39.7	10	3.6	5
13	04.06.1937	20 33 44	44.4	38.6	7	4.0	6–7
14	12.11.1954	11 27 40	43.9	40.9	17	4.6	6
15	25.09.1959	07 18 37	43.8	39.4	5	4.3	7
16	06.03.1963	07 16 21	44.3	39.6	13	3.3	–
17	07.11.1970	19 14 58	43.7	39.5	9	4.0	6
18	04.12.1970	01 59 25	43.84	39.34	7	5.8	7–8
19	26.01.1971	22 48 27	43.93	39.21	10	4.1	5
20	25.01.1981	19 37 32.2	43.53	39.28	2	4.3	4
21	29.04.1993	22 52 20.2	43.6	39.74		1.5	
22	01.05.1998	15 14 26.2	43.15	39.21	10	4.0	4–5

В районе № 1, на границе с Грузией, произошла серия землетрясений, максимальное из которых было с $K_p=11.5$ (11 на рис. 1) зарегистрировано 2 декабря в 17^h40^m. Его эпицентр расположен в очаговой зоне сильнейшего девятибалльного Чхалтинского землетрясения 16.07.1963 г. с $M=6.4$ [20].

Центральная часть исследуемой территории, включающая северный фрагмент района № 2 и полностью район № 12, была более спокойной, с меньшей величиной выделившейся сейсмической энергии. В районе № 2 самым значительным ($K_p=11.3$) событием было землетрясение 8 июня в 09^h55^m (6 на рис. 1), произошедшее в приграничной с Грузией территории, в очаговой зоне Рача-Джавского землетрясения 29.04.1991 г. с $M=6.9$, $I_0=8–9$ [21]. В этой же зоне зарегистрировано землетрясение 12 ноября в 17^h57^m с $K_p=10.0$ [4]. Макросейсмических данных по этим землетрясениям нет.

На Ставропольской возвышенности (район № 12) выделилась минимальная сейсмическая энергия, хотя число землетрясений не самое меньшее. Благодаря расположению в этом районе значительного числа сейсмических станций здесь регистрировались многие слабые толчки, которые приурочены в основном к Армави́ро-Ессенту́кской разломной зоне. Наиболее заметны следующие землетрясения:

- 15 июня в 20^h18^m с $K_p=9.9$ и 19 июля в 20^h 18^m с $K_p=9.5$ вблизи г. Пятигорска (оба в 7 км), вызвавшие в городе сотрясения с интенсивностью 3–4 балла и 2–3 балла соответственно;
- 23 ноября в 04^h44^m с $K_p=10.4$, для которого макросейсмический эффект не известен.

Следует лишь заметить, что, по данным каталога Северного Кавказа [22], события такого класса происходят здесь в последние 15–20 лет с периодичностью в 2–3 года, а самое сильное из известных за всю историю произошло 05.11.1861 г. (± 1 сутки), имело магнитуду $M=4.5$ и интенсивность в эпицентре – 5 баллов [15].

Восточная часть Северного Кавказа, включающая районы №№ 3, 11, 13, была самой сейсмоактивной. Наибольшее количество сейсмической энергии выделилось в районах № 3 и № 11.

В первом из них наиболее сильным ($K_p=11.8$) было землетрясение 19 июля в 06^h06^m (8 на рис. 1), локализованное на приграничной с Чечней территории Грузии. Другое землетрясение (7 на рис. 1) с близкой энергией ($K_p=11.4$), произошедшее 7 июля в 11^h 28^m в сопредельном с Дагестаном районе Грузии, было ощутимым [23].

В этом же районе № 3 произошло ощутимое землетрясение 4 февраля в 23^h30^m с $K_p=10.3$ вблизи г. Махачкала, вызвавшее сотрясения с интенсивностью 2–3 балла в городах Махачкала,

Каспийск, Талгах [4]. Кроме того, в юго-восточной части Дагестана произошла серия относительно сильных землетрясений: (2 на рис. 1) – 18 апреля в $19^{\text{h}}47^{\text{m}}$ с $K_p=11.4$ в прибрежной части Каспийского моря; (4) – 4 мая в $01^{\text{h}}03^{\text{m}}$ с $K_p=11.0$; (5) – 2 июня в $10^{\text{h}}53^{\text{m}}$ с $K=11.1$.

В районе № 11, в акватории Каспийского моря, 23 августа в $08^{\text{h}}18^{\text{m}}$ локализовано землетрясение (9) с $K_p=11.6$, параметры которого определены по данным сети станций Дагестана [3].

В районе № 13 наиболее сильным ($K_p=10.6$) было землетрясение (10), отмеченное 8 октября в $21^{\text{h}}18^{\text{m}}$ в 30 км севернее г. Прохладный. В тектоническом плане оно приурочено к зоне сочленения Терско-Каспийского передового прогиба с Ногайской ступенью [14].

Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П., Девяткина Л.В. Северный Кавказ (без Дагестана) // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 59–62.
2. Старовойт О.Е., Мишаткин В.Н. Сейсмические станции Российской академии наук (состояние на 2001 г.). – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – 86 с.
3. Даниялов М.Г., Левкович Р.А., Османов О.А., Мирзалиев М.М., С.Р. Амиров. Дагестан (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб. на CD).
4. Габсатарова И.П., Амиров С.Р. (отв. сост.), Селиванова Е.А., Девяткина Л.В., Мусалаева З.А., Гамидова А.М., Сагателова Е.Ю., Абдуллаева А.Р. Северный Кавказ (включая Дагестан) (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
5. Цхакая А.Д., Джигладзе Э.А., Папалашвили В.Г., Султанова З.З., Лебедева Т.М., Табуцадзе Ц.А., Дарахвелидзе Л.К., Кахиани Л.А., Лабадзе Л.В., Алимамедова В.П. Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1969 году. – М.: Наука, 1973. – С. 19–28.
6. Lee W.H.K., Lahr J.C. HYPO-71 (Revised) A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion patting of local earthquakes. USGS Survey open-file report. – 1975. – June. – P. 75–311.
7. Мурусидзе Г.Я. Строение земной коры и верхней мантии в Грузии и сопредельных районах по сейсмологическим и сейсморазведочным данным. – Тбилиси: Мецниереба, 1976. – 170 с.
8. Краснопевцева Г.В. Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. – М.: Недра, 1984. – 112 с.
9. Файтельсон А.М. и др. Отчет о сейсмических работах партии № 48 СРГЭ НПО «Нефтегеофизика» в 1980–1982 гг. М.: Фонды ВГФ, 1982.
10. Захарова А.И., Габсатарова И.П. Сейсмологические наблюдения и обработка данных на Северном Кавказе // Современное состояние сейсмических наблюдений и их обобщение (Методические работы ЕССН, Вып. 4). – Минск. Наука, 1993. – С. 51–55.
11. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
12. Соловьёва О.Н., Агаларова Э.Б., Алимамедова В.П., Гасанов А.Г., Геодакян Э.Г., Гюль Э.К., Дарахвелидзе Л.К., Петросян М.Д., Фабрициус З.Э., Хромецкая Е.А. Калибровочные функции для определения магнитуды кавказских землетрясений по короткопериодной волне P на малых эпицентральных расстояниях // Интерпретация сейсмических наблюдений. – М.: МГК АН СССР, 1983. – С. 65–72.
13. Габсатарова И.П., Девяткина Л.В. Северный Кавказ (без Дагестана) // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 35–38.
14. Летавин А.И. и др. Тектоника и нефтегазоносность Северного Кавказа. – М.: Наука, 1987. – С. 11–27.
15. Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебакин Н.В., Вандышева Н.В.9 (отв. сост.). П б. Кавказ [50–1974 гг., $M \geq 4.0$, $I_0 \geq 5$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 69–170.
16. Папалашвили В.Г. (отв. по региону), Агаларова Э.Б. (АзССР), Кахиани Л.А. (ГрССР), Габсатарова И.П. (ОМЭ ИФЗ АН СССР), Мусалаева З.А. (ОМП ГИ Дагфил АН СССР), Саргсян Г.В. (АрмССР). Кавказ (региональный каталог землетрясений) // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М.: ОИФЗ РАН, 1996. – С. 141–145.
17. Габсатарова И.П. Землетрясения Северного Кавказа (без Дагестана) // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: НИИ-Природа, 1999. – С. 34–39.

18. Айвазашвили И.В., Варазанашивили О.Ш., Ляхова Н.Г., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В. Уравнение макросейсмического поля Северного Кавказа // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 26.
19. Рогожин Е.А. Карта важнейших разломов Кавказского региона // Личный архив – М.: ИФЗ РАН, 1999. – 1 лист.
20. Цхакая А.Д., Махатадзе Л.Н., Табидзе Д.Д. Чхалтинское землетрясение 16 июля 1963 г. // Землетрясения в СССР в 1963 году. – М.: Наука, 1966. – С. 37–55.
21. Папалашвили В.Г., Варазанашивили О.Ш., Гогмачадзе С.А., Заалашвили В.Б., Кипиани Д.Г., Махатадзе Л.Н., Мухадзе Т.Г., Чачава Т.Н., Айвазашвили И.В. Рача-Джавское землетрясение 29 апреля 1991 г. // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: ОИФЗ РАН, 1997. – С. 18–25.
22. Габсатарова И.П. (отв. сост.), Девяткина Л.В., Селиванова Е.А., Каменская О.П. Электронный вариант текущего каталога землетрясений Северного Кавказа за период 63 г. до н.э. – 2004 г. Обнинск: Фонды ЦОМЭ ГС РАН. – 2004. – 173 с.
23. Папалашвили В.Г. Чикаанское землетрясение 7 июля 1998 года с $MLH=4.1$; $I_0=5-6$ (Грузия) (См. раздел II (Макросейсмические обследования) в наст. сб.).