

СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ

И.П. Габсатарова, Л.В. Головкова, Л.В. Девяткина, Е.В. Артёмова, Н.М. Лещук,

О.П. Каменская, Е.А. Селиванова, Г.В. Цирихова

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, ira@gsras.ru

Сейсмический мониторинг Северного Кавказа проводился в 2011 г., как и ранее [1–3], на территории нескольких административных его единиц – Краснодарского и Ставропольского краев, Республики Кабардино-Балкария, Республики Ингушетия, Чеченской Республики, Республики Северная Осетия–Алания, Республики Дагестан, а также акваторий Азовского, Чёрного и Каспийского морей.

Сейсмическая сеть в 2011 г. в регионе в целом, включая станции Дагестана, описанная в [4], представлена в [5]. Она насчитывала 51 станции, 40 из которых были оснащены цифровым оборудованием. По сравнению с сетью в 2010 г. [3], произошли изменения, коснувшиеся расширения сети в западной части региона: 31 июля 2011 г. открыта новая станция «Лазаревское», которая продолжила развитие сети российского Причерноморья в период широко развернувшихся работ по строительству народнохозяйственных объектов в преддверии Олимпиады-2014 в Сочи. В восточной части 1 июля 2011 г. открыта новая станция «Ведено», оснащенная цифровым оборудованием и расположенная в высокосейсмичном районе на территории Чеченской Республики. Координаты и параметры этих станций даны в табл. 1 и 2.

Сеть Северо-Осетинского филиала ГС РАН осталась без изменения по сравнению с сетью в 2010 г.

В сети Дагестанского филиала также произошли изменения: 1 ноября 2011 г. открыта новая станция «Юрковка», оснащенная аналоговым оборудованием (табл. 2).

Таблица 1. Новые сейсмические станции ГС РАН и станции, перенесенные в 2011 г.

№	Станция		Дата открытия	Координаты		h_y , м
	Название	Код (межд.)		φ° , N	λ° , E	
1	Ведено	DVE	01.07.2011	42.957	46.126	800
2	Лазаревское	LZRR	31.07.2011	43.935	39.380	180
3	Юрковка	YRKR (рег.)	01.11.2011	44.175	46.696	-20

Таблица 2. Параметры аппаратуры новых установленных и переоснащенных станций в 2011 г. из [6]

№	Название станции	Тип АЦП и датчика	Перечень имеющихся каналов и их характеристики	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосигграф – отсчет/(м/с)
1	Ведено	UGRA + CM-3KB	SH (N, E, Z) v	0.5–20	50	24	$1.70 \cdot 10^8$
2	Лазаревское	UGRA + CM-3KB	SH (N, E, Z) v	0.5–20	50	24	$2.56 \cdot 10^8$
3	Юрковка	CM-3					

При составлении каталога землетрясений Северного Кавказа в 2011 г. для локации событий в приграничных зонах привлекались также данные пяти станций Национальной сейсмической службы Грузии: «Делиси» (TBLG), «Давид-Гареджи» (DGRG), «Они» (ONI), «Душети» (DUS), «Ахалкалаки» (AKH). Кроме того, использовались данные всех станций Крымской сети [7]. Перечисленные материалы поступали в ГС РАН по обмену или заимствовались с сайта Международного сейсмологического центра ISC (<http://www.isc.ac.uk>) [8] при уточнении локации.

В результате сводной обработки на территории Северного Кавказа (включая Дагестан), внутри государственных границ России, а также в приграничной полосе шириной 30 км

с соседними государствами (Грузией и Азербайджаном), были локализованы и включены в каталог [9] 1443 сейсмических события с $K_p=2.7-11.2$. Из них 1403 – землетрясения, а 40 событий отнесено к категории «взрыв» или «возможно взрыв» (29 из них произошли в Карачаево-Черкессии, 9 – в Кабардино-Балкарии, по одному «возможно взрыву» зарегистрировано в прибрежной части Чёрного моря и на юге Ставропольского края). Минимальный класс равен $K_{\min}=2.7$ и характеризует два микроземлетрясения 1 февраля в 17^h25^m и в 21^h39^m на севере Карачаево-Черкессии, максимальный – равен $K_{\max}=11.2$ для землетрясения 13 января в 02^h 50^m с $h=10$ км на территории Чеченской Республики и $K_{\max}=12.4$ для землетрясения 18 августа в 11^h 57^m с $h=10$ км на территории Грузии.

Методика обработки сейсмических записей и получения параметров гипоцентров сейсмических событий в основном оставалась прежней и подробно описана в [2, 10].

Общая характеристика сейсмичности. Выделившаяся на всей территории Северного Кавказа суммарная сейсмическая энергия равна $\Sigma E=2.02 \cdot 10^{13}$ Дж, что на два порядка выше, чем выделившаяся энергия в 2010 г. ($\Sigma E=9.01 \cdot 10^{11}$ Дж [3]) и на порядок ниже, чем в 2009 г. ($\Sigma E=1.64 \cdot 10^{14}$ Дж [2]) (табл. 3). Однако на такое увеличение повлияла выделившаяся энергия в сопредельных территориях Грузии и Азербайджана, а в традиционных районах Северного Кавказа она осталась на прежнем уровне по сравнению с 2009 и 2010 г.

Таблица 3. Распределение суммарной сейсмической энергии ΣE землетрясений по административным единицам территории Северного Кавказа в 2009–2011 гг.

№	Район	$\Sigma E, 10^{11}$ Дж		
		2009 г.	2010 г.	2011 г.
1	Чёрное море	0.00198	0.22990	0.62850
2	Краснодарский край	0.04115	0.25630	0.16265
3	Ставропольский край	0.02009	0.09720	0.12721
4	Карачаево-Черкессия	0.00771	0.00870	0.00165
5	Кабардино-Балкария	0.02559	0.00910	0.03344
6	Северная Осетия–Алания	0.01605	0.02070	0.01217
7	Ингушетия	0.15670	0.23130	0.17588
8	Чеченская Республика	8.26700	4.48350	3.90578
	Всего	8.53870	5.35240	5.04728
10	Дагестан	3.87900	1.36150	2.79153
11	Каспийское море	4.30000	0.77530	1.35782
12	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии	1627.13	1.52140	193.04317
	Сумма	1635.668	9.01060	202.23980

Основная масса землетрясений с $K_p \geq 6.6$, зарегистрированных в 2011 г., произошла в центральной и восточной частях Северного Кавказа (табл. 4). Карта их эпицентров изображена на рис. 1. Как и в предыдущие годы менее активна западная часть региона.

Большая часть землетрясений имела коровые глубины очагов, из них 39 % очагов локализованы на глубинах $h \leq 10$ км, 41 % – в интервале глубин $11 \leq h \leq 20$ км, 13 % – $21 \leq h \leq 30$ км, 4 % – $31 \leq h \leq 69$ км. С промежуточной глубиной очага в диапазоне глубин $h=70-177$ км на территории Чеченской Республики зарегистрировано 27 землетрясений, 3 землетрясения на территории Ингушетии и одно в Дагестане [9].

Таблица 4. Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по административным территориям в 2011 г.

№	Район	K_p											N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{11}$ Дж
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Чёрное море			1	13	10	6	2	4				36	0.62850
2	Краснодарский край		5	3	4	17	9	5	2				45	0.16265
3	Ставропольский край		19	23	15	23	10	2	1				93	0.12721
4	Карачаево-Черкессия	3	4	8	12	11	4						42	0.00165

№	Район	K_p											N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{11} Дж	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
5	Кабардино-Балкария	2	7	32	34	11	5	3						97	0.03344
6	Северная Осетия-Алания	2	3	98	57	15	9							184	0.01217
7	Ингушетия				6	25	22	3	1	1				58	0.17588
8	Чеченская Республика				32	97	62	18	7	3				219	3.90578
9	Азовское море					1								1	0.00031
	Всего	7	38	174	192	207	108	31	15	3				775	5.04728
10	Дагестан		1	6	37	74	63	23	10	2				216	2.79153
11	Каспийское море				1	13	19	11	3	1				48	1.35782
12	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии		1	55	137	85	47	29	8	1	1			364	193.04317
	Сумма	7	40	235	367	379	237	94	36	7	1			1403	202.23980

Наиболее сейсмичными были районы «Восточный Кавказ» и «Восточное Предкавказье» по регионализации Цхакая [11] (табл. 5).

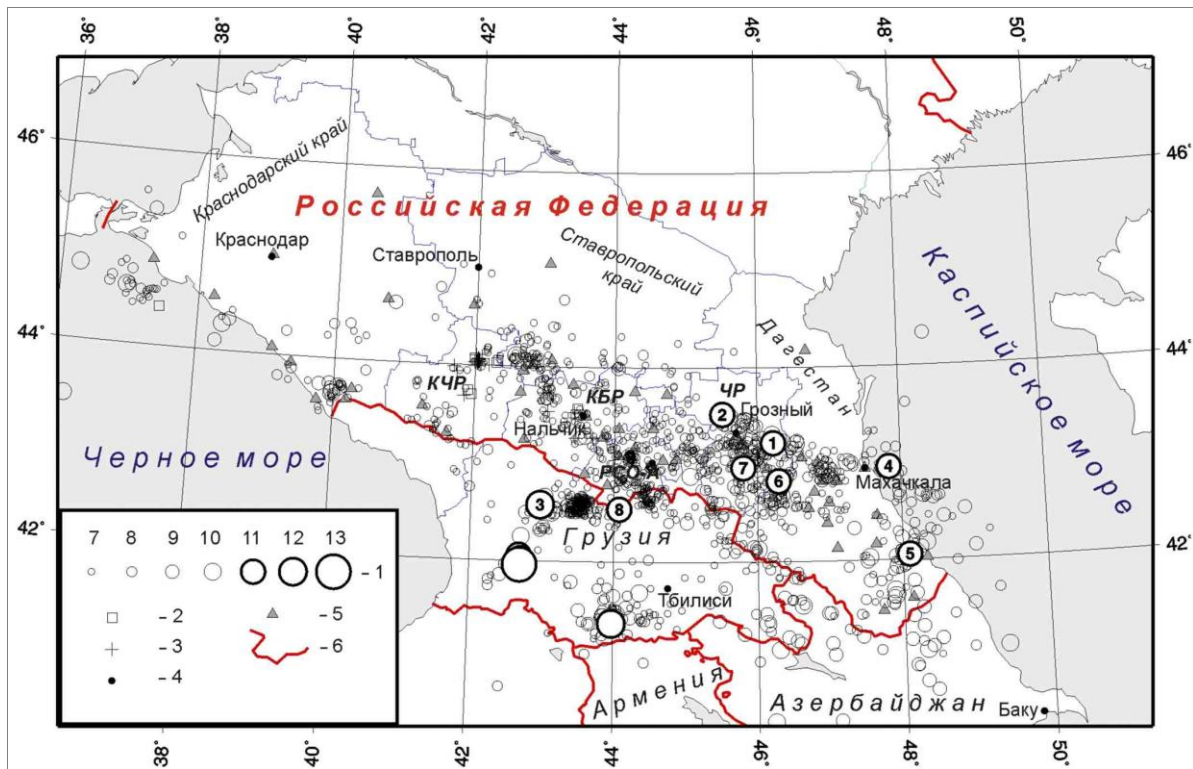


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа с $K_p \geq 6.6$ за 2011 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2, 3 – событие типа «возможно взрыв» или «взрыв» соответственно; 4 – населенный пункт; 5 – сейсмическая станция; 6 – государственная граница.

Сокращения: КЧР – Карачаево-Черкесская Республика; КБР – Кабардино-Балкарская Республика; РСО-А – Республика Северная Осетия-Алания; ЧР – Чеченская Республика.

Таблица 5. Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам О.Д. Цхакая в 2011 г.

№	Район	K_p											N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{11} Дж	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Западный Кавказ	1	8	12	14	28	12	4	2					81	0.1592
2	Центральный Кавказ	4	10	180	207	92	35	14	6	1	1			550	26.996
3	Восточный Кавказ			1	7	67	156	127	45	18	4			425	6.0904
4	Колхидская низменность					1								1	0.1592

№	Район	K_p											N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{11} \text{ Дж}$	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
7	Курильская депрессия							5						5	102.61
10	Чёрное море			1	13	10	6	2	4					36	0.6285
11	Каспий				1	13	19	11	3	1				48	1.3578
12	Ставропольская возвышенность	2	20	24	13	14	8	2	1					84	0.1307
13	Восточное Предкавказье		1	11	52	65	30	11	2	1				173	1.1037
	Итого	7	40	235	367	379	237	94	36	7	1		1403	139.24	

Общие макросейсмические сведения. В населенных пунктах Кавказа ощутимыми были 18 землетрясений [9]. Максимальная интенсивность сотрясений равна $I_{\max}=4-5$ баллов и отмечена 13 января ($K_p=11.2$) в эпицентральной зоне сильного Курчалойского землетрясения 11.10.2008 г. с $M_w=5.8$ [12] в населенных пунктах Курчалой, Ойсхара, Майртуп, удаленных от эпицентра землетрясения на $\Delta=7-11$ км. Общее число сотрясений в разных пунктах за год составило 27 [13], из них наиболее часто (5 раз) фиксировались слабые сотрясения от $I=2-3$ баллов до 3-4 баллов в Сочи. На рис. 2 совмещены населенные пункты и землетрясения, вызвавшие в них сотрясения. Эпицентры двух наиболее сильных ($K_p=13.0$ и 12.4) из зарегистрированных в 2011 г. землетрясений 19 января в $09^{\text{h}}17^{\text{m}}$ и 18 августа в $11^{\text{h}}57^{\text{m}}$ находятся на территории Грузии [9]. Электронный вариант каталога землетрясений [9] снабжен таблицей координат сотрясенных населенных пунктов [14].

Рассмотрим подробнее проявления сейсмичности на территории Северного Кавказа в пределах границ его административных единиц, а также прилегающих частей акваторий Азовского, Чёрного и Каспийского морей.



Рис. 2. Сотрясенные в 2011 г. населенные пункты с указанной в них максимальной интенсивностью сотрясений по шкале MSK-64 [15]

В акватории Чёрного моря зарегистрировано 36 землетрясений с $K_p=5.1-10.5$. Значительная их часть (27 толчков) сгруппировалась в море против Анапы, как и в 2010 г. [3], в узле пересечения Широтного разлома и диагональной Молбайской зон глубинных разломов. Самое сильное ($K_p=10.5$) из них произошло 29 ноября в $02^{\text{h}}17^{\text{m}}$, эпицентр его располагался в прибрежной части Чёрного моря между Анапой и Новороссийском. Землетрясение вызвало макросейсмический эффект с $I=3-4$ балла в г. Анапа и поселках Су-Псех, Сукко (дрожали диваны, у шкафов открывались дверцы, падали мелкие предметы, дребезжали стекла, беспокоились

животные); 2–3 балла – в г. Новороссийск [16]. Восемь землетрясений отнесено к афтершокам, которые произошли 29 и 30 ноября и имели $K_p=5.1-7.8$ (табл. 6). Зарегистрированный афтершоковый процесс в этой зоне – крайне редкое явление. К тому же по записи ближайшей станции «Анапа» можно предположить, что в каталоге он не полон, т.к. происходили еще более слабые афтершоки, параметры которых не определены при сетевой обработке (рис. 3).

Таблица 6. Основной толчок и афтершоки землетрясения 29 ноября в 02^h17^m с $K_p=10.5$ по [9]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ°, N	λ°, E		
Основной толчок						
1	29.11	02 17 39.8	44.60	36.95	14	10.5
Афтершоки						
2	29.11	02 20 43.7	44.64	37.01	5	6.1
3	29.11	02 23 33.5	44.46	37.16	5	6.2
4	29.11	02 44 19.5	44.59	37.00	18	7.8
5	30.11	02 15 57.3	44.64	37.49	5	6.6
6	30.11	03 53 49.5	44.55	37.25	5	5.8
7	30.11	04 57 49.6	44.55	37.25	5	5.1
8	30.11	09 20 07.1	44.55	37.25	5	6.0
9	30.11	14 52 21.5	44.57	37.39	5	6.5

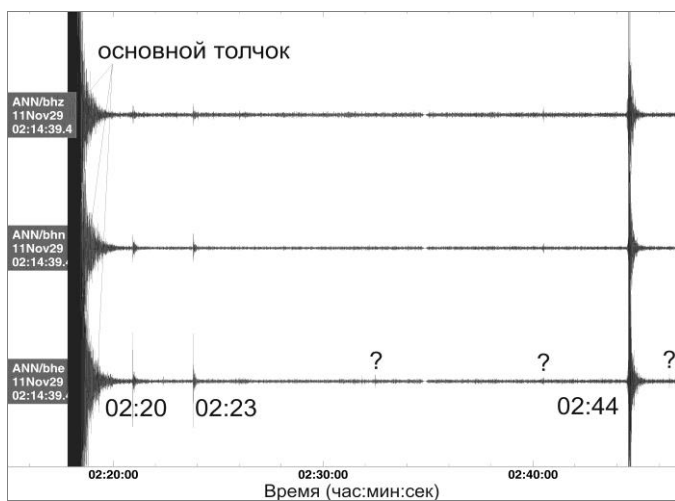


Рис. 3. Основной толчок и афтершоки первого часа после землетрясения 29 ноября в 02^h17^m с $K_p=10.5$ (знаком вопроса отмечены возможно слабые афтершоки)

В Краснодарском крае, включая территорию Адыгеи, зарегистрировано 45 землетрясений с $K_p=3.8-9.9$ [9], из которых два локализованы севернее Анапы, три – на границе со Ставропольским краем и Карачаево-Черкессией, шесть – в горной области Адыгеи, одно – возле Туапсе, три – возле пос. Лазаревское и 28 – в горах, к северу и востоку от Сочи. Самое заметное ($K_p=9.9$) землетрясение из последних возникло 19 декабря в 07^h28^m и ощущалось в Сочи с интенсивностью $I_i=3-4$ балла [13].

Сейсмичности района Сочи–Красная Поляна уделялось повышенное внимание, так как в этом районе проводились работы, направленные на интенсивную подготовку Олимпий-

ских объектов: строительство дорог и мостов, прокладка тоннелей в зоне р. Мзымта. За 2011 г. были определены параметры 28 землетрясений с $K_p=3.8-9.9$, большая часть которых локализовались в блоке между Монастырской и Бекишейской разломными системами (рис. 4). Из них три землетрясения (8 января в 19^h55^m с $K_p=9.1$, 1 марта в 11^h26^m с $K_p=9.6$, 19 июля в 12^h39^m с $K_p=8.7$) вызвали в Сочи макросейсмический эффект с $I_i=2-3$ балла, четвертое, зарегистрированное 19 декабря, названо выше (с $I_i=3-4$ балла) [13].

Напомним, что в этом районе выделяется наиболее сейсмоопасная зона ВОЗ [17], в которой произошли: 21.12.1955 г. в 19^h54^m 7-балльное Краснополянское-I землетрясение с $M=4.3$, $h=(4)$ км и 27.12.1955 г. в 08^h42^m – 7–8-балльное Краснополянское-II землетрясение с $M=4.4$, $h=3$ км [18].

В пределах Ставропольского края зарегистрировано 93 землетрясения с $K_p=3.6-9.9$. Основная их часть локализовалась на юге края, вблизи границ Карачаево-Черкесии и Кабардино-Балкарии. Самое значительное по энергии ($K_p=9.9$) землетрясение произошло 13 ноября в 09^h14^m на юго-западе края, в 7 км к северу от ст. Боргустанская. Сведений об ощущаемости не поступало. Положение слабых землетрясений с $K_p \leq 7$ в основном связано с Минераловодской сейсмоактивной зоной Эльбрусско-Минераловодского района [19].

В Карачаево-Черкесской Республике зарегистрировано 42 землетрясения с $K_p=2.7-7.8$ и 29 промышленных взрывов с $K_p=5.4-7.7$, произведенных в карьерах Усть-Джегута в рабочие дни недели в период с 9 по 14 часов по Гринвичу.

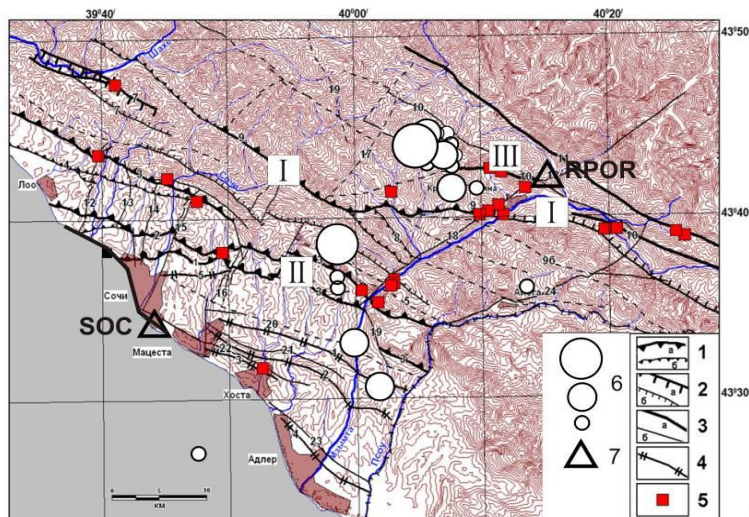


Рис. 4. Положение эпицентров землетрясений 2011 г. на фоне карты активных разломов по [17]

1–3 – глубинные разломы (I – Краснополянский разлом, II – Монастырская система разломов, III – Бекишейская система разломов); 4 – оси активных антиклинальных складок; 5 – уверенно выделяемые гравитационные сейсмодислокации; 6 – кругами разных размеров показаны землетрясения с $M=3, 2$ и 1 ; 7 – сейсмическая станция.

в $18^{\text{h}}44^{\text{m}}$ в 7 км к югу от пос. Каменноостское. Эпицентры значительной части землетрясений приурочены к зоне Нальчикского глубинного разлома, являющегося частью Армавино-Ессентукского разлома, продолжающегося на территорию республики из Ставропольского края. Ощутимых землетрясений на территории республики в 2011 г. не зафиксировано.

По данным лаборатории сейсмического мониторинга Кавказских Минеральных Вод на территории республики зарегистрировано девять промышленных взрывов с энергетическим классом $K_p=3.9-7.0$. Их проведение связано со строительством дорог и тоннелей.

На территории Республики Северная Осетия–Алания (РСО-А) зарегистрировано 184 землетрясения с $K_p=3.1-8.5$, 144 из которых – слабые, с $K_p \leq 6$. Некоторые из них образовывали короткие по времени и числу (5–6 землетрясений) рои, например: с 26 июня по 18 июля с $K_p=5.0-7.3$ в 15 км к северу от Кармадонского ущелья, известного катастрофой схода ледника в 2001 г., 11–12 ноября с $K_p=5.1-6.9$ в 5 км к востоку от Мизура, 15 ноября с $19^{\text{h}}55^{\text{m}}$ по $21^{\text{h}}15^{\text{m}}$ с $K_p=5.1-6.8$ в 6 км от Тарского. Самым заметным ($K_p=8.5$) было землетрясение 26 декабря в $23^{\text{h}}09^{\text{m}}$ с эпицентром в северной части Алагира.

Высокая плотность эпицентров (рис. 1) традиционно имеет место в приграничной к Осетии–Алании с юго-востока территории Грузии, в очаговой зоне Рача-Джавского землетрясения [20]. Здесь 07.09.2009 г. произошло сильное Онийское землетрясение с $MS=5.8$ [21], за которым последовал мощный афтершоковый процесс, продолжившийся в 2010 г. и в 2011 г. К продолжающемуся афтершоковому процессу можно отнести в 2011 г. 195 землетрясений с $4.7 \leq K_p \leq 9.8$. Семь землетрясений имели $K_p \geq 9.0$, но они не ощущались на территории Российской Федерации.

В Республике Ингушетия зарегистрировано 58 землетрясений с $K_p=5.0-10.2$. Два самых сильных из них 28 июня в $18^{\text{h}}56^{\text{m}}$ с $h=94$ км с $K_p=9.1$ и 21 июля в $22^{\text{h}}34^{\text{m}}$ с $h=12$ км $K_p=10.2$ произошли в области глубинного Черногорского разлома Кавказского простираения (рис. 5). Обычно очаги с промежуточными глубинами (более 70 км) регистрируются севернее этого разлома и восточнее на территории Чеченской Республики. Неоднократно отмечалось сочетание во времени заглубленных и верхне-коровых землетрясений, причем заглубленные предвещали заметную верхне-коровую сейсмичность [10]. И в данном случае сначала произошло землетрясение с промежуточной глубиной 28 июня в $18^{\text{h}}56^{\text{m}}$, а примерно через месяц, 21 июля в $22^{\text{h}}34^{\text{m}}$, было зарегистрировано относительно сильное верхне-коровое землетрясение.

Наиболее заметные ($K_p=7.8$) землетрясения произошли: 1 апреля в $09^{\text{h}}40^{\text{m}}$ между пос. Эльтаркач и Новая Джегута и 5 сентября в $08^{\text{h}}30^{\text{m}}$ с эпицентром в 8 км южнее Верхней Теберды. Среди слабой рассеянной сейсмичности выделялись скопления – вблизи Домбая 25–26 апреля зарегистрирован небольшой ($N=5$) рой слабых землетрясений с $K_p=4.3-7.6$, в июне–ноябре в окрестностях Домбая зафиксировано еще 12 землетрясений с $K_p=4.5-7.8$.

На территории Кабардино-Балкарской Республики (рис. 1) возникло еще большее число ($N=97$) слабых землетрясений, нежели в Карачаево-Черкесской Республике. Относительно сильное ($K_p=9.4$) землетрясение произошло 4 января

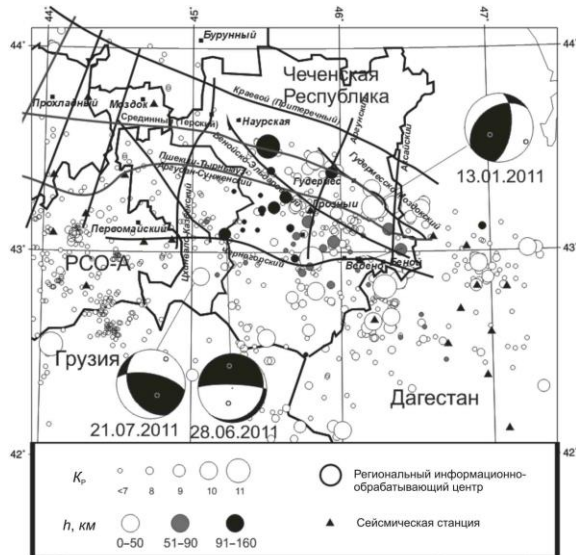


Рис. 5. Сейсмичность территорий Ингушетии, Чеченской Республики и части Дагестана в 2011 г. на фоне глубинных разломов по [22]

Кода волн у землетрясения с промежуточной глубиной намного короче, нежели у корового землетрясения, вступления S -волны у заглабленного землетрясения 28 июня резкие и четкие, у корового – неотчетливые, теряющиеся в коде Pg -волны. В целом длительность записи (до амплитуд колебаний, близких уровню шумов) более чем в три раза больше, чем у заглабленного землетрясения. Различается и спектральный состав записи (рис. 6). Для анализа был взят 40-секундный фрагмент: максимум спектра корового землетрясения лежит в области $1 Гц$, после чего наблюдается спад, спектр заглабленного землетрясения имеет широкую столбовидную часть, продвигаясь в сторону высоких частот от $2.7 Гц$ до $15 Гц$, что говорит о большей насыщенности записи высокими частотами.

Построены механизмы очагов этих двух землетрясений (рис. 4, табл. 7). Для их построения на записях региональных станций были выделены знаки первого движения в P -волне: на 19-ти станциях для первого и 29-ти станциях – для второго землетрясения. Для построения механизмов использовалась программа FA [24] и местный скоростной разрез [25] для построения углов выхода P -волн.

Записи этих событий с близкими эпицентрами имеют типичные черты, соответствующие записям заглабленного и корового землетрясений, особенно отчетливо проявляющиеся на записи станции «Терская» (TRKR), удаленной на $\Delta=88 км$ и $\Delta=98 км$ соответственно (рис. 6). Для первого землетрясения на горизонтальных компонентах практически отсутствует запись вступления и кода P -волны, что говорит о чисто вертикальной поляризации из-за близвертикального подхода луча к точке регистрации. На вертикальной компоненте, опережая S -вступление на $2.4^с$, регистрируется обменная SP -волна которая распространялась из очага как SV -волна, затем меняла природу на P -волну на границе обмена «Г», которая трассируется, по данным ГСЗ, в «гранитах» на глубине порядка $10–12 км$. Эта граница по оценкам геологов соответствует кровле кристаллического основания земной коры [23].

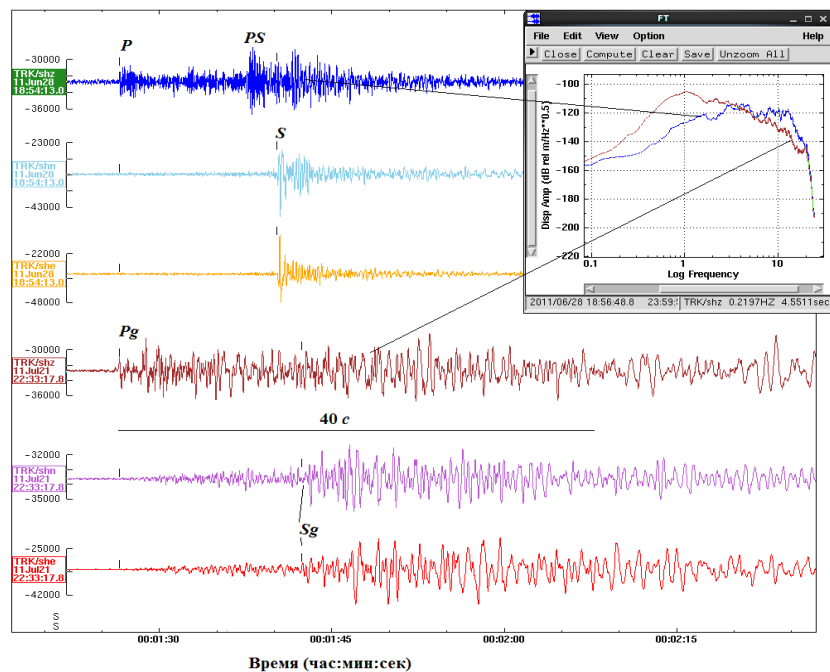


Рис. 6. Трехкомпонентные записи станции «Терская» двух землетрясений: три верхних сейсмограммы 28 июня в 18^h56^m с $h=94 км$, $K_p=9.1$; три нижних – 21 июля в 22^h34^m с $h=12 км$, $K_p=10.2$ и сглаженные спектры 40-секундного интервала записи на вертикальных компонентах

Таблица 7. Параметры механизма очага землетрясений 28 июня 2011 г. в 18^h56^m и 21 июля 2011 г. в 22^h34^m по [26]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					P		N		T		$NP1$			$NP2$		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
1	28.06	18 56 30.6	94	9.1	53	195	11	90	35	352	272	81	-79	40	14	-141
2	21.07	22 34 24.8	12	10.2	16	31	25	293	60	151	281	66	63	153	36	136

Подвижка в очаге землетрясения 28 июня представляла собой сброс с левосторонней компонентой смещения по крутой ($DP_{NP1}=81^\circ$) широтной плоскости $NP1$ в условиях растяжения с наклоном $PL_T=35^\circ$ к горизонту при почти северной ориентации оси растяжения, вторая нодальная плоскость $NP2$ представлена косым сбросо-сдвигом при преобладании правосторонней сдвиговой компоненты.

Движение в очаге второго корового землетрясения произошло под действием сил сжатия, имеющих северо-восточную ориентацию. Тип движения в очаге – взброс с левосторонней сдвиговой компонентой по нодальной плоскости $NP1$, имеющей кавказское простираие, совпадающее с положением Черногорского глубинного разлома, и смешанная подвижка в виде правостороннего сдвиго-взброса по нодальной плоскости $NP2$ с юго-восточным простираием. Такой механизм можно отнести к типичным для кавказских коровых землетрясений.

Сочетание противоположных по действию механизмов у близко расположенных эпицентров землетрясений, но значительно различающихся очаговыми глубинами, в Терско-Каспийском прогибе отмечалось и ранее [27]. Природа этого явления пока не ясна.

Эпицентр первого землетрясения располагался в 8 км к югу от с. Бамут, в приграничной зоне с Чеченской Республикой, второго – в 27 км к юго-западу от него в горах, в ненаселенной местности. Эпицентры располагались в 27 км к западу и 50 км к юго-западу от эпицентральной области сильного Черногорского землетрясения 28.07.1976 г. с $MLH=6.2$ [28].

На территории **Чеченской Республики** в 2011 г. зарегистрировано 219 землетрясений с $K_p=5.6-11.2$ с очагами в основном в земной коре, однако более 12 % зарегистрированных землетрясений имело промежуточные глубины $h=72-151$ км.

В эпицентральной области Курчалойского землетрясения 11.10.2008 г. с $M_w=5.8$ [12] зарегистрировано 64 землетрясения с $K_p=5.6-11.2$. Рассчитанный угол наклона графика повторяемости $\gamma=0.55$ для представительных землетрясений в этой зоне по-прежнему выше среднего значения γ до землетрясения ($\gamma=0.48$) [29].

Самое сильное ($K_p=11.2$) землетрясение произошло 13 января в 02^h50^m между селами Бачи-Юрт и Центорой. Оно ощущалось с $I_i=4-5$ баллов в населенных пунктах Чеченской Республики: в Ойсхаре (5 км), Майртупе (7 км) и Курчалое (11 км).

Для этого землетрясения удалось построить механизм (табл. 8) по знакам первых вступлений P -волн, выделенных на 31 региональной станции (11 – «+», 20 – «-») и на 15 станциях европейских сетей из бюллетеня ISC на расстояниях более 10° [8]. Оно возникло под преобладающим воздействием напряжений сжатия, имеющих юго-восточную ориентацию ($AZM=117^\circ$). Тип движения по нодальной плоскости $NP1$ – взброс с правосторонней сдвиговой компонентой, по плоскости $NP2$ – сдвиго-взброс (рис. 4). Простираие $NP1$ юго-западное ($STK_1=235^\circ$), $NP2$ – близмеридиональное ($STK_1=7^\circ$). Возможно, подвижка в очаге землетрясений 13 января связана с региональными разломами, секущими Чеченскую впадину Терско-Каспийского прогиба в антикавказском направлении.

Таблица 8. Параметры механизма очага землетрясения 13 января 2011 г. в 02^h50^m с $K_p=11.2$ по [26]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					P		N		T		$NP1$			$NP2$		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
1	13.01	02 50 12	8	11.2	12	117	24	22	63	231	235	39	130	7	61	62

В 2011 г. было зарегистрировано 27 землетрясений с промежуточными глубинами гипоцентров в интервале $h=71-151$ км при погрешности вычисления глубины ($\delta h=\pm 10-15$ км)

(табл. 9). Более половины из них имели глубины менее 100 км, эпицентры их располагались вдоль диагональной Бенойско-Эльдаровской шовной зоны (рис. 5). Часть гипоцентров с глубинами до 100 км окружали зону относительно сильного ($K_p=11.2$) корового землетрясения 13 января 2011 г. в 02^h50^m , о котором упоминалось ранее, что может служить еще одним подтверждением взаимосвязи сейсмического проявления на разных глубинах.

Таблица 9. Землетрясения 2011 г. с промежуточными глубинами гипоцентров по [9]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ° , N	λ° , E						φ° , N	λ° , E		
1	05.01	07 20 18.5	43.08	45.70	89	7.9	15	12.05	11 33 40.3	43.22	45.55	108	8.9
2	17.01	09 15 35.3	43.27	45.63	111	8.8	16	11.06	12 23 52.7	42.90	45.74	81	8.3
3	17.01	21 37 05.7	42.84	45.93	71	8.0	17	08.07	17 23 38.6	43.52	45.51	151	10.9
4	20.01	19 57 37.2	43.28	45.46	130	7.2	18	19.07	18 23 39.8	43.40	45.53	125	7.6
5	26.01	14 04 11.5	43.39	45.94	132	8.9	19	28.07	23 20 16.2	43.12	45.66	92	7.8
6	30.01	22 57 39.6	43.01	45.63	77	7.2	20	06.09	04 13 42.2	43.05	45.95	85	8.8
7	08.02	20 15 08.4	43.11	45.44	107	7.4	21	21.09	21 00 10.5	43.00	46.06	80	7.1
8	15.02	11 00 52.8	43.01	46.40	82	9.5	22	27.11	21 39 10.1	42.91	46.11	77	7.2
9	17.03	19 03 48.3	43.11	46.32	82	8.7	23	02.12	05 30 55.6	42.50	45.76	100	7.1
10	18.03	03 19 22.5	43.15	45.35	108	7.3	24	04.12	18 29 47.8	43.15	45.78	90	8.7
11	28.03	15 41 24.0	43.21	45.47	112	7.6	25	06.12	23 14 17.1	43.04	45.68	89	7.4
12	01.04	17 48 31.0	43.19	45.47	101	7.3	26	28.12	13 33 17.3	43.08	46.15	72	7.4
13	07.04	09 06 06.3	42.97	45.69	98	7.6	27	31.12	23 10 29.6	43.02	45.88	75	8.2
14	17.04	19 35 49.1	43.11	45.34	121	7.0							

Землетрясение 8 июля в 17^h23^m имело самый глубокий очаг ($h=151\pm 10$ км). Близкое значение глубины для этого землетрясения было получено и другими центрами, включая ISC и NEIC, которые при локации использовали глубинные фазы pP (табл. 10). По данным NEIC [8] землетрясение ощущалось в Алхан-Юрте, Грозном, Гудермесе и Комсомольском. Только один из всего списка центров, представленных в ISC, не определил этот очаг как землетрясение с промежуточной глубиной – это Республиканский центр Сейсмической службы Азербайджана – AZER. Этот факт можно объяснить отсутствием характерных черт в записи для глубоких землетрясений на станциях, расположенных южнее Главного Кавказского Надвига.

Таблица 10. Землетрясение 8 июля в 17^h23^m с промежуточной глубиной по данным различных центров [8, 9]

№	t_0 , ч мин с	δt_0	Эпицентр		Эллипс ошибок			h , км	Магнитуда и K_p	Центр
			φ° , N	λ° , E	S_{max}	S_{min}	Az			
1	17 23 38.60	0.75	43.558	45.529	5.6	5.0	32	155	$mb=4.0/22$	MOS
2	17 23 39.20	1.06	43.4678	45.4893	3.1	2.1	34	158.5	$mb=4.0/27$	CSEM
3	17 23 39.36	0.78	43.496	45.500	5.4	3.3	183	153.2	$mb=4.1/25$	NEIC
4	17 23 39.62	0.74	43.5033	45.3625	13.1	6.6	177	153.8	$mb=3.5/16, M_s=2.9/1$	IDC
5	17 23 40.39	1.0	43.4588	45.6422	4.4	0.4	327	36.4		AZER
6	17 23 39.52	1.373	43.5201	45.5024	4.6	3.1	25	158.1 $h_{pp}=157$	$mb=4.0/34$	ISC
7	17 23 38.60	0.7	43.52	45.51	10	10		151	$K_p=10.5, MPVA=5.0$	[9]

Для семи землетрясений на территории Ингушетии в [30] получены спектральные и очаговые параметры по записям станции «Кисловодск».

На территории Республики Дагестан зарегистрировано 216 землетрясений с $K_p=4.0-11.0$. Самое сильное ($K_p=11.0$) из них произошло 1 сентября в 20^h41^m в горной местности вблизи прибрежных городов и поселков Дагестана, оно ощущалось в Дагестанских Огнях ($\Delta=12$ км) и Дербенте ($\Delta=17$ км) – 4 балла, Избербаше ($\Delta=60$ км) – 3–4 балла, Уркарахе ($\Delta=40$ км) – 3 балла, в Махачкале ($\Delta=114$ км) – 2–3 балла. Еще 5 землетрясений с $K_p=7.9-9.8$ вызывали макросейсмический эффект на территории Дагестана от 3–4 до 2–3 баллов [13].

Более подробно сейсмичность Дагестана изложена в отдельной статье наст. ежегодн. [31].

Каспийское море. В акватории Каспийского моря зарегистрировано 48 землетрясений с $K_p \geq 5.8$ –10.9. Два из них были ощутимыми в населенных пунктах Дагестана: 24 августа в $10^h 05^m$ с $K_p=10.9$ ощущалось в Каспийске ($\Delta=18$ км) и Махачкале ($\Delta=27$ км) с $I=3$ –4 балла 19 сентября в $19^h 14^m$ с $K_p=9.5$ ощущалось в Каспийске ($\Delta=8$ км) с $I=3$ балла и Махачкале ($\Delta=19$ км) с $I=2$ –3 балла [13].

В целом, по уровню выделившейся сейсмической энергии сейсмичность территории Северного Кавказа в 2011 г., также как и в 2010 г. охарактеризована в соответствии со шкалой уровня сейсмичности «СОУС'09» [4, 32] как «фоновая пониженная» за 50-летний период наблюдений с 1962 г. по 2011 г.

Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Головкова Л.В. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 95–110.
2. Габсатарова И.П., Артёмова Е.В., Головкова Л.В. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 86–96.
3. Габсатарова И.П., Артёмова Е.В., Каменская Л.В., Гарькуша А.П. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 105–114.
4. Габсатарова И.П., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В., Янков А.Ю. Северный Кавказ // Землетрясения России в 2011 году. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 16–20.
5. Мехрюшев Д.Ю., Янков А.Ю., Погода Э.В., Даниялов М.Г., Габсатарова И.П., Пойгина С.Г. (сост.). Сейсмические станции ГС РАН, работавшие на территории Северного Кавказа в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
6. Банк данных «Сейсмические станции» // Обнинск: Фонды ГС РАН, 2016. – URL: <http://www.ceme.gsras.ru/new/struct/>.
7. Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Козиненко Н.М. (отв. сост.), Антонюк Г.П., Антонюк В.А., Бондарь М.Н., Курьянова И.В., Подвинцев А.В., Росляков А.В., Сусин Д.А. Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 2011 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика. 2012. – С. 94–136.
8. International Seismological Centre (ISC), On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
9. Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Асманов О.А., Девяткина Л.В., Цирихова Г.В. (отв. сост.), Абдуллаева А.Р., Александрова Л.И., Амиров С.Р., Артёмова Е.В., Гамидова А.М., Иванова Л.Е., Калоева И.Ю., Киселева О.А., Лещук Н.М., Малянова Л.С., Морозова Я.Н., Мусалаева З.А., Петросян Э.Н., Сагателова Е.Ю., Селиванова Е.А. (сост.). Каталог землетрясений и взрывов Северного Кавказа за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
10. Габсатарова И.П. Исследование пространственно-временных особенностей сейсмичности на Северном Кавказе: Дис. на соиск. уч. степ. канд. ф.-м. наук. – М.: ИФЗ РАН, 2011. – 178 с.
11. 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., Алимamedова В.П. Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1969 году. – М.: Наука, 1973. – С. 19–28.
12. Габсатарова И.П. Инструментальные параметры очага Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с $K_p=14.5$, $M_w=5.8$, $I_0=7$ –8 (Чеченская республика) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 433–447.
13. Габсатарова И.П. (отв. сост.), Асманов О.А., Амиров С.Р., Гайсумов М.Я., Пономарёва Н.Л. (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Северного Кавказа в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
14. Габсатарова И.П., Пойгина С.Г., Бахтиярова Г.М., Левина В.И. (сост.). Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Северного Кавказа за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.

15. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
16. **Маловичко А.А., Габсатарова И.П.** Сейсмическая опасность и сейсмический мониторинг Причерноморья Российской Федерации // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2012. № 1. – С. 98–105.
17. **Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Шварев С.В., Мараханов А.В., Новиков С.С.** Особенности сейсмотектоники Сочи-Краснополянского района // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 174–177.
18. **Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В. (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.
19. **Милановский Е.Е., Расцветаев Л.М., Кухмазов С.У., Бирман А.С., Курдин Н.Н., Симако В.Г., Тверитинова Т.Ю.** Новейшая геодинамика Эльбрусско-Минераловодской области Северного Кавказа // Геодинамика Кавказа. – М.: Наука, 1989. – С. 99–105.
20. **Габсатарова И.П., Захарова А.И., Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С.** Каталог Рачинского землетрясения 29 апреля 1991 г. и его афтершоков. Препринт. – Обнинск, 1992. – 40 с.
21. **Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Селиванова Е.А.** Онийское-II землетрясение 7 сентября 2009 г. с $MS=5.8$, $I_0^P=6-7$ (Грузия) // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 324–332.
22. **Несмеянов С.А., Лутиков А.И., Аверьянова В.Н., Габсатарова И.П., Донцова Г.Ю., Захарова А.И., Мокрушина Н.Т.** Макросейсмическое поле, основные зоны ВОЗ и сейсмическая сотрясаемость // Комплексная оценка сейсмической опасности территории г. Грозного. – М.: Минстрой России, 1996. – С. 48–56.
23. **Милановский Е.Е.** Новейшая тектоника Кавказа. – М.: Недра, 1968. – 483 с.
24. **Ландер А.В.** Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений Р-волн). – М., 2006. – 27 с. (Фонды автора).
25. **Краснопевцева Г.В.** Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. – М.: Наука, 1984. – 109 с.
26. **Габсатарова И.П., Малянова Л.С. (сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Северного Кавказа за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD-ROM.
27. **Габсатарова И.П., Королецьки Л.Н., Малянова Л.С.** О механизмах очагов землетрясений на различных глубинах в Терско-Сунженской зоне // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XI Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 103–107.
28. **Кондорская Н.В. (отв. сост.), Кисловская В.В., Павлова Л.Н., Хромецкая Е.А.** Основной каталог сильных землетрясений на территории СССР // Землетрясения в СССР в 1976 году. – С. 116–125.
29. **Габсатарова И.П., Селиванова Е.А.** Исследование параметров сейсмического режима в зоне Курчалойского землетрясения 11.10.2008 г. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Десятой Международной сейсмологической школы / Отв. редактор А.А. Маловичко. Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 80–84.
30. **Малянова Л.С., Габсатарова И.П.** Спектральные и очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 294–299.
31. **Адилов З.А., Асманов О.А., Даниялов М.Г.** Дагестан // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 70–75.
32. **Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г.** Оценка уровня сейсмической активности регионов России // Землетрясения России в 2007 г. – Обнинск ГС РАН, 2009. – С. 49–55.