

СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ

И.П. Габсатарова, Е.А. Селиванова, Л.В. Головкова

Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, ira@gsras.ru

Сейсмический мониторинг Северного Кавказа проводился в 2008 г., как и ранее [1–3], на территории нескольких административных его единиц – Краснодарского и Ставропольского краев, Кабардино-Балкарской Республики, Республики Ингушетия, Чеченской Республики, Республики Северная Осетия–Алания, Республики Дагестан, а также акваторий Черного и Каспийского морей.

Сейсмическая сеть в 2008 г. в регионе в целом, включая станции Республики Дагестан, описана в [4] и представлена в [5]. Она насчитывала 47 станций. По сравнению с сетью в 2007 г. [3], произошли следующие изменения: 6 марта 2008 г. была восстановлена после закрытия в 1994 г. сейсмическая станция «Грозный», где в экспериментальном режиме было установлено цифровое оборудование в комплекте СМ-3-КВ+UGRA (перенесена 15.04.2008 г.); 26 сентября 2008 г. в Лабинске впервые открыт наблюдательный пункт с таким же оснащением (СМ-3-КВ+UGRA); в Пятигорске оборудование одноименной станции, открытой 16.10.1909 г., было перенесено на более тихое новое место (см. ниже рис. 4); и, наконец, в конце года (5 декабря 2008 г.) установлено цифровое оборудование СМ-3-КВ+UGRA в штольне нейтринной лаборатории в Баксанском ущелье Кабардино-Балкарской Республики (табл. 1). Наблюдательный пункт «Нейтрино» по уровню сейсмических шумов оказался в наиболее тихом на Северном Кавказе месте и обладал одной из самых больших дальностей регистрации слабых землетрясений [6]. Но в 2008 г. на этом наблюдательном пункте еще не были решены проблемы с временной привязкой, и поэтому его данные пока практически не использовались при локализации землетрясений в каталоге. Параметры станций даны в табл. 2.

Таблица 1. Новые сейсмические станции ГС РАН, открытые в 2008 г.

№	Станция		Дата открытия	Дата переноса	Координаты		h_y , м
	Название	Код рег.			φ° , N	λ° , E	
1	Грозный*	GROC	06.03.2008	15.04.2008	43.3396	45.6625	150
			15.04.2008		43.2027	45.7961	198
2	Лабинск	LABN	26.09.2008		44.64	40.72	290
3	Пятигорск**	PYA1	02.10.2008		44.06	43.10	614
4	Нейтрино	NEY	05.12.2008		43.25	42.72	1715

Примечание. *Станция «Грозный» (GRO) работала в период 01.01.1932 г. – 01.12.1994 г., восстановлена 06.03.2008 г., перенесена 15.04.2008 г., новый код – (GROC). ** Станция «Пятигорск» (PYA) была открыта 16.10.1909 г., перенесена 02.10.2008 г., новый код – (PYA1) [7].

Таблица 2. Параметры аппаратуры новых станций в 2008 г. из [7]

№	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	Грозный	СМ-3-КВ+UGRA	SH (N, E, Z) v	0.5–20	50	24	$1.72 \cdot 10^8$
2	Лабинск	СМ-3-КВ+UGRA	SH (N, E, Z) v	0.5–20	50	24	$1.75 \cdot 10^8$
3	Пятигорск	K34000+UGRA	SH (N, E, Z) v	0.25–20	50	24	$4.17 \cdot 10^{10}$
4	Нейтрино	СМ-3-КВ+UGRA	SH (N, E, Z) v	0.5–20	50	24	$1.35 \cdot 10^9$

Сейсмические наблюдения на территории Чеченской Республики с 1994 г. были прекращены. Восстановление их на станции «Грозный» 6 марта 2008 г. имело большое значение для

сети в целом, а особенно для регистрации афтершоков Курчалойского землетрясения [8]. Станция «Грозный» расположена в 15 км от Грозного в Чечен-Ауле, и поэтому обладает относительно высоким уровнем микросейсмического фона, из-за чего может быть отнесена в большей степени к станциям регионального уровня. Первоначально она была размещена еще ближе к городу, но примерно через месяц перенесена в более тихое место. Она сразу начала вносить существенный вклад в регистрацию землетрясений в области высокосейсмичного Терско-Каспийского прогиба, заполнив довольно значительную брешь в геометрии сейсмической сети.

Впервые на территории Северного Кавказа сейсмическая станция «Грозный» была оснащена 24-разрядным АЦП, что значительно расширило динамический диапазон относительно всех других станций, оснащенных 16-разрядным АЦП. Это позволило зарегистрировать основной толчок Курчалойского землетрясения без искажений, несмотря на малое удаление ($\Delta=32$ км) от эпицентра (рис. 1), и записать большое число слабых афтершоков.

Станция «Лабинск» в 2008 г. работала в экспериментальном режиме, так как аппаратура была установлена временно в одном из дачных домов, с последующим планированием переноса в подвальное помещение. В каталоге за 2008 г. ее данные использовались только несколько раз в октябре–декабре для локации землетрясений с $K_p=8-14$. Это позволило существенно улучшить окружение эпицентров землетрясений – максимальная азимутальная брешь уменьшилась с $GAP=180-280^\circ$ до $GAP=130-150^\circ$ при локации землетрясений на юго-западе Карачаево-Черкесской Республики в долине р. Большая Лаба. Примерно в 50 км южнее их известен очаг Чхалтинского землетрясения 16.07.1963 г. с $M=6.4$, $I_0=9$ [9]). Для примера качества работы станции на рис. 2 представлена запись конкретного землетрясения 8 ноября в 03^h10^m с $K_p=9.3$ в этом районе на расстоянии $\Delta=130$ км от станции «Лабинск».

Сейсмическая станция «Пятигорск» – одна из старейших на Северном Кавказе. Дата ее открытия – 06.10.1909 г. Ее местоположение уже менялось ранее относительно первоначально отведенного [10]. Станция «Пятигорск» расположена в районе со сложной тектонической обстановкой – на Минераловодском поднятии (выступе) палеозойского фундамента, ограниченном с четырех сторон глубинными разломами, которые в осадочном чехле трансформируются в крупные флексуры [11].

С севера Минераловодский выступ ограничен Нагутским разломом, с юга-запада – Армави́ро-Невинномы́ским, с юга – Черкесским и с востока – Лысогорской разрывной зоной (рис. 3) [12].

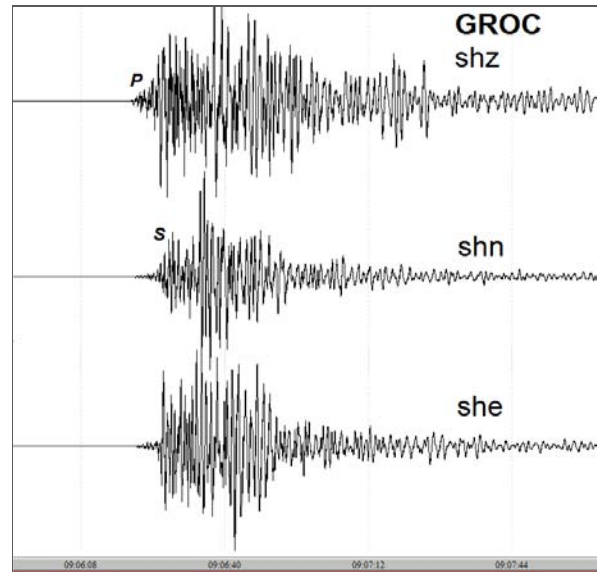


Рис. 1. Трехкомпонентная запись землетрясения Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. в 09^h06^m с $K_p=14.5$, $M_S=5.6$. [8] станцией «Грозный» на расстоянии 32 км

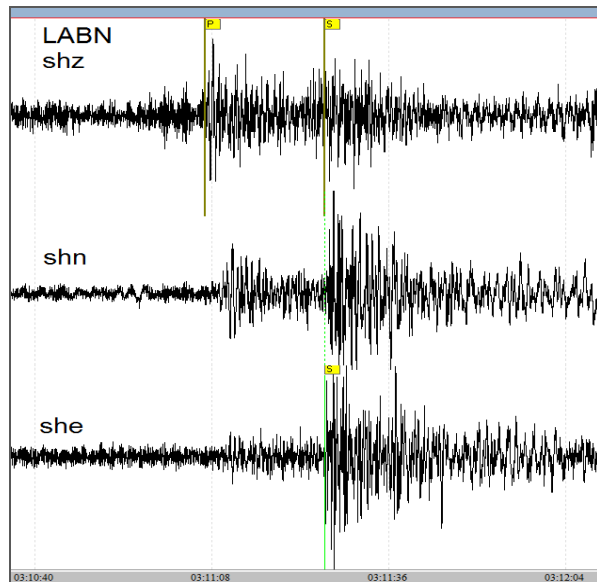


Рис. 2. Трехкомпонентная запись землетрясения 8 ноября в 03^h10^m с $K_p=9.3$ станцией «Лабинск», удаленной к северу на расстояние 130 км от эпицентра

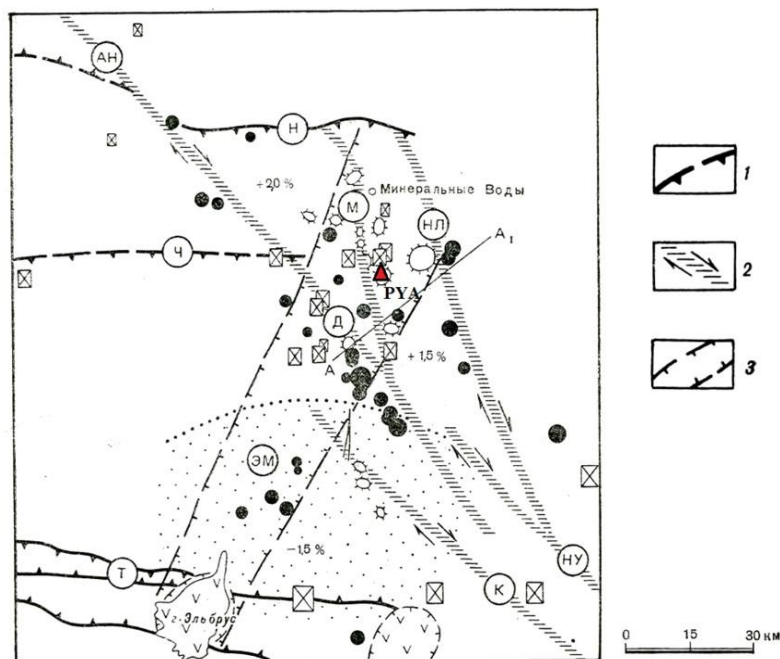


Рис. 3. Сейсмическая станция «Пятигорск» (РУА) и схема основных тектонических элементов Эльбруско-Минераловодской области по [12]

1, 2 – зоны глубинных нарушений взбросо-надвигового (1) и сдвигового (2) типов; 3 – Эльбруско-Минераловодская зона сбросо-сдвиговых нарушений; названия зон: Н – Нагутская, Ч – Черкесская, Т – Тырныаузская зона сжатия, А-Н – Армави́ро-Невинномысская, Н-Л – Нагутско-Лысогорская, М – Минераловодская, Д – Северо-Джинальская, К – Кабардинская зона правосдвиговых нарушений.

Основной тектонической структурой прилегающей территории является куполовидное поднятие г. Машук, вызванное внедрением интрузива. Возможно, близость многочисленных разломных зон, а также разрастающийся город не позволили станции «Пятигорск» стать достаточно чувствительной и базовой для регистрации близких и региональных землетрясений центральной части Северного Кавказа и в целом Кавказа из-за высокого уровня сейсмического шума. Но тем не менее она все время оставалась опорной станцией для телесеизмических наблюдений вплоть до 23.05.2003 г., когда на станции произошла смена комплекта аналогового оборудования широкого спектра и оставлен только короткопериодный сейсмометр СКМ с регистрирующей цифровой станцией SDAS [13]. Перенос оборудования станции 02.10.2008 г. на новое место (рис. 3) был направлен на снижение уровня микросейсмического шума, вызванного разросшимся городом. Она была перенесена на 3.3 км на северо-восток от прежнего положения с противоположной стороны горы Машук (рис. 4).

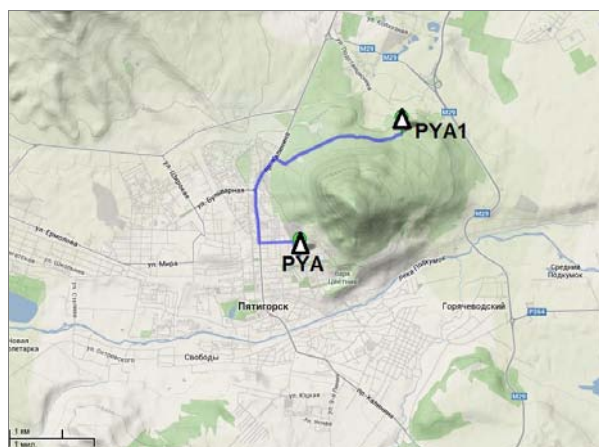


Рис. 4. Новое положение станции «Пятигорск» (РУА1) со 2 октября 2008 г. относительно прежнего (РУА) и горы Машук

Новая сейсмическая станция «Нейтрино» расположена вблизи Эльбрусского вулканического центра. Для ее размещения использована существующая инфраструктура Баксанской нейтринной обсерватории (БНО) Института ядерных исследований РАН. Территориально обсерватория находится в Баксанском ущелье (пос. Нейтрино) в 30 км к юго-западу от г. Тырныауз в 20 км от Эльбруса. В составе обсерватории имеется уникальная система горных выработок. Две параллельные штольни (главная и вспомогательная) БНО пройдены в горном массиве горы Андырчи со стороны Баксанского ущелья на глубину более 4300 м (рис. 5).

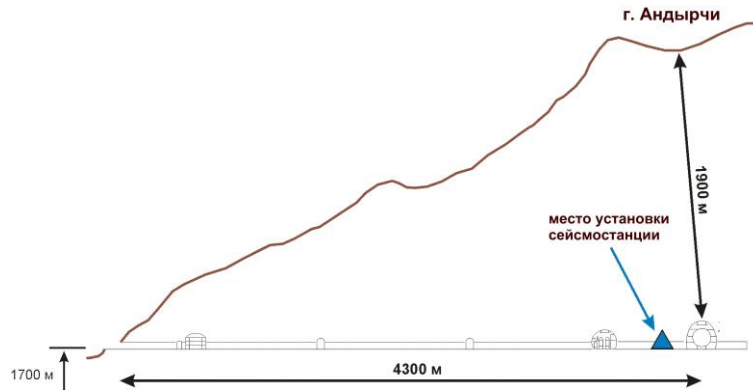


Рис. 5. Местоположение сейсмической станции «Нейтрино» в штольне Баксанской нейтринной обсерватории (в плоскости вертикального разреза) [6]

Одной из главных и важнейших характеристик любой сейсмической станции является уровень регистрируемых микросейсмических шумов. С этой целью по общепринятой в сейсмологии методике [6] были рассчитаны спектры мощности смещений грунта, изображенные на рис. 6. Анализ полученных спектров показал, что в частотном диапазоне 0.1–3 Гц наблюдается очень низкий уровень шумов, приближающийся к минимальному из наблюдающихся в естественных условиях согласно модели Дж. Петерсона [14]. Поэтому в перспективе эта станция станет одной из чувствительнейших станций на Северном Кавказе.

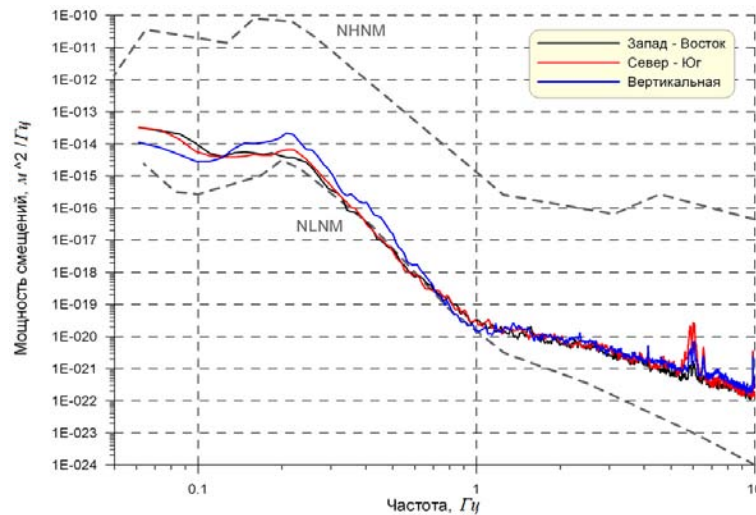


Рис. 6. Спектр мощности микросейсмических шумов на записях трех компонент сейсмической станции «Нейтрино» (пунктирными линиями указаны уровни минимального (NLNM) и максимального (NHNM) шума по модели Петерсона [14] из [6])

В 2008 г. данные сейсмической станции «Нейтрино» участвовали в локации многочисленных афтершоков Курчалойского землетрясения 11 октября в 09^h06^m [15] по разности прихода *P*- и *S*-волн.

При составлении каталога землетрясений Северного Кавказа в 2008 г. для локации событий в приграничных зонах привлекались также данные шести станций Национальной сейсмической службы Грузии («Тбилиси»-T12, «Делиси»-TBL, «Давид-Гареджи»-DGRG, «Гори»-GOR,

«Мтацминда»-МТА, «Они»-ONI) и некоторых станций Сейсмологической службы НАН Азербайджана. Кроме того, использовались данные всех станций Крымской сети отдела сейсмологии Института геофизики НАН Украины [16]. Перечисленные материалы поступали в ГС РАН по обмену или заимствовались с сайта Международного сейсмологического центра ISC (<http://www.isc.ac.uk>).

В результате сводной обработки землетрясений 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 1968 сейсмических событий с $K_p=3.1-14.5$ [17], из них 1937 землетрясений и 31 событие отнесено к категории «взрыв» или «возможно взрыв». Минимальный класс равен $K_{p\ min}=3.1$ и характеризует землетрясение 27 февраля в 22^h03^m в Карачаево-Черкесской Республике, максимальный – равен $K_{p\ max}=14.5$ для землетрясения 11 октября в 09^h06^m с $h=8$ км на территории Чеченской Республики.

Кроме того, станциями Северного Кавказа были зарегистрированы 90 землетрясений на территории соседних государств, параметры их представлены на отдельной вкладке к электронному приложению на CD к наст. сб. [18].

Методика обработки сейсмических записей и получения параметров гипоцентров сейсмических событий в основном оставалась прежней [19] и включала следующие блоки:

- основной программой обработки цифровых записей являлась программа WSG [20], позволяющая проводить различного вида цифровую фильтрацию для лучшего выделения вступлений сейсмических фаз на фоне шумов, что дало возможность проводить имитацию записей аналоговых приборов ВЭГИК и СКМ для реализации замеров максимальных амплитуд *P*- и *S*-волн. Эта процедура обеспечила в результате корректное использование номограммы Т.Г. Раутиан [21, 22] для получения энергетического класса K_p ;
- для расширенного изучения особенностей сейсмических записей использовалась программа Geotool [23];
- для локации и получения параметров гипоцентров применялась программа huro71 [24] и четыре скоростных разреза для различных зон региона [19], вошедшие в рутинную практику;
- для уточнения положения гипоцентров землетрясений использовался метод двойных разностей и программа huroDD [25, 26]. В 2008 г. этот метод был применен при уточнении положения афтершоков Курчалойского землетрясения и оценки погрешностей вычисления координат эпицентров и глубин очагов.

Процесс составления сводного каталога по региону Северного Кавказа подразделен на три этапа:

1 – получение предварительных каталогов землетрясений Северо-Осетинским филиалом ГС РАН, Дагестанским филиалом ГС РАН, лабораторией сейсмичности Кавказских Минеральных Вод в рамках их зон ответственности [27];

2 – получение сводного каталога землетрясений территории Северного Кавказа с уточнением параметров части землетрясений, зарегистрированных одновременно несколькими сетями Северного Кавказа, и с дополнением данных сетей Крыма и Грузии, этот этап осуществляется в Информационно-обрабатывающем центре в Обнинске с подготовкой каталога Северного Кавказа к изданию в ежегоднике «Землетрясения России» [4];

3 – дополнительные локальные уточняющие исследования пространственного распределения очагов в ряде зон территории Северного Кавказа, определение оценок погрешностей вычисления.

Общая характеристика сейсмичности. Выделившаяся на всей территории Северного Кавказа суммарная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=3.51 \cdot 10^{14}$ Дж (табл. 3, 4), в 2.5 раза превышает энергию, выделившуюся в 2007 г. ($\Sigma E=1.43 \cdot 10^{14}$ Дж [3]), и более чем в пятьдесят раз выше таковой в 2006 г. ($\Sigma E=6.46 \cdot 10^{12}$ Дж [2]). Карта эпицентров всех землетрясений изображена на рис. 7. Как видим, основная их масса произошла традиционно в восточной части Северного Кавказа. Особенно высокий уровень сейсмичности по значению суммарной энергии наблюдался на территории Чеченской Республики в Терско-Каспийском прогибе. Интересно, что повышение активности на этой территории наблюдалось уже в 2007 г. [3], когда здесь выделилось сейсмической энергии в два раза больше, чем в 2006 г. [2].

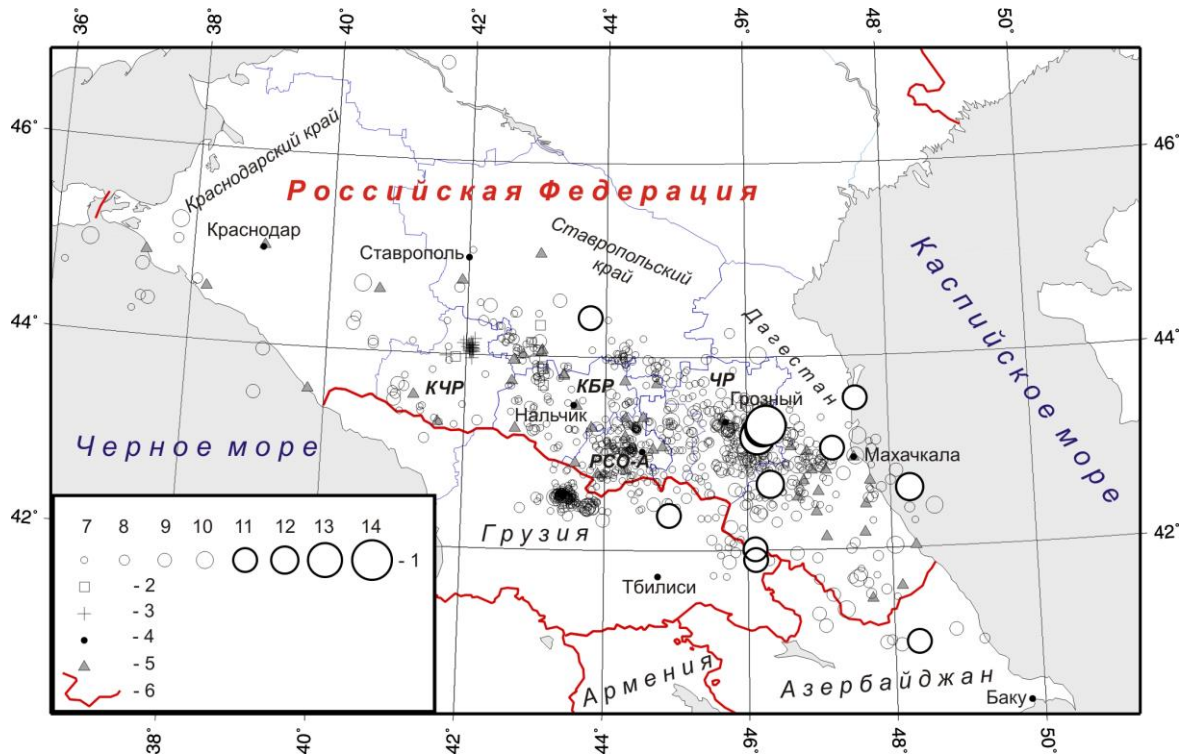


Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа с $K_p \geq 6.6$ за 2008 г.

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.

В целом по уровню выделившейся сейсмической энергии, сейсмичность территории Северного Кавказа в 2008 г. следует охарактеризовать как повышенную относительно фона за 47-летний период наблюдений с 1962 г. по 2008 г. [28].

Таблица 3. Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по административным территориям в 2008 г.

№	Район	K_p												ΣN	ΣE , Дж	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	Черное море					2	1	3	1						7	$1.2941 \cdot 10^{10}$
2	Краснодарский край				1		5	1	2						9	$3.1085 \cdot 10^{10}$
3	Ставропольский край		6	10	24	17	12	3		1				73	$8.4499 \cdot 10^{10}$	
4	Карачаево-Черкессия	1		2	8	5	4	2						22	$4.2100 \cdot 10^9$	
5	Кабардино-Балкария		4	11	19	21	9	2						66	$5.2331 \cdot 10^9$	
6	Северная Осетия–Алания		7	61	60	22	5		1					156	$1.6714 \cdot 10^{10}$	
7	Ингушетия				14	22	8	2	1					47	$6.4397 \cdot 10^9$	
8	Чеченская Республика				11	431	446	151	61	26	8	2	1	1137	$3.4872 \cdot 10^{14}$	
9	Ростовская область							1							$5.0119 \cdot 10^8$	
	Всего	1	17	84	137	520	490	165	66	27	8	2	1	1518	$3.4888 \cdot 10^{14}$	
10	Дагестан			3	31	57	55	17	11	3	1			178	$6.5676 \cdot 10^{11}$	
11	Каспийское море					2	5	1	3	2	1			14	$1.0945 \cdot 10^{12}$	
12	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии			40	82	51	34	14	3	3				227	$3.2600 \cdot 10^{11}$	
	Сумма	1	17	127	250	630	584	197	83	35	10	2	1	1937	$3.51 \cdot 10^{14}$	

Примечание. Землетрясение 6 сентября 2008 г. в $21^h 10^m$ с $K_p=8.7$ в Ростовской области в табл. 3 и 4 не учтено.

Таблица 4. Распределение суммарной сейсмической энергии ΣE землетрясений по административным единицам территории Северного Кавказа в 2006–2008 гг.

№	Район	$\Sigma E, 10^{11} \text{ Дж}$		
		2006 г.	2007 г.	2008 г.
1	Черное море	0.08050	6.55703	0.12941
2	Краснодарский край	0.14210	0.33922	0.31085
3	Ставропольский край	2.06900	1.54118	0.84499
4	Карачаево-Черкесия	0.00227	0.99597	0.042100
5	Кабардино-Балкария	0.00729	0.14908	0.052331
6	Северная Осетия–Алания	0.00826	0.25749	0.16714
7	Ингушетия	0.04072	0.12444	0.064397
8	Чеченская Республика	14.3000	26.4271	3487.2
	Всего	16.7100	36.4673	3488.8
10	Дагестан	1.2840	63.7095	6.5676
11	Каспийское море	20.220	1321.03	10.945
12	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии	26.360	12.7273	3.2600
	Сумма	64.574	1433.93	3509.6

Общие макросейсмические сведения. В населенных пунктах Северного Кавказа ощутимыми были 16 землетрясений [29]. Максимальная интенсивность сотрясений $I_{\text{max}}=7-8$ баллов отмечена 11 октября в Курчалое, Майртупе, Бачи-Юрте от Курчалойского землетрясения с $K_p=14.5$ [15]. Общее число сотрясенных пунктов за год составило 140 [30], из них наиболее часто (8 раз) фиксировались умеренные сотрясения в Махачкале (от 2–3 до 3–4 баллов). На рис. 8 совмещены населенные пункты и землетрясения, вызвавшие в них сотрясения. Электронный вариант каталога землетрясений [17] снабжен таблицей координат этих населенных пунктов [29]. Макросейсмическим проявлениям в зоне Курчалойского землетрясения 11 октября посвящена отдельная статья в настоящем сборнике [8].

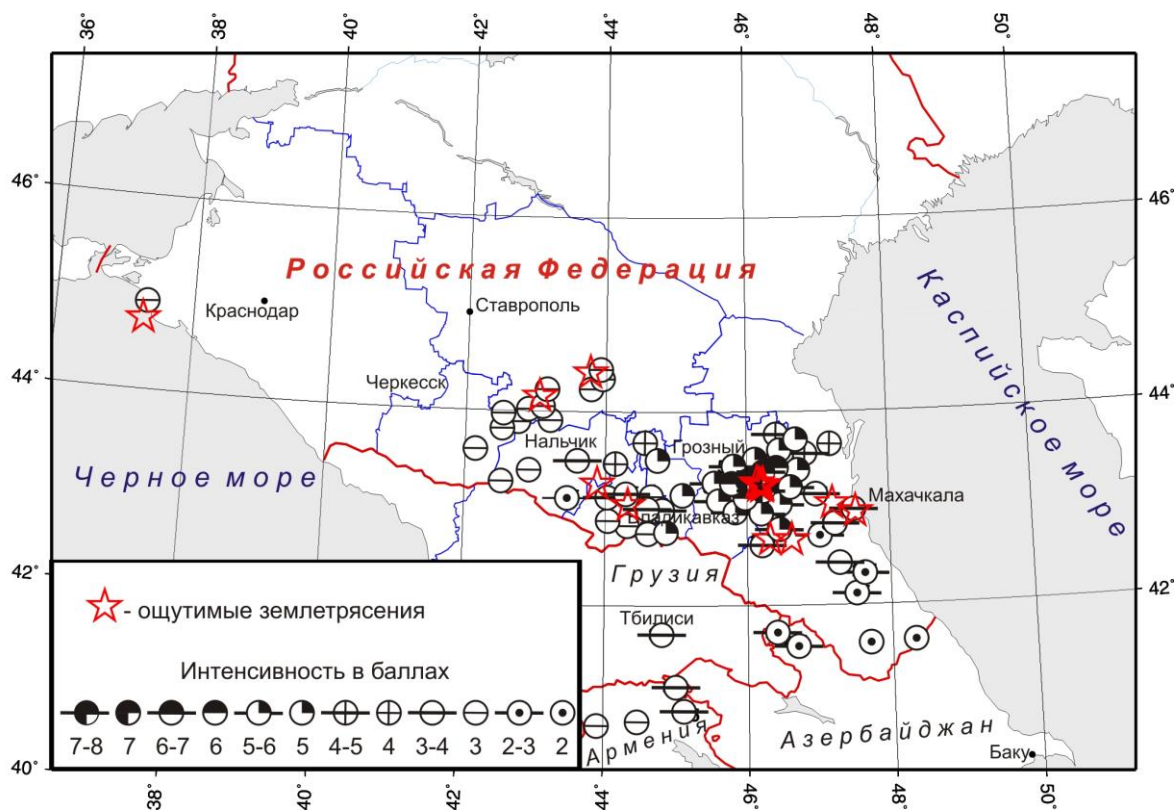


Рис. 8. Сотрясенные в 2008 г. населенные пункты с указанной в них интенсивностью сотрясений по шкале MSK-64 [31] (звездочки – эпицентры ощутимых землетрясений)

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

В акватории **Черного моря** зарегистрировано 7 землетрясений с $K_p=7.4-9.9$ (табл. 3 и 4, рис. 7). Большая их часть (5 толчков) сгруппировались напротив Анапы, два эпицентра – в районе Туапсе. Первую группу землетрясений возглавляет относительно сильное ($K_p=9.9$) землетрясение 24 июля в 14^h14^m , параметры которого определены также и Крымским сейсмологическим центром [16]. Решения параметров гипоцентра близки – ($44.96^\circ N, 36.48^\circ E, h=34 \text{ км}$, $K_p=9.9$ [17]) и ($44.87^\circ N, 36.37^\circ E, h=25 \text{ км}$, $K_{II}=10.1$ [16]). Расстояние между эпицентрами равно 13 км, между гипоцентрами – 9 км, между классами – $K_p-K_{II}=-0.2$.

В **Краснодарском крае**, включая территорию Адыгеи, зарегистрировано всего 9 землетрясений с $K_p=7.9-10.3$, из которых четыре зарегистрированы вблизи Анапы: одно из них (4 ноября в 17^h41^m с $K_p=9.4$) ощущалось в Анапе с интенсивностью $I=3$ балла ($\Delta=19 \text{ км}$), остальные пять локализованы на территории Кавказского заповедника между Адыгеей и Карачаево-Черкесией. Самое заметное ($K_p=10.3$) из них возникло 22 сентября в 05^h47^m между станциями Варениковской и Анастасиевской.

В пределах **Ставропольского края** по данным лаборатории сейсмического мониторинга Кавказских Минеральных Вод зарегистрировано 73 землетрясения с $K_p=4.2-10.9$ и 4 события типа «возможно взрыв» с $K_p=5.4-6.4$. Основная часть землетрясений локализовалась в двух южных зонах края: западной, вблизи границ Карачаево-Черкесии, и восточной – в приграничной области с Кабардино-Балкарией, Осетией и Чеченской Республикой. Эпицентры восточной зоны сформировали два роя (табл. 5 и 6), центры которых удалены друг от друга примерно на 30 км.

Таблица 5. Список землетрясений роя северо-западнее Моздока в 2008 г.

№	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	23 59 34.1	44.03	44.42	21	6.5	14	07.01	23 38 29.5	44.18	44.30	15	6.6
2	06.01	00 32 31.8	44.04	44.24	20	7.3	15	08.01	01 11 17.9	44.02	44.21	13	6.6
3	06.01	07 50 12.8	43.85	44.19	14	7.0	16	08.01	03 55 53.8	43.94	44.31	13	6.7
4	06.01	10 28 55.3	43.94	44.11	14	7.2	17	12.01	18 42 53.4	43.93	44.28	17	6.2
5	06.01	19 21 47.6	44.01	44.24	10	7.0	18	12.01	18 46 24.8	43.99	44.33	1	6.0
6	06.01	21 52 14.8	43.98	44.17	18	7.3	19	12.01	19 58 09.0	44.06	44.32	27	6.7
7	07.01	04 09 36.2	43.95	44.06	15	6.4	20	31.03	19 37 57.2	43.99	44.16	20	7.0
8	07.01	04 32 54.9	44.17	44.06	15	6.6	21	31.03	20 49 36.2	43.96	44.08	15	7.3
9	07.01	05 08 15.2	43.90	43.95	15	6.6	22	31.03	22 23 51.5	44.03	44.18	27	6.8
10	07.01	05 23 17.9	43.99	44.08	23	6.9	23	01.04	00 29 12.1	43.91	44.12	24	7.0
11	07.01	06 04 36.6	44.05	44.20	23	6.7	24	02.04	10 29 37.4	43.96	44.38	20	6.7
12	07.01	07 04 26.8	43.99	44.12	15	7.1	25	01.06	01 54 58.8	44.10	44.27	14	8.1
13	07.01	20 17 50.5	44.10	44.08	15	6.5	26	27.12	20 09 28.9	43.89	44.29	14	6.4

Таблица 6. Список землетрясений роя севернее Моздока в 2008 г.

№	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	03.01	21 49 07.6	43.83	44.70	15	6.2	7	16.06	06 40 28.1	43.87	44.64	29	7.9
2	08.01	22 17 14.4	43.92	44.74	14	6.4	8	16.06	07 00 57.4	43.97	44.60	13	7.7
3	09.01	02 44 49.1	43.90	44.71	16	8.5	9	27.08	20 36 00.1	43.96	44.81	21	7.0
4	09.01	06 02 11.8	43.90	44.75	21	7.2	10	19.10	16 38 01.2	43.86	44.88	14	7.2
5	11.01	14 10 09.6	43.94	44.87	12	6.5	11	22.12	16 57 10.8	43.85	44.71	21	6.1
6	22.04	00 19 39.5	43.97	44.66	25	7.4							

Второй рой, удаленный не более чем на 10 км к северу от Моздока, менее представительный по числу событий и более протяженный во времени (табл. 6). Следует отметить, что сейсмическая сеть в этом районе имела неудовлетворительный «дизайн»: ближайшие станции были расположены на расстояниях в среднем $\Delta_{\min}=46 \text{ км}$, а окружение эпицентра станциями характеризовалось средней величиной азимутальной бреша $GAP=254^\circ$, что позволяло определять параметры этих событий с ошибкой $\delta\Delta, \delta h=10-20 \text{ км}$.

Для доказательства принадлежности этих слабых событий к одному рою проведено сравнение их волновых форм. По исследованиям в других регионах, например в Прибайкалье [32], установлено, что землетрясения разных классов, объединяемые в рой, представляют собой генетически однородную группу событий. Приняв такую точку зрения и для роев Северного Кавказа, авторами были исследованы записи событий роя, которые должны быть подобны. С этой целью авторами был использован тот же подход классификации событий по форме огибающей средствами кластерного анализа, что и ранее, для разделения взрывов и землетрясений.

Для исследования были выбраны 22 землетрясения, произошедшие в 2003 и 2008 гг., волновые формы которых не искажены помехами и перерывами в записи. Для построения огибающих были взяты вертикальные компоненты сейсмической станции «Кисловодск», удаленной примерно на 135 км ($t_{S-P}=16$ с). Пример записей показан на рис. 9. Предварительно исследованы спектры записей, которые оказались подобны в широкой полосе частот (рис. 10). Все они имеют два максимума на частотах $f=5.2$ и 11.2 Гц. Дополнительно для контроля в выборку введены записи трех землетрясений, не принадлежащих рою, но удаленных на сопоставимые эпицентральные расстояния. Поэтому огибающие были построены для довольно широкой полосы Δf предварительной фильтрации – $\Delta f=2-13$ Гц. Функции взаимной корреляции вычислялись с использованием программы SAC2000 [33], построение дендрограммы (древовидный график) – по программе NEIGHBOR [34]. Для расчета расстояний между объектами использовалась формула: $D_{ij} = (1 - r_{ij}^2)/r_{ij}^2$, где r_{ij} – коэффициенты корреляции.

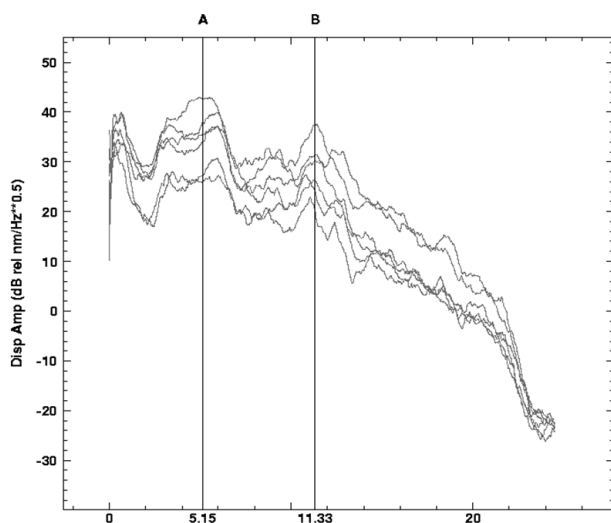


Рис. 10. Спектры 25-секундного фрагмента записей станции «Кисловодск» землетрясений роя в январе 2008 г.

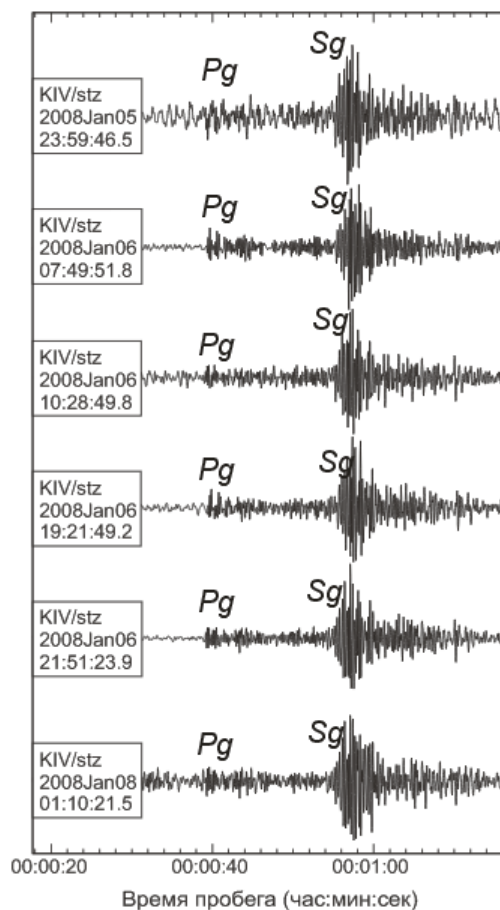


Рис. 9. Записи вертикальной компоненты станции «Кисловодск» землетрясений роя в январе 2008 г.

Дендрограмма метода средней связи, построенная по программе NEIGHBOR, наглядно показывает объединение в один класс огибающих записей землетрясений роев 2003 и 2008 гг. ($D=0.39$, что соответствует $r_{ij}=0.85$). Кроме того, внутри этой группы происходит разделение на две еще более тесно связанные ветви дендрограммы, соответствующие землетрясениям 2003 и 2008 гг.: в первой ветви $D \leq 0.22$, что соответствует $r_{ij} \geq 0.90$; во второй – $D \leq 0.18$, что соответствует $r_{ij} \geq 0.92$. К графику дендрограммы приложены рисунки огибающих, построенные при фильтрации исходной записи в полосе 2–13 Гц (рис. 11). В одну из них попала значительная часть роя 2003 г., в другую – роевые землетрясения января 2008 г., произошедшие близко к очаговой зоне роя 2003 г.

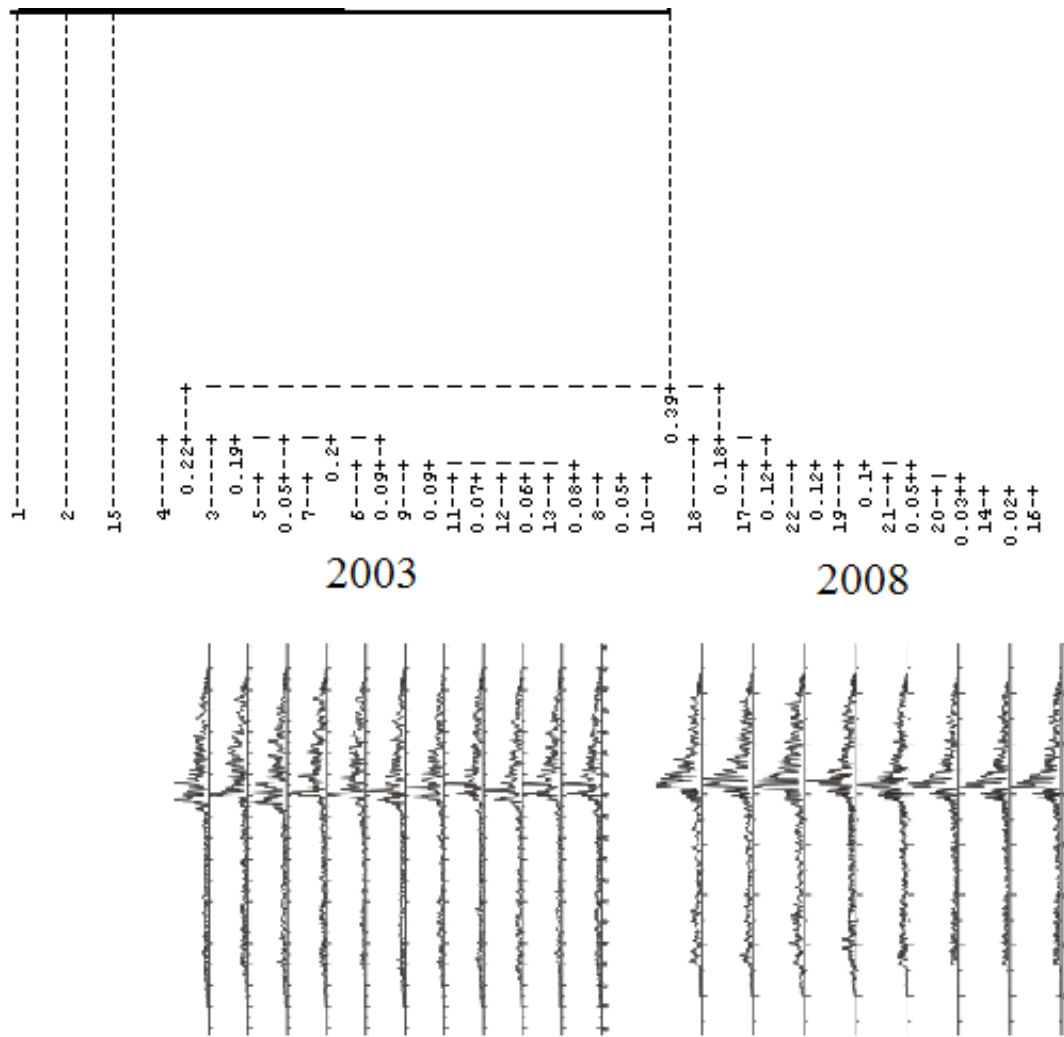


Рис. 11. Дендрограмма кластерного анализа методом средней связи и огибающие роевых землетрясений в районе Моздока в 2003 и 2008 гг.

Таким образом, исследование огибающих записей роевых землетрясений методом кластерного анализа средней связи позволили установить степень похожести сейсмических событий, предположительно принадлежащих к разнесенным во времени роевым последовательностям. Причем относительно тесная взаимосвязь на уровне $r_{ij} \geq 0.85$ устанавливается между огибающими записей землетрясений 2003 и 2008 гг., фильтрованными в широком частотном диапазоне. Эти исследования позволяют подтвердить генетическую связь этих событий.

Рои слабых землетрясений вблизи Моздока отмечались и в 2001 г. Тектоническая позиция всех этих роев 2001–2008 гг. связывается с приуроченностью к Гудермесско-Моздокскому диагональному глубинному разлому, протягивающемуся на восток вплоть до структур Дагестанского клина [35]. Рой 2008 г., так же как и 2001–2003 гг., произошел в пределах Моздокской зоны ВОЗ [36].

Наиболее заметным ($K_p=10.9$) в Ставропольском крае было землетрясение 4 ноября в 04^h20^m возле Зеленокумска. Оно ощущалось в Зеленокумске ($\Delta=9$ км), Отказном ($\Delta=10$ км) и Солдато-Александровском ($\Delta=15$ км) с интенсивностью $I=3$ балла и локализовано в пределах Невинномысской зоны ВОЗ, вблизи Кумской зоны ВОЗ [37].

Четыре события были классифицированы как «возможно взрыв». Такой классификации способствовали специфические особенности записи. Так, например, на записи ближайшей станции «Пятигорск», удаленной на $\Delta=5$ км от полученного эпицентра 9 сентября в 11^h28^m с $K_p=5.4$, через 15.7 с после начала записи регистрируется предположительно звуковая волна (рис. 12).

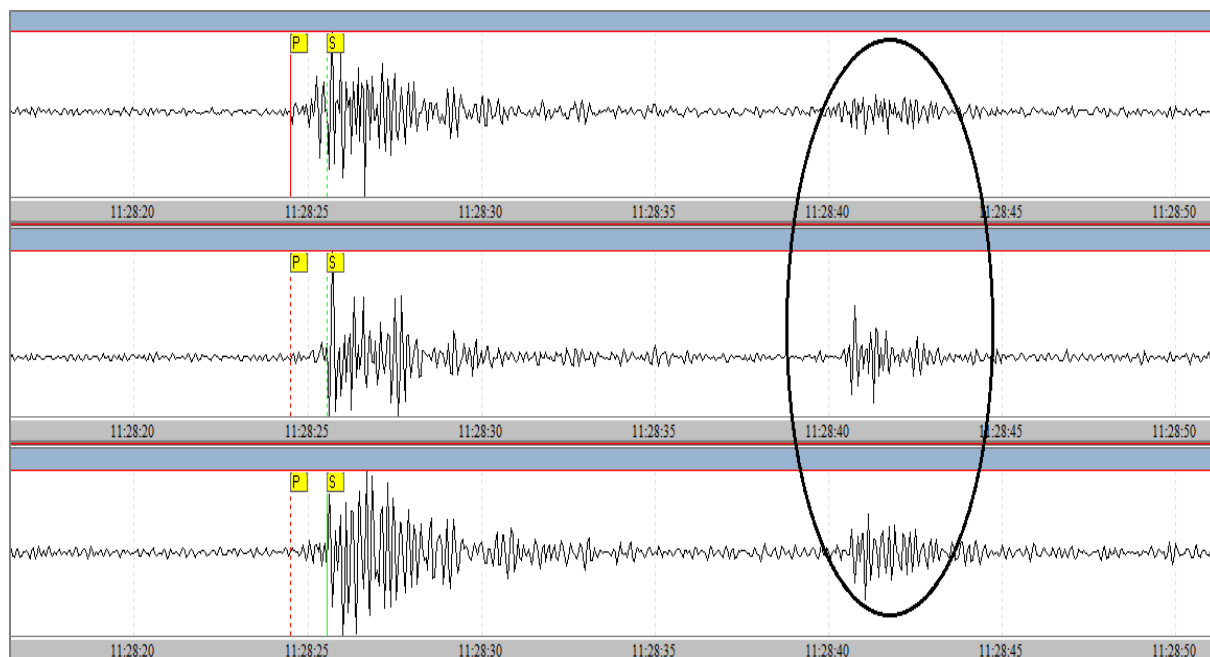


Рис. 12. Трехкомпонентные записи на станции «Пятигорск» 9 августа в 11^h28^m события типа «возможно взрыв» с $K_p=5.4$ (эллипсом выделено место регистрации предположительно звуковой волны)

В Карачаево-Черкесской Республике зарегистрировано 22 землетрясения с $K_p=3.1-9.3$. Четыре верхнекоровых землетрясения зарегистрированы в ноябре на юго-западном склоне хр. Абишира-Ахуба возле пос. Пхия в долине р. Большая Лаба (табл. 7) на юго-западе территории.

Таблица 7. Список землетрясений в районе р. Большая Лаба в 2008 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ° , N	λ° , E		
1	02.11	18 53 25.3	43.59	40.97	6	7.9
2	05.11	04 28 41.0	43.56	41.01	5	8.3
3	07.11	19 33 54.1	43.67	41.04	1	9.2
4	08.11	03 10 43.5	43.51	40.99	3	9.3

Около Усть-Джегуты зарегистрировано 24 взрыва с $K_p=6.0-8.2$ вблизи карьеров по добыче известняка и гипса.

На территории Кабардино-Балкарской Республики (рис. 7) возникло большее число ($N=66$) слабых землетрясений, нежели в Карачаево-Черкесской Республике. Одно землетрясение, зарегистрированное 3 декабря в 19^h24^m с $K_p=9.5$, ощущалось в Верхней Балкарии с интенсивностью $I=2-3$ балла. В районе Армавири-Эссентукского разлома, продолжающегося на территорию республики, произошли 22 землетрясения с $K_p=3.9-8.7$. Три события получили классификацию «возможно взрыв».

На территории Республики Северная Осетия-Алания (РСО-А) зарегистрировано 156 землетрясений с $K_p=4.1-10.2$, 128 из которых – слабые – с $K_p=4-6$ (табл. 3). Карта эпицентров всех землетрясений дана на рис. 13 вместе с событиями в приграничных зонах. Как видим, в пределах территории РСО-А слабая сейсмичность имела в основном рассеянный характер. Заметная часть землетрясений локализована в пределах Владикавказской-Западной зоны ВОЗ (рис. 13), где, согласно карте, потенциально возможны землетрясения с $M_{max}=6.5$ восточнее г. Владикавказ (зона 5) и $M_{max}=7.1$ – западнее (зона 5 а) [37]. Однако самая высокая плотность эпицентров на рис. 13 имеет место в приграничной к Алании с юго-востока территории Грузии, в очаговой зоне Рача-Джавского землетрясения [38], ориентированной параллельно зоне ВОЗ № 8 – Главному Кавказскому хребту (рис. 13).

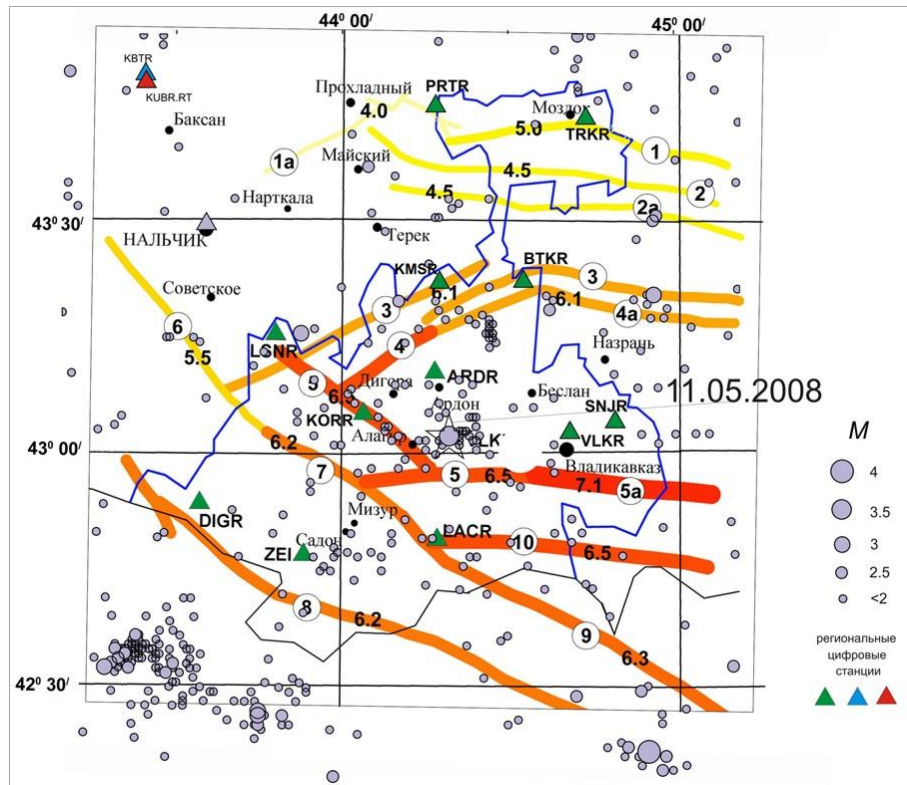


Рис. 13. Слабая сейсмичность территории РСО-А на фоне зон ВОЗ по [37] с указанием значений M_{\max} (звездой обведен эпицентр землетрясения 11 мая 2008 г. с $K_p=10.2$)

Номера и названия зон ВОЗ с соответствующим им значениями M_{\max} : 1 – Моздокская, $M_{\max}=5.0$; 2 и 2 а – Терская (северная и южная), $M_{\max}=4.5$; 3, 4, 4 а – Сунженская северная, Сунженская и Сунженская южная, $M_{\max}=6.1$; 5 – Владикавказская западная, $M_{\max}=6.5$; 5 а – Владикавказская восточная, $M_{\max}=7.1$; 6 – Нальчикская, $M_{\max}=5.5$; 7 – Мизурская, $M_{\max}=6.2$; 8 – зона Главного Кавказского хребта, $M_{\max}=6.2$; 9 – зона Бокового хребта, $M_{\max}=6.3$; 10 – Кармадонская, $M_{\max}=6.5$. Коды и названия станций: LSNR – «Лескен», ARDR – «Ардон», VLKR – «Владикавказ», DIGR – «Дигорское ущелье», ZEI – «Цей», LACR – «Лач».

11 мая в $10^{\text{h}}57^{\text{m}}$ на стыке зон 5 и 6 произошло самое значительное ($K_p=10.2$) ощутимое землетрясение года на этой территории, названное Хаталдонским. Ему посвящена отдельная статья в наст. сб. [38]. Вблизи Сунженской южной зоны ВОЗ в октябре (рис. 13) зарегистрирован рой слабых землетрясений с $K_p=5.0-7.7$. 31 октября 2008 г. за пять часов произошло более 20 землетрясений (рис. 14). Координаты гипоцентров этих событий определены с ошибкой $\delta\Delta$, $\delta h=5-7$ км, так как рой располагался в «треугольнике» между станциями «Ардон» ($\Delta=11$ км), «Батако-Юрт» ($\Delta=19$ км) и «Комсомольская» ($\Delta=18$ км). Глубины очагов $h=14-17$ км.

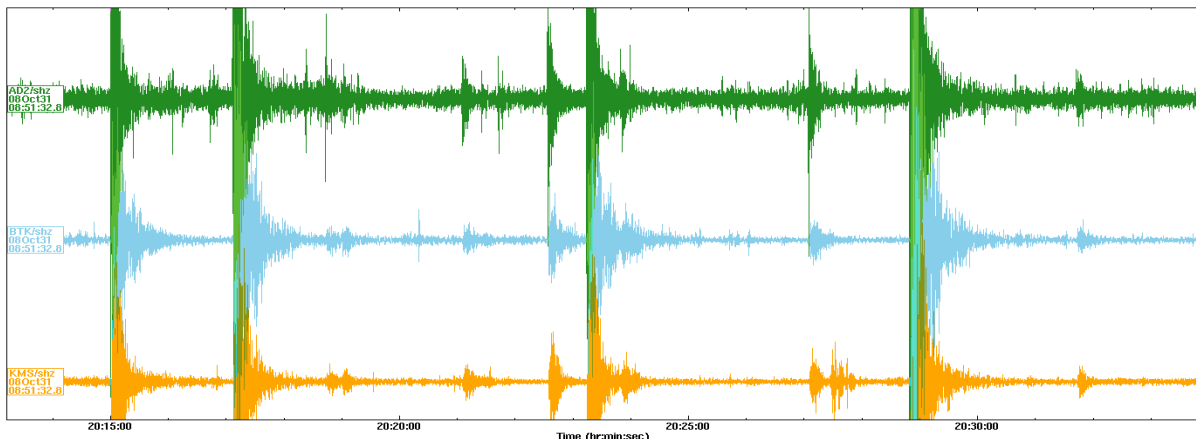


Рис. 14. Фрагмент 20-минутной записи (с $20^{\text{h}}15^{\text{m}}$ до $20^{\text{h}}35^{\text{m}}$) на вертикальных компонентах станций «Ардон» (AD2), «Батако-Юрт» (BTK) и «Комсомольская» (KMS)

Как было установлено при исследовании роевых событий вблизи Моздока, землетрясения Сунженского роя также имеют подобные записи. Относительно тесная взаимосвязь на уровне $r_{ij} \geq 0.88-0.96$ устанавливается между фрагментами записей землетрясений, фильтрованных в частотном диапазоне $f=1-3$ Гц (рис. 15).

В ближайшей к РСО-А приграничной территории Грузии продолжалась регистрация слабых землетрясений в очаговой зоне известного Рача-Джавского землетрясения 1991 г. [39, 40], где сейсмический процесс не затухает уже 17 лет. Здесь в 2008 г. зарегистрировано 170 толчков с $K_p=4.6-9.8$, параметры 104 из них получены только по данным сети Северо-Осетинского филиала ГС РАН. Наиболее значительные ($K_p=9.8$) землетрясения произошли в 2008 г. в этой зоне 13 апреля в 12^h39^m и 16 мая в 15^h06^m.

В **Ингушетии** зарегистрировано 47 землетрясений с $K_p=5.8-9.6$. Самое сильное ($K_p=9.6$) из них произошло 9 февраля в 07^h41^m в области структурно-тектонического узла, образованного поперечным Цхинвало-Казбекским глубинным разломом и Пшекиш-Тырныауз-Аргудан-Сунженским разломом Кавказского простираения (рис. 16), как и в 2007 г. [3].

На территории **Чеченской Республики** в 2008 г. зарегистрированы 1137 землетрясений с очагами в основном в земной коре [17]. Значительная их часть ($N=996$) являлись афтершоками упомянутого выше сильного ($M_S=5.6$) Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. в 09^h06^m. Детально инструментальные и макросейсмические данные этого землетрясения рассматриваются в двух статьях в наст. сб. [8, 15].

В отличие от предыдущих лет (2003–2007 гг.) в Терско-Сунженской зоне Терско-Каспийского прогиба зарегистрировано только два землетрясения с промежуточными глубинами $h=96-98$ км. Их эпицентры располагались вдоль диагонального Бенойско-Эльдаровского глубинного разлома, или шовной зоны (табл. 8, рис. 16). Можно сделать заключение о сейсмическом затишье в подкорковых слоях литосферы против явной активизации в них в предыдущие 5 лет [41].

Таблица 8. Землетрясения 2008 г. с $K_p \geq 8.0$ с промежуточными глубинами гипоцентров по [17]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ° , N	λ° , E		
1	05.05	23 20 40.4	43.00	46.22	98	8.2
2	19.11	00 15 25.4	43.17	45.85	96	8.6

На территории республики выделяется рой землетрясений, не менее 30 событий которого происходили на протяжении всего года в области радиусом 10 км и центром с координатами $\varphi=43.25^\circ N$, $\lambda=45.77^\circ E$, совпадающим с тектоническим узлом в пересечении глубинных разломов трех направлений: кавказского (Пшекиш-Тырныауз-Аргудан-Сунженского), диагонального (Бенойско-Эльдаровского) и поперечного (Аргунского) (рис. 17). Энергетический класс этих

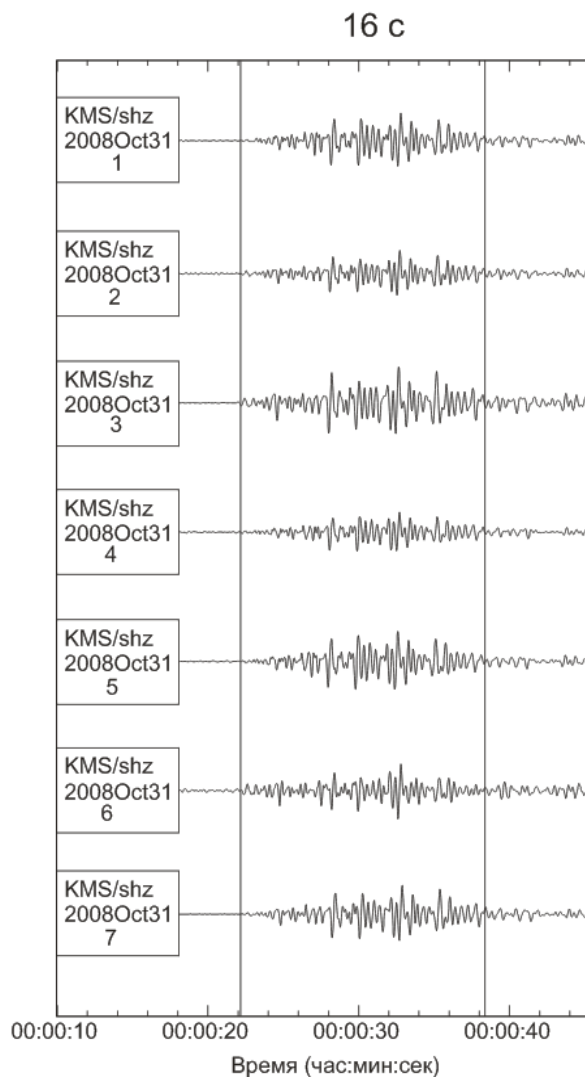


Рис. 15. Фрагменты записей станцией «Комсомольская» землетрясений роя 31 октября 2008 г., отфильтрованные в полосе $f=1-3$ Гц

землетрясений составлял $K_p=6.5-9.2$. Близко к этому очагу произошло одно из заглубленных землетрясений от 19 ноября 00^h15^m (табл. 8).

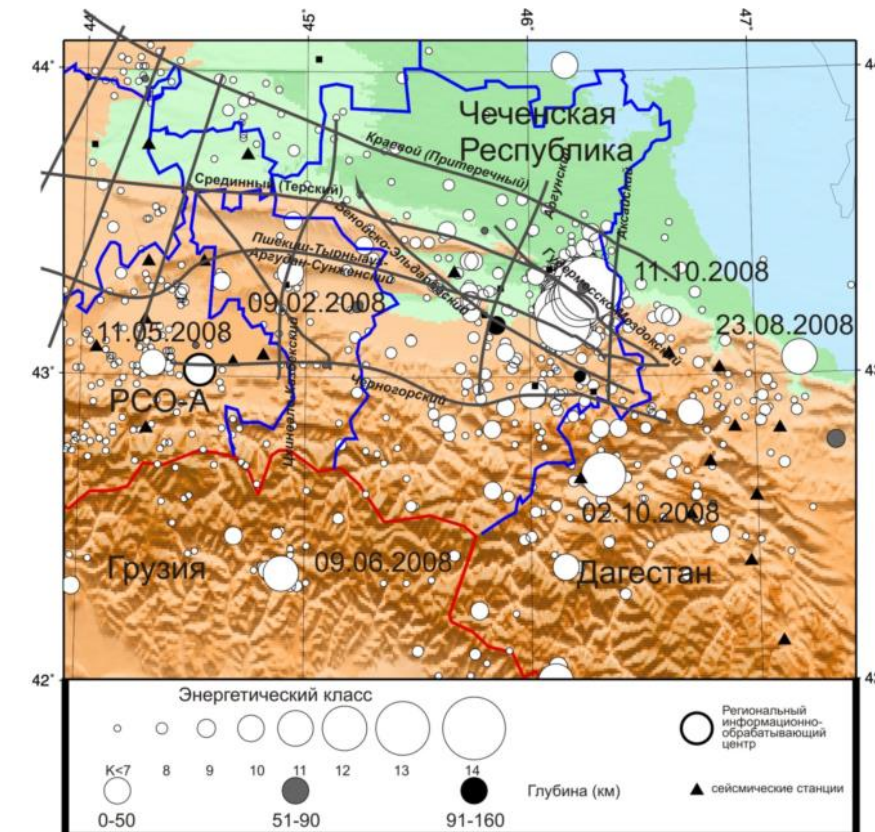


Рис. 16. Сейсмичность территории Чеченской Республики в 2008 г. на фоне глубинных разломов по [42]

На территории **Дагестана** зарегистрировано 178 землетрясений с $K_p=5.0-11.6$. Самое сильное ($K_p=11.6$) из них произошло 2 октября в 20^h02^m . Землетрясение ощущалось в Ботлихе: интенсивность сотрясений составила 3–4 балла. Еще три землетрясения ощущались только в Махачкале: интенсивность сотрясений составила 3 и 2–3 балла от землетрясений 23 июля в 03^h15^m с $K_p=9.8$, 4 августа в 18^h55^m с $K_p=8.0$ и 23 августа в 07^h29^m с $K_p=11.0$.

Более подробно сейсмичность Дагестана, как отмечено выше, изложена в отдельной статье наст. сб. [43].

Каспийское море. В акватории Каспийского моря зарегистрировано 14 землетрясений с $K_p \geq 7.8-11.9$. Наиболее значимые из них произошли 22 января в 11^h16^m с $K_p=11.0$, и 25 апреля в 15^h18^m с $K_p=11.9$ и 15^h19^m с $K_p=11.2$.

Согласно регионализации О.Д. Цхакая [44], сейсмичность Северного Кавказа в 2008 г. характеризуется высокой активностью в Восточном Предкавказье, включающем зону Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. в 09^h06^m с $MS=5.6$, и пониженным уровнем активности во всех других районах.

Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Девяткина Л.В., Погода Э.В., Темникова З.В. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 96–111.
2. Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Девяткина Л.В., Головкова Л.В. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 81–96.
3. Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Малянова Л.С. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 100–116.
4. Габсатарова И.П., Девяткина Л.В., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В. Северный Кавказ // Землетрясения России в 2008 году. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 15–19.

5. Мехрюшев Д.Ю., Янков А.Ю., Погода Э.В., Даниялов М.Г., Габсатарова И.П., Пойгина С.Г. (сост.). Сейсмические станции ГС РАН в хронологии их открытия в аналоговом и/или цифровом варианте ($N=47$), работающие на территории Северного Кавказа в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Маловичко А.А., Мехрюшев Д.Ю., Горожанцев С.В., Шевченко А.В. Новая сейсмическая станция на территории Кабардино-Балкарии // Сейсмические приборы. – 2011. – 47. – № 1. – С. 68–74.
7. Мехрюшев Д.Ю. Результаты проведения комплексных сейсмологических и геодинамических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей (отчет Центрального отделения ГС РАН за 2009 год). – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2010. – 142 с.
8. Асманов Ю.А., Левкович Р.А., Гайсумов М.Я., Керимов И.А., Габсатарова И.П., Головкова Л.В., Иванова Л.Е., Пономарёва Н.Л., Чепкунас Л.С., Рыжикова М.И. Макросейсмические проявления Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с $K_p=14.5$, $M_w=5.8$, $I_0=7-8$. (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
9. Цхакая А.Д., Махатадзе Л.Н., Табидзе Д.Д. Чхалтинское землетрясение. – Тбилиси: Мецниереба, 1967. – 54 с.
10. Габсатарова И.П., Маловичко А.А., Старовойт О.Е. История инструментальных сейсмических наблюдений на Северном Кавказе (очерк) // Геофизический журнал. Институт Геофизики НАН Украины. – 2008. – 30. – № 5. – С. 50–72.
11. Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа // Очерки региональной геологии СССР. Вып.8. – М.: МГУ, 1963. – С. 206–299.
12. 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.
13. Цифровая сейсмическая станция SDAS (описание и инструкция по эксплуатации). – Обнинск: ЦОМЭ ГС РАН, 2004. – 94 с.
14. Peterson J. Observation and modeling of seismic background noise // U.S. Department of Interior, Geological Survey. Open-File Report 93–322, 1993. – 91 p.
15. Габсатарова И.П. Инструментальные параметры и афтершоковый процесс Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с $K_p=14.5$, $M_w=5.8$, $I_0=7-8$. (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
16. Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Козиненко Н.М. (отв. сост.), Антонюк Г.П., Бухарина Л.И., Горячун Ю.Г., Курьянова И.В., Ткаченко А.И. Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 2008 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2008 год. – Севастополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2009. – С. 112–137.
17. Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Головкова Л.В., Асманов О.А., Девяткина Л.В. (отв. сост.), Александрова Л.И., Иванова Л.Е., Малянова Л.С., Амиров С.Р., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Гамидова А.М., Абдуллаева А.Р., Калоева И.Ю., Киселева О.А., Перевозников К.А., Цирихова Г.В. (сост.). Каталог землетрясений ($N=1937$) и взрывов ($N=31$) Северного Кавказа за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
18. Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Головкова Л.В., Асманов О.А., Девяткина Л.В. (отв. сост.). Землетрясения вне зоны Северного Кавказа за 2008 г. по данным сетей станций Северного Кавказа ($N=90$) (См. Приложение к наст. сб. на CD).
19. 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.
20. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Первой Международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург». Петергоф, 2–6 октября 2006 г. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
21. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – № 9 (176). – С. 75–114.
22. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР). – М.: Наука, 1964. – № 32 (199). – С. 88–93.
23. Coyne J., Clark K., Lloyd S. IDC Documentations Geotool Software User Tutorial. – 16 July 2003. – 59 p.

24. Lee W.H.K. and Valdes C.M. HYP071PC: A personal computer version of the HYP071 earthquake location program // U.S. Geological Survey Open File Report 85-749. – 1985. – 43 p.
25. Waldhauser F. and Ellsworth W.L. A double-difference earthquake location algorithm: method and application to the Northern Hayward fault, California // Bull. Seism. Soc. Am. – 2000. – 90. – N 6. – P. 1353–1368.
26. Waldhauser F. HypoDD – A program to compute double-difference hypocenter locations // U.S. Geol. Survey. Open File Report 01-113. – 2001. – P. 25.
27. Маловичко А.А. и др. Основные результаты сейсмического мониторинга на территории России и научно-исследовательских работ Геофизической службы РАН за 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 25–27.
28. 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.
29. Габсатарова И.П., Асманов О.А., Левкович Р.А., Гайсумов М.Я., Головкова Л.В., Иванова Л.Е., Пономарева Н.Л. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений ($N=16$) Северного Кавказа в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
30. Габсатарова И.П. Координаты сотрясенных в 2008 г. населенных пунктов ($n=140$) Северного Кавказа. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
31. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
32. Солоненко Н.В., Солоненко А.В. Афтершоковые последовательности и рои землетрясений в Байкальской рифтовой зоне. – Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1987. – 93 с.
33. Golstein P., Dodge D., Firpoand M. and Lee M. SAC2000: Signal processing and analysis tools for seismologists and engineers // Invited contribution to «The IASPEI International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology» / Ed. by W.H.K. Lee, H. Kanamori, P.C. Jennings and C. Kisslinger. – London: Academic Press, 2003.
34. Chernobyte I., Zhizhin M., Gabsatarova I., Mechrushev D. Analysis of the near source and regional seismic records from mine explosions in Northern Caucasus. Discrimination between explosions and regional earthquakes // EOARD, Technical Report Obninsk. SRC-94-4088. – 1995. – P. 1–40.
35. Габсатарова И.П., Девяткина Л.В., Селиванова Е.А. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 81–96.
36. Рогожин Е.А., Габсатарова И.П., Погода Э.В. Зоны ВОЗ и сейсмичность территории Республики Северная Осетия–Алания // Сейсмичность Северной Евразии. Материалы Международной конференции, посвященной 10-летию выпуска сборника научных трудов «Землетрясения Северной Евразии». – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 243–249.
37. Лутиков А.И., Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н. Методика оценки сейсмической опасности на стадии уточнения исходной сейсмичности // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Третьей Международной сейсмологической школы. – С. 81–86.
38. Габсатарова И.П., Погода Э.В., Головкова Л.В. Хаталдонское землетрясение 11 мая 2008 г. с $K_T=10.2$, $I_0=4$ (Северная Осетия–Алания). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
39. 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.
40. Арефьев С.С. Эпицентральные сейсмологические исследования. – М. ИКЦ «Академкнига», 2003. – С. 47, 49, 349.
41. Габсатарова И.П. Глубокие землетрясения в Терско-Сунженской зоне // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы. Владикавказ, 4–8 октября 2010 г. – Обнинск, ГС РАН, 2010. – С. 59–64.
42. Станулис В.А., Хлуднев В.Ф. Некоторые проблемные вопросы геологии и нефтеносности Терско-Сунженского района (Северный Кавказ, Терско-Каспийский краевой прогиб) // Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. – М.: Наука, 1987. – С. 246–254.
43. Амиров С.Р., Асманов О.А., Даниялов М.Г., Левкович Р.А., Мусалаева З.А. Дагестан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
44. Цхакая А.Д., Джибладзе 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.