

СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ

И.П. Габсатарова, Е.А. Селиванова, Л.В. Девяткина, Э.В. Погода, З.В. Темникова

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

Сейсмический мониторинг Северного Кавказа проводился в 2005 г., как и ранее [1–3], на территории нескольких административных его единиц – Краснодарского и Ставропольского краев, Кабардино-Балкарии, Ингушской и Чеченской Республик, Республики Северная Осетия–Алания, Дагестана, а также акваторий Черного и Каспийского морей. Северный Кавказ является наиболее сейсмоактивным в европейской части Российской Федерации и в свою очередь входит в состав одного из активнейших на земном шаре Альпийско-Гималайского сейсмоактивного пояса.

Сейсмическая сеть в 2005 г. расширилась в пределах Республики Северная Осетия–Алания [4], где к уже действующим шести сейсмическим станциям («Владикавказ», «Ардон», «Дигорское ущелье», «Лац», «Лескен», «Цей») добавились еще шесть (табл. 1). В результате локальная сеть в центральной части Северного Кавказа состоит из двенадцати станций (рис. 1).

Таблица 1. Новые сейсмические станции сейсмической сети Северо-Осетинского филиала ГС РАН, открытые в 2005 г.

№	Сейсмическая станция		Дата открытия	Координаты		h_y , м	Подпочва	Тип АЦП и сейсмометра	
	Название	Код		φ°, N	λ°, E				
									межд.
1	Притеречная	PRTR	PRT	08.08.2005	43.752	44.282	136	Глина, суглинок	SDAS + CM-3-KB
2	Терская	TRKR	TRK	09.08.2005	43.723	44.732	141	Моренные отложения	SDAS + CM-3-KB
3	Комсомольская	KMSR	KMS	11.08.2005	43.371	44.292	348	Глина, суглинок	SDAS + CM-3-KB
4	Кора	KORR	KOR	03.11.2005	43.086	44.068	621	Скальные породы	SDAS + CM-3-KB
5	Ботакоюрт	BTKR	BTK	02.12.2005	43.372	44.542	597	Глина, суглинок	SDAS + CM-3-KB
6	Сунжа	SNJR	SNJ	26.12.2005	43.069	44.812	671	Глина, суглинок	SDAS + CM-3-KB

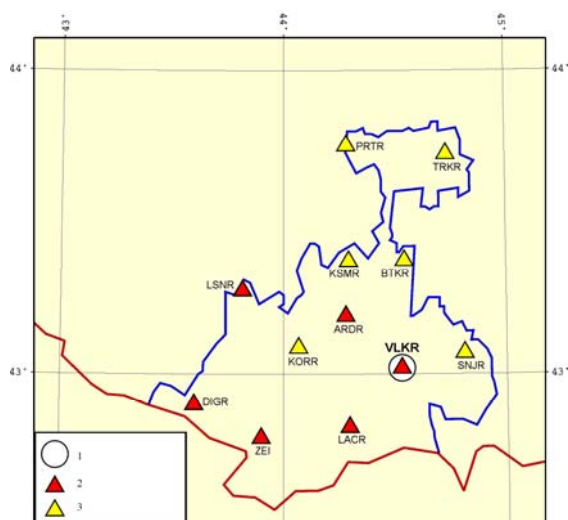


Рис. 1. Сейсмическая сеть Северо-Осетинского филиала ГС РАН в 2005 г.

1 – региональный центр обработки, 2, 3 – сейсмическая станция, открытая до и в 2005 г. соответственно.

обошлось и без потерь – 21 августа 2005 г. была разграблена и прекратила свое существова-

Эти изменения существенным образом повлияли на регистрационные возможности сети Северного Кавказа, особенно в его центральной части. Это хорошо иллюстрирует кумулятивный график повторяемости числа землетрясений, зарегистрированных в целом на Северном Кавказе (рис. 2). Число землетрясений с $K_p \geq 8.5$ осталось близким к соответствующему числу в 2004 г., но число слабых землетрясений существенно возросло. График показывает, что представительным энергетическим классом становятся землетрясения с $K_p \geq 7.0$.

Кроме того, продолжалось переоснащение существующих сейсмических станций Северного Кавказа с аналоговым регистрационным оборудованием на цифровое: с 1 мая 2005 г. остановлена регистрация аналоговым оборудованием на станции «Гофицкое», с 6 июня перешли на режим цифровой регистрации на станции «Цей». К сожалению, не

ние станция «Нагутское», входящая в радиотелеметрическую систему Кавказских Минеральных Вод. Эта станция была важна для мониторинга землетрясений Ставропольского края, особенно для его северной части.

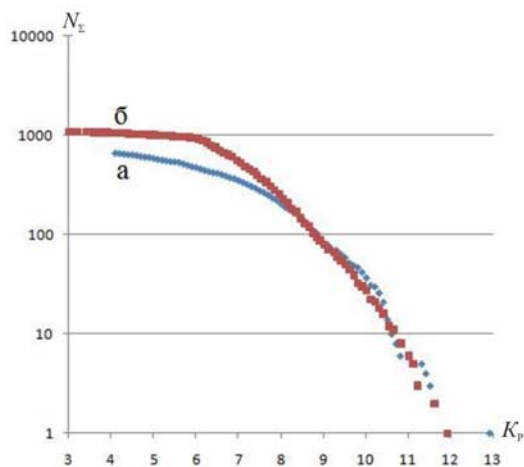


Рис. 2. Кумулятивный график повторяемости землетрясений Северного Кавказа за 2004 (а) и 2005 гг. (б)

По-прежнему для составления каталога по Северному Кавказу использовались данные станции «Тбилиси» из Грузии и Сейсмологический бюллетень Украины с данными всех станций Крымской сети [5].

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 1121 сейсмических событий с $K_p=3.0-11.9$ [6]. Минимальный класс $K_p=3.0$ характеризует землетрясение 17 мая в 23^h39^m с $\varphi=44.02^{\circ}N$, $\lambda=42.81^{\circ}E$ и $h=1$ км в Ставропольском крае, максимальный – с $K_p=11.9$ – 13 марта в 01^h31^m с $\varphi=44.7^{\circ}N$, $\lambda=37.18^{\circ}E$ и $h=22$ км – в акватории Черного моря, Краснодарский край. В каталог в том числе включены, как и ранее [7–9], события, идентифицированные как «взрыв» или

«возможно взрыв», общее число которых составило $N_{взр}=107$. Они зарегистрированы в основном локальной сетью Кавказских Минеральных Вод, включающей станции «Кисловодск», «Пятигорск», «Белый Уголь», «Куба-Таба» и «Шиджатмаз». Большая часть взрывов производится в карьерах вблизи пос. Усть-Джегута в Карачаево-Черкесии. Диаграммы распределения по времени землетрясений и взрывов показаны на рис. 3, 4.

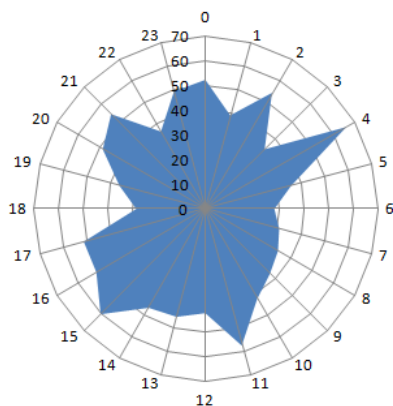


Рис. 3. Диаграмма распределения по времени (по Гринвичу) землетрясений в 2005 г.

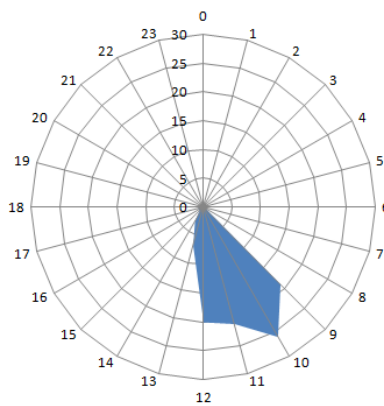


Рис. 4. Диаграмма распределения по времени (по Гринвичу) взрывов в 2005 г.

После исключения «взрывов» и «возможно взрывов» суммарное годовое число землетрясений в каталоге составило $N_{\Sigma}=1014$. Их распределение по классам приводится по районам административного деления Северного Кавказа и в акваториях Черного и Каспийского морей (табл. 2) и дополнительно в целях сохранения Банка данных с районами О.Д. Цхакая [10] по сейсмостектоническим районам Большого Кавказа №№ 1–3, 10–13 (табл. 3).

Ниже анализируется сейсмичность западной, центральной и восточной частей Северного Кавказа, вплоть до территории Дагестана, которая описана в отдельной статье [11] наст. сб. Выделившаяся на всей территории Северного Кавказа суммарная сейсмическая энергия равна $\Sigma E=24.23 \cdot 10^{11}$ Дж (табл. 2, 3), что в четыре раза ниже таковой в 2004 г. ($\Sigma E=96.478 \cdot 10^{11}$ Дж [4]), но в шесть раз выше, чем в 2003 г. ($\Sigma E=4.57 \cdot 10^{11}$ Дж [3]). В целом, как и ранее [1–3], сейсмичность имела мозаичный характер, связанный с отдельными сейсмостектоническими блоками и зонами их сочленения (рис. 5).

Таблица 2. Распределение числа землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по административным районам в 2005 г.

№	Район	K_p										N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{11} Дж
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Черное море						2	2	1		1	6	8.025
2	Краснодарский край					5	10	1	1			17	0.121
3	Ставропольский край	3	36	34	36	25	9	4	3			150	0.540
4	Карачаево-Черкесия		1		3	9	6					19	0.0011
5	Кабардино-Балкария	2	8	10	29	17	4	1				71	0.009
6	Северная Осетия–Алания				34	23	5	2				64	0.0276
7	Ингушетия				48	49	23	9	8	1		138	2.158
8	Чеченская Республика				13	54	46	13	6		1	133	4.947
	Всего	5	45	44	163	182	105	32	19	1	2	598	15.877
9	Дагестан		1	13	82	95	66	19	9	6		291	6.408
10	Каспийское море						14	5	2			21	0.456
11	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии				36	34	19	11	2	2		104	1.489
	Итого	5	46	57	281	311	204	67	32	9	2	1014	24.230

Таблица 3. Распределение числа землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам О.Д. Цхакая [10] в 2005 г.

№	Район	K_p										N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{11} Дж
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Западный Кавказ				2	9	17	1	1			30	0.126
2	Центральный Кавказ	2	8	10	71	44	9	5	1			150	0.115
3	Восточный Кавказ		1	13	106	140	124	36	16	8	1	445	12.712
10	Черное море						2	2	1		1	6	8.025
11	Каспийское море						14	5	2			21	0.310
12	Ставропольская возвышенность	3	37	34	25	18	5	4	3			129	0.536
13	Восточное Предкавказье				77	100	33	14	8	1		233	2.406
	Всего	5	46	57	281	311	204	67	32	9	2	1014	24.230

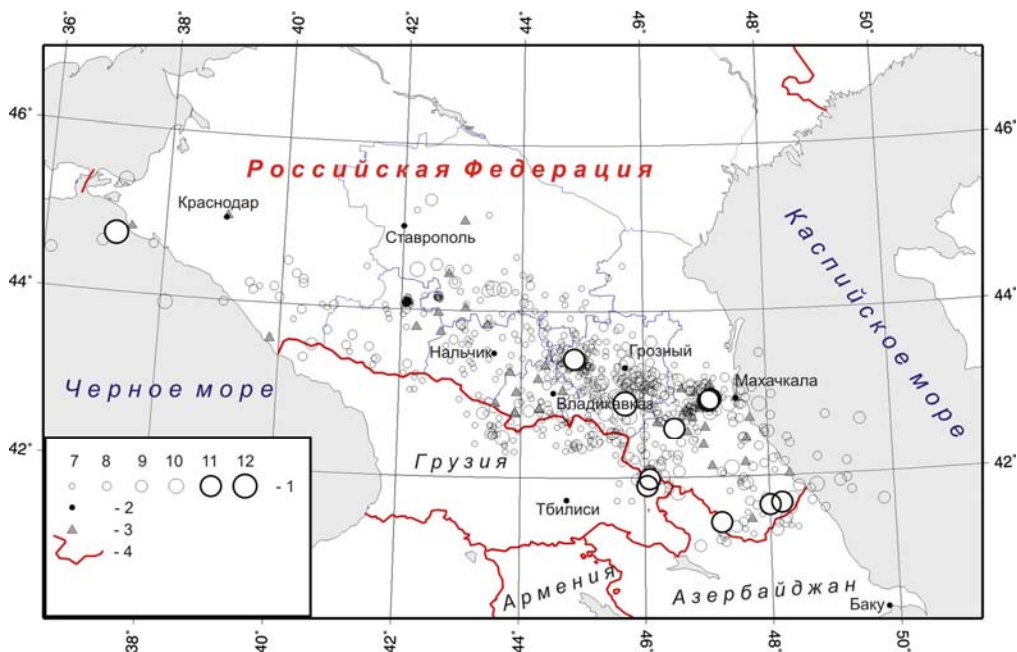


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа с $K_p \geq 6.6$ за 2005 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – населенный пункт; 3 – сейсмическая станция; 4 – государственная граница.

На рис. 6 показаны населенные пункты и землетрясения, вызвавшие в них сотрясения. Электронный вариант каталога землетрясений [6] снабжен таблицей координат этих населенных пунктов для составления БД макросейсмического эффекта в населенных пунктах Северного Кавказа.

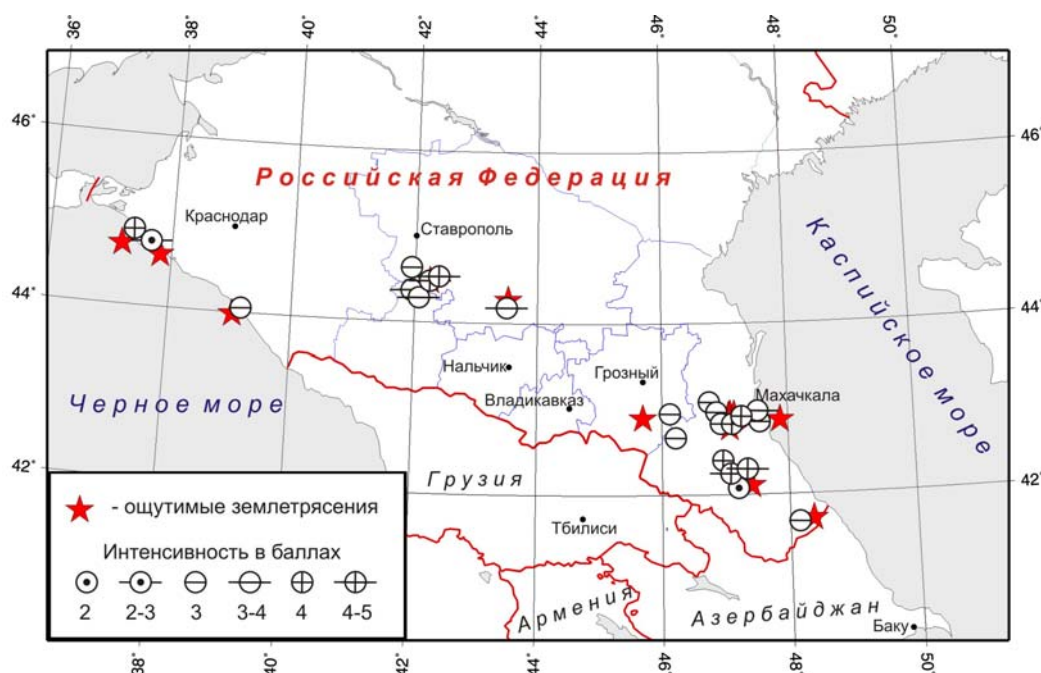


Рис. 6. Положение землетрясений, вызвавших макросейсмический эффект, и населенных пунктов с указанной интенсивностью сотрясений в баллах

В акватории **Черного моря** зарегистрировано всего шесть землетрясений с $K_p=8.0-11.9$ (табл. 2, 3, рис. 5). Наиболее сильное ($K_p=11.9$) из них возникло 13 марта в 01^h31^m в 26 км от побережья, явилось также и самым сильным на Северном Кавказе в 2005 г. Оно ощущалось в Анапе с интенсивностью $I=3-4$ балла, в Краснодаре, Новороссийске, Абинском и Славянском районах Краснодарского края – отмечены слабые колебания. Это землетрясение было зарегистрировано многими сейсмическими сетями (табл. 4).

Таблица 4. Основные параметры землетрясения 13 марта 2005 г. с $K_p=11.9$ по данным различных агентств

Агентство, источник	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					h , км	δh , км	Магнитуды	Характеристика используемой сети			
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	n				Δ°_{\min}	Δ°_{\max}	GAP $^\circ$	
Северный Кавказ [6]	01 31 19.7	0.5	44.71	0.03	37.18	0.03	22		$MPSP_{\text{рег}}=5.1/8$ $K_p=11.9/10$	17	23	796	144	
MOS [12]	01 31 18.8	1.02	44.953	7.3	37.131		23		$MS=3.9/10$, $MPSP=4.6/45$	142	0.5	73.0		
ISC [13]	01 31 20.0	0.12	44.8799	3.34	37.1538	2.28	33 f		$m_b=4.7/78$, $h^*=h_{\text{DP}}$	200	0.77	95.22	21	
NEIC [13]	01 31 18.8	0.18	44.491		37.254		15 f							
CSEM [14]	01 31 13.6		44.920		37.360		2							
ZUR RMT [13]	01 31 16.0	0.18	44.491		37.254		15 f							
REB IDC [13]	01 31 22.8	1.07	44.9692	13.6	37.1479		38.4		$ML=4.5/7$, $m_b=4.5/20$	29	5.6	148	91	

Примечание. MOS – Geophysical Institute-Russian Academy of Science, Obninsk; ISC – International Seismological Centre, UK; NEIC – National Earthquake Information Center, World Data Center A, USGS, USA; CSEM – European-Mediterranean Seismological Centre; REB IDC – Revised International Data Centre of the CTBTO Preparatory Commission CTBT; f – фиксированная глубина.

Вопрос о глубине очага, так же, как и в случае с Нижнекубанским-II землетрясением 9.11.2002 г. [15], вызвал разногласия у различных центров (табл. 4). Для решения этого вопроса было проведено исследование глубины h по глубинным фазам pP и sP . Выделение глубинной фазы pP на записях станции «Обнинск» при помощи поляризационной фильтрации позволило подтвердить глубину, полученную при локации с использованием местного скоростного разреза [16]. Глубинная фаза была выделена предположительно через 5.0^s после первого вступления, которая, как показала поляризационная фильтрация, имеет такую же поляризацию, как и первое вступление, к тому же на горизонтальной компоненте север-юг через 8.3^s выделяется, возможно, глубинная фаза sP . В таком случае глубина очага, определенная по глубинным волнам, будет равна $h_{sp}^*=22$ км.

Механизм очага этого землетрясения (табл. 5) построен в Швейцарском центре методом тензора момента [13].

Таблица 5. Параметры механизма очага землетрясения 13 марта в $01^{h}31^{m}$ с $K_p=11.9$ из [13]

Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды				Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агентство
			M_w	M_s	$MPSP$	m_b	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
13.03	01 31 19.7	22	4.6	4.1	4.6	4.4	8	344	29	78	59	240	278	59	-55	44.00	45.00	-134	ZUR_RMT

Согласно этим данным, движение в его очаге реализовалось под действием преобладающих растягивающих напряжений, направленных на север-северо-восток. Тип движения по обеим нодальным плоскостям – сброс, со сдвиговыми компонентами (рис. 7). Простираение нодальной плоскости $NP1$ субширотно и близко простираению в этом месте зоны глубинных разломов, поэтому ее можно определить в качестве действующей плоскости.

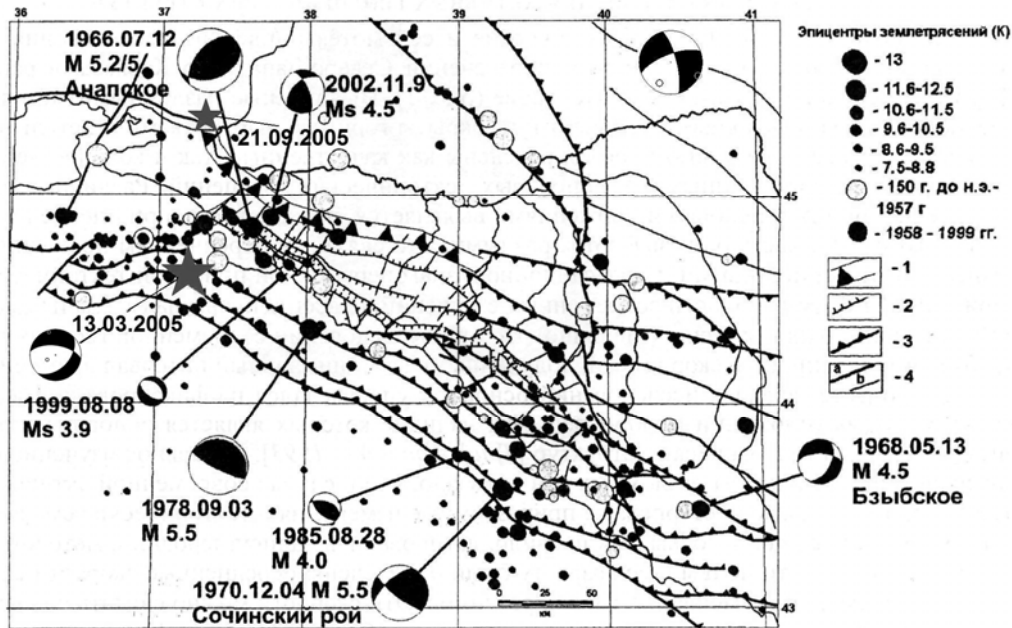


Рис. 7. Положение эпицентров двух землетрясений 2005 г. (13 марта $01^{h}31^{m}$, 21 сентября в $19^{h}08^{m}$) и предыдущих за 1966–2002 гг. на фоне активных разломов по [17]

В Краснодарском крае, включая территорию Адыгеи, зарегистрировано 17 землетрясений, которые в основном произошли в Республике Адыгея и ее ближайшем окружении. Самое заметное ($K_p=10.0$) землетрясение отмечено 21 сентября в $19^{h}08^{m}$ на юго-восточном побережье Азовского моря. Ближайшая к эпицентру станция «Анапа» удалена на 70 км. Землетрясение было записано станцией «Сочи» ($\Delta=2.35^\circ$), станциями Кавказских Минеральных Вод ($\Delta=4^\circ$), на севере – станцией «Сторожевое» ($\Delta=5.7^\circ$) (на Воронежском кристаллическом массиве). Их записи на вертикальной компоненте показаны на рис. 8.

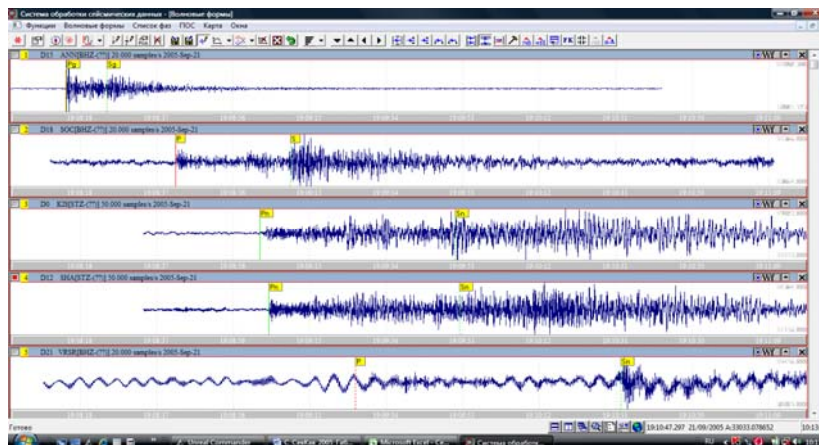


Рис. 8. Записи землетрясения 21 сентября в 19^h08^m на вертикальной компоненте станций «Анапа», «Сочи», «Кисловодск», «Шиджатмаз» и «Сторожеево» соответственно

Для землетрясения 13 марта 01^h31^m были исследованы спектральные и очаговые параметры в двух организациях: в ГС РАН – по записям станции «Сочи» с $\Delta=2.34^\circ$ [18] и в ИГ НАНУ – по записям Крымских станций «Алушта» и «Севастополь» [19]. В результате было получено два значения моментной магнитуды – $M_w=4.6$ и 4.4 соответственно.

Землетрясения 13 марта и 21 сентября являются следствием продолжающейся умеренной активизации в Керченско-Анапской и Черноморской зонах на западном Кавказе, начавшейся Нижнекубанским-II землетрясением 09.11.2002 г. [15].

В пределах **Ставропольского края** зарегистрировано 150 землетрясений с $K_p=3.0-10.4$. Как видно из табл. 2, число слабых землетрясений с $K_p<5$ на этой территории значительно, но оно несколько ниже, чем в 2004 г. [4]. Все слабые землетрясения произошли на эпицентральных расстояниях менее 50 км от Кисловодска и приурочены к Минераловодскому выступу. Возникновение многочисленных мелкофокусных слабых землетрясений является характерной особенностью сейсмического режима в этом районе. Часто эти землетрясения образуют рои. В 2005 г. рои регистрировались весной и осенью, в частности с 19 марта по 30 апреля были локализованы 42 землетрясения (табл. 6, рис. 9).

Таблица 6. Список землетрясений в Боргустанском рое в марте-апреле 2005 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	19.03	04 06 49.0	44.15	42.58	7	6.3	22	27.03	04 38 25.7	44.15	42.82	9	4.9
2	19.03	16 38 33.0	44.15	42.59	6	6.6	23	28.03	06 35 29.7	44.16	42.59	9	5.3
3	20.03	04 07 38.4	44.15	42.62	7	8.2	24	28.03	15 14 29.3	44.17	42.58	6	4.4
4	20.03	04 09 30.1	44.14	42.57	4	4.1	25	29.03	20 19 48.2	44.15	42.60	6	6.3
5	20.03	07 48 49.6	44.16	42.58	7	5.2	26	29.03	23 10 45.9	44.15	42.60	7	4.2
6	20.03	08 55 18.7	44.15	42.58	5	4.6	27	30.03	00 37 15.5	44.16	42.63	11	4.4
7	20.03	15 35 59.7	44.16	42.61	1	5.9	28	30.03	04 12 38.9	44.61	42.30	2	5.6
8	21.03	12 33 17.7	44.15	42.59	8	7.2	29	30.03	04 25 27.2	44.17	42.60	6	7.9
9	21.03	16 01 57.6	44.14	42.59	5	4.2	30	30.03	07 55 29.7	44.16	42.61	1	5.8
10	21.03	18 48 13.1	44.14	42.57	5	3.2	31	30.03	08 02 35.3	44.13	42.53	3	4.7
11	21.03	21 21 51.6	44.15	42.58	5	3.7	32	30.03	08 29 46.6	44.16	42.64	11	4.5
12	21.03	22 47 34.4	44.14	42.58	5	4.3	33	31.03	06 04 12.1	44.42	42.78	2	5.2
13	22.03	06 27 53.7	44.14	42.58	5	4.0	34	01.04	10 00 03.3	44.15	42.59	4	4.8
14	22.03	06 55 35.6	44.15	42.55	5	4.6	35	05.04	02 35 36.5	44.15	42.62	7	7.4
15	22.03	14 56 41.7	44.16	42.59	6	4.7	36	05.04	02 38 41.8	44.15	42.56	2	3.5
16	24.03	00 54 31.6	44.19	42.93	7	5.5	37	13.04	20 26 49.1	44.17	42.68	11	4.7
17	24.03	02 46 37.0	44.16	42.59	5	4.1	38	17.04	02 16 46.8	44.14	42.60	8	4.8
18	24.03	11 41 00.7	44.15	42.60	2	4.8	39	22.04	17 57 48.6	44.14	42.84	0	3.7
19	25.03	20 06 10.5	44.18	42.59	9	7.0	40	22.04	17 59 42.1	44.17	42.61	8	3.9
20	25.03	20 33 29.3	44.12	42.54	5	4.1	41	22.04	18 13 15.2	44.17	42.58	2	5.0
21	27.03	02 05 49.7	44.15	42.64	11	4.3	42	22.04	23 10 16.9	44.15	42.88	7	5.9

Самое сильное ($K_p=8.2$) землетрясение из первого роя произошло 20 марта в 04^h07^m, пять относительно сильных ($K_p=6.6-7.9$) толчков зарегистрированы 19, 21, 25, 30 марта, 5 апреля, остальные имели $K_p=3.2-6.3$. Расстояния от эпицентра до станций Суворовская и Боргустанская составляли примерно 6–7 км, до г. Кисловодска – около 20 км, до г. Черкесска – 40–45 км. Этот рой привел к появлению сейсмодислокаций второго типа в виде обвалов и оползней, которые нарушили систему водовода вблизи станции Боргустанской. В апреле рой мигрировал в направлении г. Пятигорска и привел к возникновению обвалов и осыпей на участке Бештау–Лермонтов Северо-Кавказской железной дороги. Два слабых толчка в этом районе были зарегистрированы 22 и 30 апреля в зоне между гг. Лермонтов и Железноводск. Восточнее г. Георгиевска, практически на линии миграции роя, 4 мая в 17^h00^m произошло землетрясение с $K_p=9.7$, а 25–27 июня в этой же очаговой зоне зарегистрировано восемь землетрясений с $K_p=4.2-7.2$.

Ранее подобный рой был отмечен в этом же районе в 1994 г. [20]. Вероятнее всего, возникновение описанного выше роя связано с активизацией сейсмического процесса в области Черкесского глубинного разлома. Косвенно на это указывает относительная заглуженность ($h=6-11$ км) отдельных очагов мартовского роя (табл. 6).

Новый рой из 23 землетрясений возник в этом районе осенью 2005 г. с самым сильным ($K_p=10.4$) из них от 20 ноября в 23^h52^m, вызвавшем в Георгиевске колебания с интенсивностью $I=4-5$ баллов. Вблизи его эпицентра расположены населенные пункты Георгиевск, Обильное и Новозаведенное.

Изучение слабой сейсмичности в густонаселенном Ставропольском крае чрезвычайно важно. Ведь максимально возможные землетрясения на территории Ставропольского края по прогнозным оценкам [21] характеризуются магнитудами от $M_{max}=4.2-4.6$ на Ставропольском своде до $M_{max}=6.0-6.5$ на Минераловодском выступе. При этом следует учитывать неблагоприятные грунтовые и инженерно-гидрогеологические условия, связанные с резким повсеместным подъемом уровня грунтовых вод. Это вызвало активизацию гравитационно-склоновых процессов в виде массовых оползней еще с начала 90-х гг. прошлого века. Такие процессы могут обусловить катастрофические сейсмогравитационные явления при землетрясениях с магнитудами, близкими к M_{max} [22].

В **Карачаево-Черкесской Республике** зарегистрировано 19 землетрясений с $K_p \leq 8.1$, которые рассеяны как по площади, так и во времени. Кроме того, в республике локализовано 100 техногенных событий типа «взрыв» и «возможно взрыв» в диапазоне $K_p=4.4-7.8$. Идентифицированные взрывы произведены в карьерах «Джеганах» и «Цемзавод» вблизи Усть-Джегута, лишь четыре – в районе г. Карачаевск. По времени взрывы производились в интервале 9^h–12^h (рис. 4), как и в предыдущие годы [1–4].

Интересное явление зафиксировано в сейсмогенной зоне, расположенной в центральной части **Кабардино-Балкарской Республики (КБР)** вблизи Армави́ро-Ессенту́кского разлома и его продолжения в сторону Нальчика (Нальчикского участка). Здесь в мае 2005 г. зарегистрирована серия слабых ($K_p < 7$) толчков. Следует заметить, что по состоянию сети в 2005 г. представительными в этом районе были землетрясения с $K_p=4.5-5.5$, записанные, хотя и малым числом станций ($n=3-5$), но с удовлетворительным окружением (рис. 9). Известно, что даже малые сеймотектонические деформации могут нарушить устойчивость горных масс, особенно на склонах, что и произошло из-за серии слабых землетрясений – 25 мая сошел **оползень** в районе Заюково, после чего там возник новый теплый источник (по сообщениям МЧС КБР и лаборатории КМВ ГС РАН, Кисловодск). Несмотря на то, что, здесь известно сильное землетрясение 05.11.1861 г. (координаты эпицентра: $\varphi=43.7^\circ\text{N}$ $\lambda=43.2^\circ\text{E}$, с $M=4.5$, $I_0=5-6$ баллов [23]), в последнее время здесь происходили только одиночные слабые землетрясения.

На записях трех станций – «Куба-Таба», «Шиджатмаз» и «Лескен», удаленных от оползня на расстояния $\Delta=30, 50$ и 55 км, соответственно, были обнаружены специфические колебания, по внешнему виду более длиннопериодные на участке максимальных амплитуд и с более медленным нарастанием к A_{max} , нежели на записях местных землетрясений и взрывов (рис. 10 а). По внешним признакам они были похожи на описания записей оползня, представленные в [24] в предгорьях Заи́лийского Алатау, поэтому они были идентифицированы как «возможно оползневые». Амплитудный спектр, построенный по записи оползня, существенно

отличается от спектров землетрясения и взрыва. На нем выделяются два максимума при $f_1=0.9$ Гц и $f_2=4$ Гц. В целом спектры землетрясения и взрыва более высокочастотны (рис. 10 б).

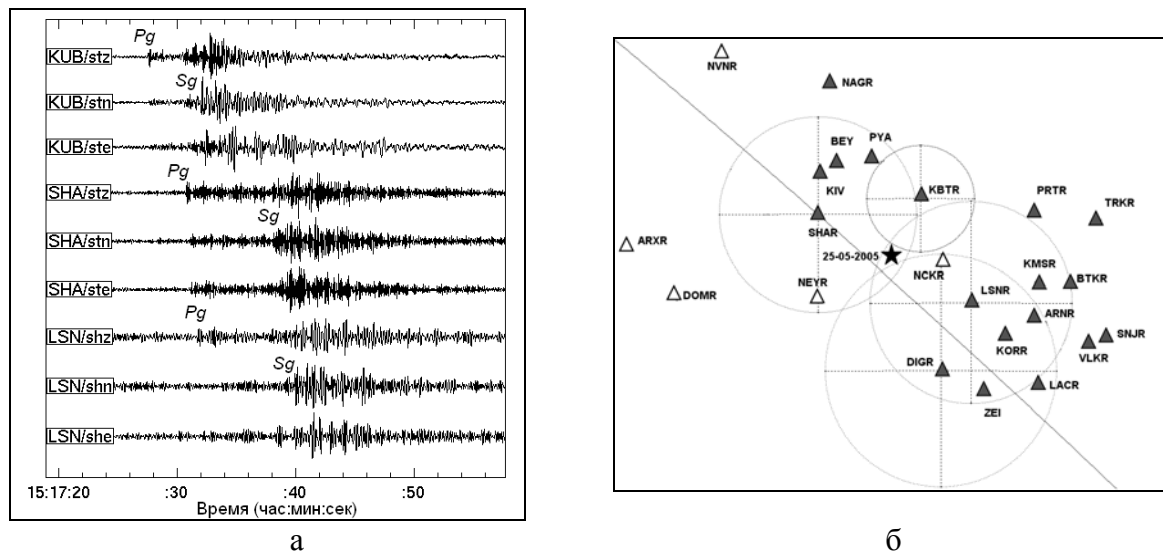


Рис. 9. Трехкомпонентные записи станций «Куба-Таба»-(KUB), «Шиджатмаз»-(SHA), и «Лескен»-(LSN) оползня 25 мая 2005 г. в 15^h17^m с $K_p=5.8$ в районе Заюково и результат локации по программе WSG [25]

Записи станции «Шиджатмаз» фильтрованы в полосе частот $\Delta f=4-15$ Гц, станции «Лескен» – $\Delta f=3-6$ Гц, записи станции «Куба-Таба» нефильтрованы.

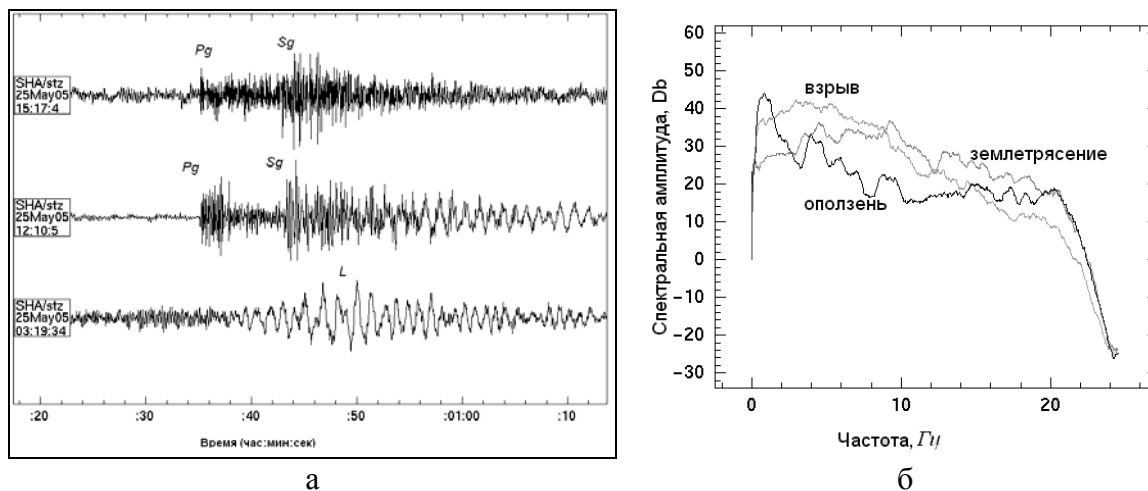


Рис. 10. Сравнение записей спектров местного землетрясения, взрыва в карьере и оползня на вертикальной компоненте станции «Шиджатмаз» (использована программа Geotool [26])

На следующем этапе были исследованы поляризационные свойства колебаний в записи оползня через графики движения частиц (рис. 11). На записях станций «Шиджатмаз» и «Куба-Таба» в полосе частот $\Delta f=0.4-0.8$ Гц наиболее отчетливо видна поляризация колебаний. В начале записи оползневого события довольно узкий эллипс поляризации в горизонтальной плоскости вытянут в азимутальном направлении со станции на место оползня. Но поляризация в максимуме записи подобна эллиптической, характерной для поверхностной волны. Аналогичные результаты получены и для записей станции «Куба-Таба».

На территории Республики Северная Осетия–Алания зарегистрировано 64 слабых землетрясений, лишь семь из которых имели $K_p \geq 8$: 19 февраля в 08^h02^m с $K_p=8.1$ и $h=1$ км, 18 апреля в 01^h36^m с $K_p=8.1$ и $h=12$ км, 26 апреля в 17^h50^m с $K_p=8.8$ и $h=22$ км, 28 мая в 16^h50^m с $K_p=8.0$ и $h=11$ км, 25 июля в 01^h35^m с $K_p=9.1$ и $h=22$ км, 29 сентября в 07^h58^m с $K_p=8.1$ и $h=18$ км

и 28 ноября в 05^h36^m с $K_p=8.0$ и $h=10$ км, остальные имели $K_p \leq 7.5$. Сейсмичность на этой территории имела рассеянный характер (рис. 12).

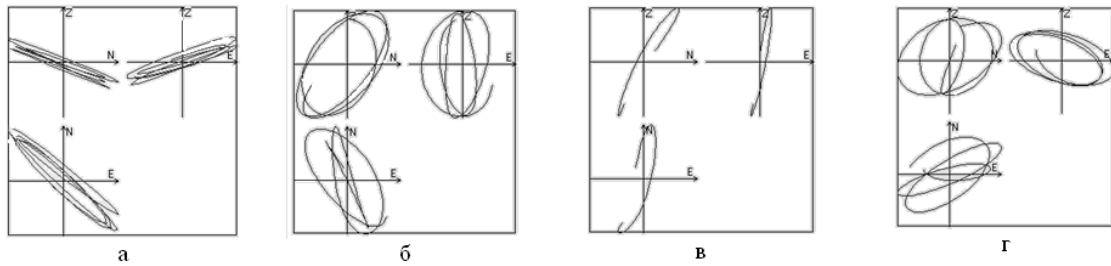


Рис. 11. Эллипсы поляризации в волновых группах записи оползня, записанные на станциях «Шиджатмаз» и «Куба-Таба»: а, б – начало и максимум записи оползневой события на станции «Шиджатмаз»; в, г – то же, для записей станции «Куба-Таба»

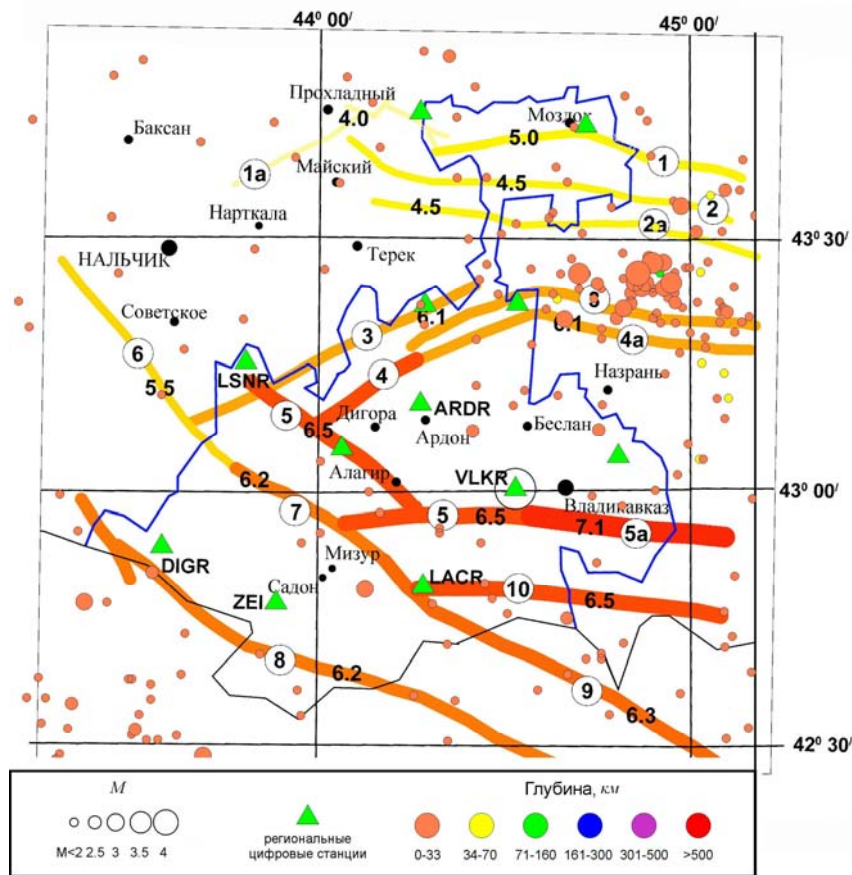


Рис. 12. Слабая сейсмичность территории PCO-A на фоне зон ВОЗ по [27] с указанием значений M_{max} (от 4.0 до 7.1)

Номерами в кружках обозначены зоны ВОЗ: Моздокская (1), Терская северная (2), Терская южная (2 а), Сунженская северная (3), Сунженская (4), Сунженская южная (4 а), Владикавказская западная (5), Владикавказская восточная (5 а), Нальчикская (6), Мизурская (7), зона Главного хребта (8), зона Бокового хребта (9) и Кармадонская (10). Коды и названия станций: «Лескен»-(LSNR), «Ардон»-(ARDR), «Владикавказ»-(VLKR), «Дигорское ущелье»-(DIGR), «Цей»-(ZEI), «Лач»-(LACR).

В Ингушетии в январе 2005 г. началась активизация в пределах Сунженской зоны ВОЗ, между ее северной и южной ветвями [27]. Здесь самое сильное ($K_p=11.1$) землетрясение произошло в районе г. Малгобек 7 января в 15^h10^m и сопровождалось афтершоками вплоть до начала апреля (рис. 13). Всего зарегистрировано 11 землетрясений, половина которых – слабые (с $K \leq 6$) и локализованы только по данным станций Северо-Осетинского филиала ГС РАН.

Процесс в этом очаге продолжался всю первую половину года. Согласно схеме потенциальных очагов сильных землетрясений Кавказа [27], очаговая зона землетрясения 7 января входит в состав протяженной субширотной зоны с $M_{\max}=6.0\pm 0.2$.

Предварительные результаты локации этой серии землетрясений представили очаг как довольно разбросанную по площади и по глубине ($h=3\text{--}33$ км) серию толчков. Записи землетрясений на ряде станций были подобны, что послужило причиной проведения работ по уточнению положения гипоцентров толчков этой серии.

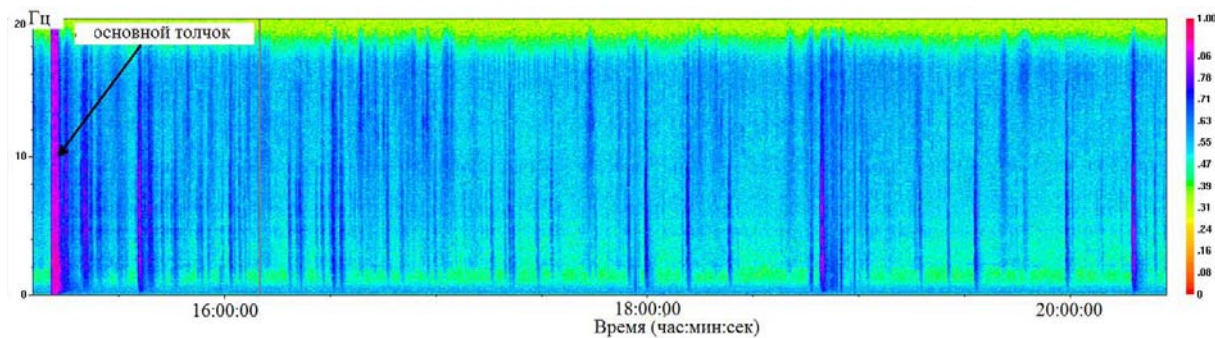


Рис. 13. Временной ряд реализации землетрясений в Малгобекском очаге за первые пять часов 7 января на спектрограмме, построенной по записи станции «Цей» при скользящем окне в 1^m (слева показан нормированный уровень спектра мощности)

Для уточнения был применен метод «двойных разностей» [28, 29], эффективный в случае совокупности близко расположенных очагов. Он позволяет одновременно переопределять местоположения гипоцентров землетрясений на относительно больших удалениях от наблюдающих станций, объединяя разности времен пробега P - и S -волн, полученные из кросскорреляционного анализа, с разностями времен пробега, полученными из сейсмологического бюллетеня, минимизируя остаточные или «двойные» разности. Для пар землетрясений можно минимизировать и векторную разницу между положениями гипоцентров. Таким образом можно уточнить расстояние между событиями без использования станционных поправок, т.е. удастся избавиться от влияния неоднородностей среды на пути очаг–станция, которые, как правило, не могут быть учтены достаточно хорошо.

Метод успешно был применен, например для уточнения положения гипоцентров афтершоков Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. на Алтае [30], Такойского роя 2006 г. на Сахалине [31], параметров землетрясений Северного Тянь-Шаня в задаче исследований современных деформаций земной коры в его пределах [32], координат гипоцентров землетрясений в центральной части Терско-Каспийского прогиба на Северном Кавказе [33].

Процесс уточнения для землетрясений 2005 г. на территории Республики Ингушетия и Чеченской Республики Северного Кавказа изложены в работе [34]. Были уточнены параметры 74 событий возле Малгобека, зарегистрированные 7 и 8 января 2005 г. на 20 станциях. Они вошли в один кластер со следующими координатами центроида: $\varphi=43.39^\circ\text{N}$, $\lambda=44.88^\circ\text{E}$, $h=15.6$ км. Отклонения новых координат гипоцентров от таковых по рутинной методике (программе huro71) составили в среднем: $\Delta\varphi=7$ км, $\Delta\lambda=8$ км, $\Delta h=10$ км. Среднее значение глубины кластера получено равным $\bar{h}=19\pm 5$ км, которое хорошо согласуется с глубиной $h_{\text{рр}}$. Действительно, по данным Международного центра ISC [13], глубина гипоцентра основного толчка по глубинным фазам pP и sP , найденным на 14 станциях, удаленных от эпицентра на $21\text{--}73^\circ$, составила $h=24$ км. Близкое значение ($h=18$ км) глубины этого землетрясения было использовано и при построении механизма очага методом момента тензора в Швейцарском центре Zurich Moment Tensors (ZUR_RMT). Таким образом, глубина основного толчка (с учетом погрешности определения) и значения глубин последующих толчков говорят об активизации сейсмического процесса на границе «гранит–базальт», так же как и в зоне описанного выше Моздокского роя.

В результате применения метода «двойных разностей» произошло заметное стягивание эпицентров в отдельные, более компактные группы [34].

Очаг землетрясения 7 января с $K_p=11.1$ в Ингушетии расположен в зоне тектонического узла (рис. 14), образованного Тырныузско-Сунженским глубинным разломом субширотного

простирается и Даттых-Ахловской диагональной шовно-сдвиговой зоной [35]. Механизм очага этого землетрясения [13] типичен для структур Кавказа – почти чистый взброс под действием сжимающих напряжений, направленных на север ($AZM=4^\circ$, табл. 7). Субширотное простираение обеих нодальных плоскостей близко к простираению Тырнаузско-Сунженского разлома (4 на рис. 14).

Таблица 7. Параметры механизма очага землетрясения 7 января в 15^h10^m с $K_p=11.1$ по методу момента тензора из [13]

Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				T		N		P		NP1			NP2		
				PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
07.01	15 10 53.4	24*	11.1	86	261	4	94	1	4	278	46	96	90	44	84

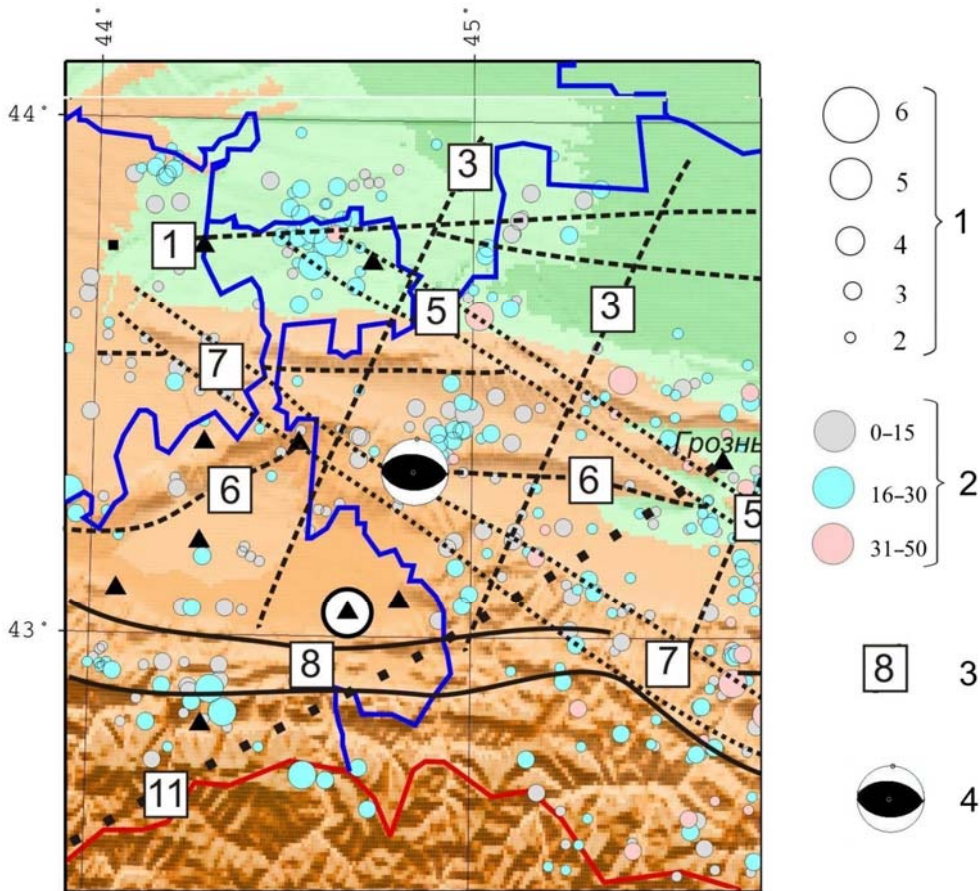


Рис. 14. Положение эпицентров землетрясений на фоне основных структурных элементов по «Схеме сейсмогенерирующих структур Чеченской Республики и сопредельных территорий» из [35]

1 – магнитуа землетрясений; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3 – номер глубинной структуры, 4 – стереограмма механизма очага землетрясения 7 января в 15^h10^m .

Название и номер глубинных структур: Северный краевой погребенный разлом (северная ветвь) (1), частично погребенные сбросы антикавказской ориентировки (3), Бенойско-Эльдаровская погребенная шовно-сдвиговая зона (5), Тырнаузско-Сунженский погребенный глубинный разлом (6), Даттых-Ахловская погребенная шовно-сдвиговая зона (7), Владикавказская флексурно-разрывная зона (8) и Цхинвало-Казбекский линеймент неясной природы (11).

На территории **Чеченской Республики** в 2005 г. зарегистрированы 22 землетрясения с очагами в земной коре с $h=1-45$ км и 7 – с промежуточными глубинами с $h=70-134$ км [6], из которых четыре локализованы в пределах Терско-Сунженской зоны. Самое сильное из них произошло 18 ноября 2005 г. в 21^h24^m и имело $K_p=10.4$, три землетрясения имели $K_p=9.1-9.2$ (табл. 8).

Таблица 8. Землетрясения Терско-Сунженской зоны 2005 г. с промежуточными глубинами гипоцентров по [6]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h, h^* км	K_p	№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h, h^* км	K_p
			φ°, N	λ°, E						φ°, N	λ°, E		
1	05.08	00 07 39.6	43.56	46.16	115, 105*	9.1	3	18.11	21 24 41.2	43.39	45.74	126	10.4
2	13.09	03 36 40.3	43.17	45.86	97	9.1	4	25.12	11 09 37.2	43.00	45.89	74	9.2

Как отмечалось в [33], на записях станции «Гофицкое», удаленной примерно на $\Delta=300$ км от зоны глубоких очагов, наиболее отчетливо выделяются глубинная фаза sP для глубин, близких к $h=100$ км. Действительно, для землетрясения 5 августа в 00^h07^m через 24^s после первого вступления выделена sP -волна (рис. 15). Расчетное значение глубины по разности прихода глубинной фазы и первого вступления P -волн составило $h=105$ км, а при локации с использованием местной модели – $h=115$ км. Таким образом, точность определения глубины можно принять равной $\delta h=\pm 10$ км.

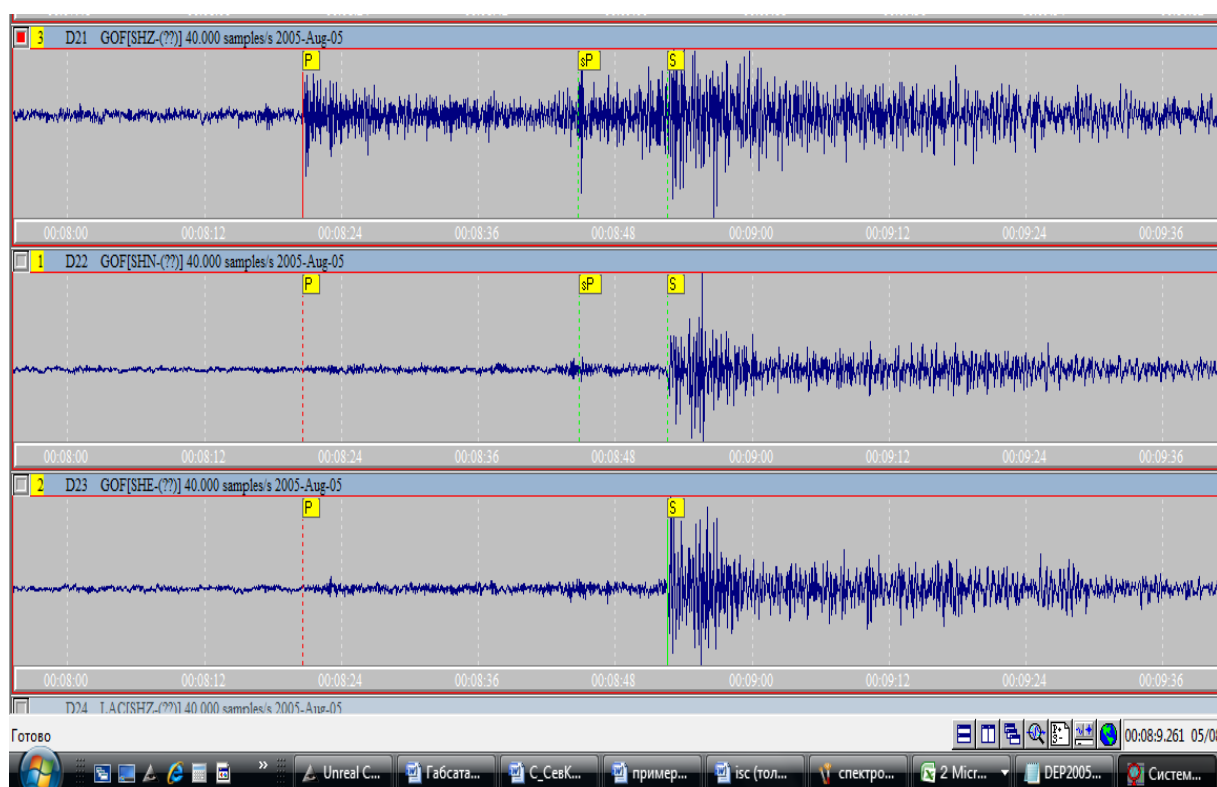


Рис. 15. Трехкомпонентные записи станции «Гофицкое» землетрясения 5 августа в 00^h07^m с $K_p=9.1$

Для землетрясения 18 ноября в 21^h24^m с $K_p=10.4$ построен механизм очага по методике [36, 37] с использованием знаков первого движения в P -волне [38]. Они были найдены на записях 20 станций, расположенных на расстояниях $\Delta=0.6-18.8^\circ$, хорошо окружающих эпицентр. Тип движения по крутой ($DP_1=82^\circ$) плоскости $NP1$ – взброс с левосторонней сдвиговой компонентой, по пологой ($DP_1=29^\circ$) плоскости $NP2$ – сдвиг-надвиг (рис. 16). Простираение $NP1$ близширно ($STK_1=102^\circ$) и близко к простираению Тырнаузско-Сунженского погребенного глубинного разлома, поэтому ее можно считать действующей.

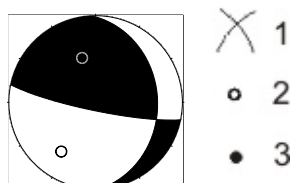


Рис. 16. Стереодиаграмма механизма очага землетрясения 18 ноября 2005 г. в 21^h24^m с $K_p=10.4$ и $h=126$ км

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.

На записях открытых в 2005 г. станций «Притеречная» и «Терская» для землетрясения 25 декабря в 11^h09^m с $K_p=9.2$ и $h=74$ км установлена специфическая волновая картина, изображенная на рис. 17. За 2.4^s до вступления S -волны на горизонтальных компонентах регистрируется четкая волна, поляризованная так же, как P -волна.

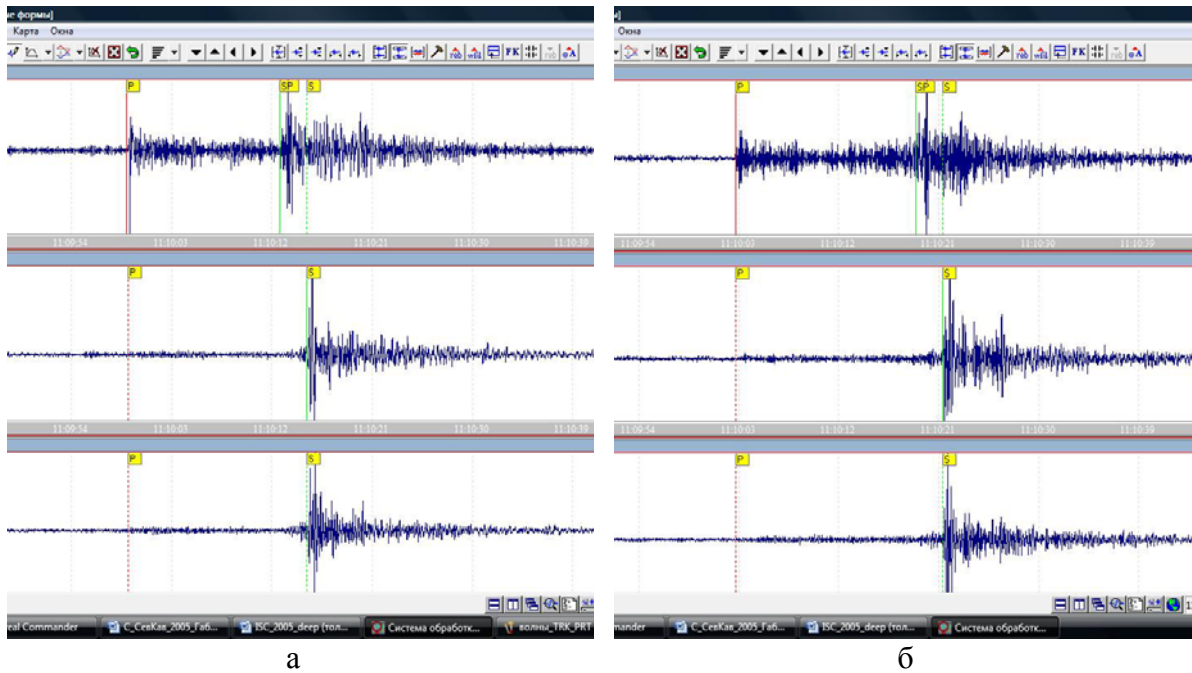


Рис. 17. Трехкомпонентные записи станциями «Терская» (а) и «Притеречная» (б) землетрясения 25 декабря в 11^h09^m с $K_p=9.2$ и $h=74$ км

Типичные графики движения частиц в цугах P -, SP - и S -волн для землетрясений с очагами в слое, переходном к верхней мантии, показаны на рис. 18, из которых видно, что P - и SP -волны поляризованы в вертикальной плоскости, напротив, в S -волне движение частиц строго горизонтально.

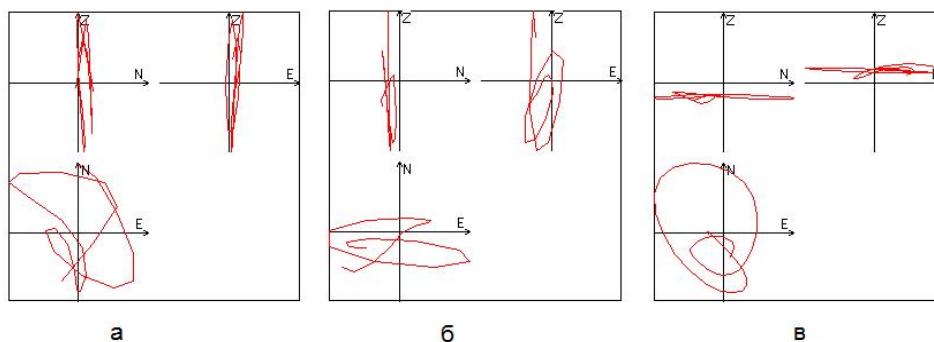


Рис. 18. Типичные графики движения частиц в P - (а), SP - (б) и S -волнах (в) для землетрясений с переходными глубинами

Образование SP -волны связывается в [33] с существованием границы обмена в гранитном слое на глубине 10–12 км [39, 40].

Рассмотрим теперь коровые ($h<50$ км) землетрясения умеренной ($K_p=10$ –11) энергии в районе сейсмически активных Владикавказской и Буйнакской флексурно-разрывных зон, расположенных на границе восточной части Большого Кавказа и юго-западной части Терско-Каспийского краевого прогиба. Их список, приведенный в табл. 9, включает ощутимое землетрясение 24 августа в 16^h58^m с $K_p=11.6$. Примечательно, что за ним не последовало афтершоков. Установлено, что для большей части толчков, обработанных по рутинной методике, получены глубины очагов в самой нижней (до 47 км) части земной коры.

Таблица 9. Наиболее значительные коровые землетрясения на территории Чеченской Республики в 2005 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	08.01	17 28 21.1	42.98	45.55	42	10.5	4	28.08	02 43 22.3	43.04	45.24	34	10.0
2	03.07	10 46 27.4	43.05	46.25	4	10.0	5	10.12	07 27 59.4	42.74	45.77	47	10.4
3	24.08	16 58 08.8	42.90	45.70	39	11.6							

В Дагестане в 2005 г. представляют интерес два ощутимых землетрясения, произошедшие 25 ноября в 03^h44^m с $K_p=11.0$ и 22 декабря в 04^h04^m с $K_p=11.2$ в районе Дагестанского клина и очаговой зоны Дагестанского землетрясения 14.05.1970 г. с $M=6.6$, $K_p=16$ [41] и Кизилюртского 31.01.1999 г. с $MS=5.5$, $K_p=14.3$ [42]. Первое из них ощущалось с интенсивностью 3–4 балла в Буйнакске, 3 балла – в Махачкале и Чиркее, второе – в Учкенте с $I=4$ балла, в Буйнакске и Каране – 3 балла, Махачкале – 2–3 балла.

В целом сейсмичность Северного Кавказа в 2005 г. можно охарактеризовать как относительно спокойную. Отдельные очаги землетрясений умеренной силы были ощутимы, но не вызвали разрушений. Выделение сейсмической энергии в ряде очагов сопровождалось роями слабых землетрясений.

Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 105–119.
2. Габсатарова И.П. Селиванова Е.А. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 103–127.
3. Габсатарова И.П. Селиванова Е.А. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2003 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 81–96.
4. Габсатарова И.П., Девяткина Л.В., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В. I.2. Северный Кавказ // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 11–14.
5. Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Козиненко Н.М. (отв. сост.). Каталог и подробные данные Крымско-Черноморского региона за 2004 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год. – Севастополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2006. – С. 11–34.
6. Габсатарова И.П., Амиров С.Р., Селиванова Е.А., Девяткина Л.В., Головкова Л.В. (отв. сост.), Александрова Л.И., Иванова Л.Е., Малянова Л.С., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Гамидова А.М., Абдуллаева А.Р., Котляренко Н.Л., Никольская Т.Н., Ефимова Я.П., Киселева О.А., Цирихова Г.В., Темникова З.В. Каталог землетрясений ($N=1014$) и взрывов ($N=107$) Северного Кавказа за 2005 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. Габсатарова И.П., Амиров С.Р. (отв. сост.), Селиванова Е.А., Девяткина Л.В., Иванова Л.Е., Мусалаева З.А., Гамидова А.М., Сагателова Е.Ю., Абдуллаева А.Р. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
8. Габсатарова И.П., Амиров С.Р. Селиванова Е.А., Девяткина Л.В. (отв. сост.), Александрова Л.И., Иванова Л.Е., Малянова Л.С., Асманов О.А., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Гамидова А.М., Абдуллаева А.Р., Головкова Л.В. Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2003 год // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – (На CD).
9. Габсатарова И.П., Амиров С.Р., Селиванова Е.А., Девяткина Л.В. (отв. сост.), Александрова Л.И., Иванова Л.Е., Малянова Л.С., Асманов О.А., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Гамидова А.М., Абдуллаева А.Р., Головкова Л.В. Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2004 год // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – (На CD).
10. 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.
11. Амиров С.Р., Асманов О.А., Даниялов М.Г., Левкович Р.А., Мирзалиев М.М., Павличенко И.Н. Дагестан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).

12. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2005 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2005–2006.
13. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2005.** – Berkshire: ISC, 2007.
14. **Европейский Средиземноморский сейсмологический центр** // <http://www.emsc-csem.org>.
15. **Габсатарова И.П., Чепкунас Л.С., Бабкова Е.А.** Нижнекубанское-II землетрясение 9 ноября 2002 года с $K_p=13.0$, $M_w=5.5$, $I_0=6$ (Северный Кавказ) // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 357–379.
16. **Мурсидзе Г.Я.** Строение земной коры и верхней мантии в Грузии и сопредельных районах по сейсмологическим и сейсморазведочным данным. – Тбилиси: Мецниереба, 1976. – 170 с.
17. **Овсюченко А.Н.** Соотношение различных форм современных тектонических деформаций на Северо-Западном Кавказе // Исследования по сейсмотектонике и современной геодинамике. – М.: ИФЗ РАН, 2006. – С. 89–104.
18. **Малянова Л.С., Габсатарова И.П.** Спектральные и очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа. (См. раздел II (Спектры и динамические параметры очагов землетрясений) в наст сб.).
19. **Пустовитенко Б.Г., Поречнова Е.И., Калинин И.В., Сыкчина З.Н.** Очаговые параметры землетрясений Крыма. (См. раздел II (Спектры и динамические параметры очагов землетрясений) в наст сб.).
20. **Габсатарова И.П., Девяткина Л.В.** Северный Кавказ (без Дагестана) / Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ГС РАН, 2000. – С. 24–29.
21. **Рогожин Е.А.** Современная геодинамика и потенциальные очаги землетрясений Кавказского региона // Современные математические и геологические модели природной среды. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С. 244–254.
22. **Рогожин Е.А., Нечаев Ю.В., Солодилов Л.Н., Исмаил-заде Т.А.** Тенденция развития сейсмичности Кавказа и сейсмогенерирующие зоны Ставрополя // Разведка и охрана недр. – 1998. – № 2. – С. 23–27.
23. **П б. Кавказ Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В. (отв. сост.). П б. Кавказ [50–1974 г., $M \geq 4.0$, $I_0 \geq 5$]** // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 69–170.
24. **Соколова И.Н., Шепелев О.М.** Идентификация записей оползней на сейсмограммах // Вестник НЯЦ РК. – Июнь 2005. – Вып. 2. – С. 165–168.
25. **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.
26. **Coyne J., Clark K., Lloyd S.** IDC Documentations Geotool Software User Tutorial, 16 July 2003. – 59 p.
27. **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» 28–31 июля 2008 г., г. Обнинск. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 243–249.
28. **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.
29. **Waldhauser F.** HypoDD – A program to compute double-difference hypocenter locations // U.S. Geol. Survey. Open File Report 01–113. – 2001. – P. 25.
30. **Еманов А.А., Лескова Е.В.** Структурные особенности афтершокового процесса Чуйского (Горный Алтай) землетрясения // Геология и геофизика. – 2005. – **46**. – № 10. – С. 1065–1072.
31. **Коновалов А.В., Иващенко А.И., Ким Чун Ун, Сычев А.С.** Структура и особенности сейсмического режима очаговой зоны Такойского землетрясения 1 сентября 2001 г. ($M_w=5.2$) // Тихоокеанская геология. – 2007. – **26**. – № 2. – С. 93–101.
32. **Костюк А.Д.** Исследование современных деформаций земной коры Северного Тянь-Шаня по данным механизмов очагов землетрясений и космической геодезии. Автореф. дис. канд. физ-мат. наук. – М.: ИФЗ РАН, 2009. – 22 с.
33. **Габсатарова И.П.** Глубокие землетрясения Терско-Сунженской зоны // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Пятой Международной сейсмологической школы 10–14 октября 2010 г., г. Владикавказ. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 59–64.

34. **Темникова З.В., Борисов П.А.** Опыт применения метода «двойных разностей» для уточнения параметров гипоцентров землетрясений Северного Кавказа // Двенадцатая Уральская молодежная научная школа по геофизике, 21–25 марта 2011 г., г. Пермь. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2009. – С. 261–264.
35. **Несмеянов С.А., Лутиков А.И., Щукин Ю.К., Донцова Г.Ю.** Сейсмогенерирующие структуры // Комплексная оценка сейсмической опасности территории г. Грозный. – М.: Минстрой России, 1996. – С. 38–47.
36. **Ландер А.В.** Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01–31.12.2003 г.) // Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КОМСП ГС РАН, 2004. – С. 359–380.
37. **Ландер А.В.** Описание и инструкция для пользователя комплекса программ FA (расчет и графическое представление механизмов очагов землетрясений по знакам первых вступлений P -волн). – М.: Фонды автора, 2006. – 27 с.
38. **Габсатарова И.П. (отв. сост.), Малянова Л.С.** Каталог механизмов очагов землетрясений Северного Кавказа за 2005 год ($N=3$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
39. **Краснопевцева Г.В.** Глубинное строение Кавказского сейсмоактивного региона. – М.: Наука, 1984. – 109 с.
40. **Костюченко С.Л., Морозов А.Ф., Солодилов Л.Н., Егоркин А.В., Золотов Е.Е., Федоров Д.Л., Гречишников Г.А., Овчинников В.И., Ракитов В.А.** Глубинное строение и геодинамические аспекты эволюции европейского юга России // Разведка и охрана недр. – 2004. – № 4. – С. 4–9.
41. **Шебалин Н.В., Крестников В.Н., Рустанович Д.Н., Штейнберг В.В., Ананьин И.В., Асманов О.А., Быстрицкая Ю.В., Вандышева Н.В., Кулиев Ф.Т., Левкович Р.А., Плетнев К.Г., Широкова Е.В.** Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 г. // Землетрясения в СССР в 1970 году. – М.: Наука, 1973. – С. 28–49.
42. **Асманов О.А., Амиров С.Р., Даниялов М.Г., Левкович Р.А., Мирзалиев М.М., Осокина А.Ш., Габсатарова И.П., Михайлова Р.С.** Кизилюртское землетрясение 31 января 1999 г. с $MS=5.5$, $I_0=7$ (Дагестан) // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 254–263.