

## СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ

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

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

В 2003 г., как и в предыдущие годы [1–3], проводился сейсмический мониторинг Северного Кавказа, включающего в себя нескольких административных единиц – Краснодарский и Ставропольский края, Кабардино-Балкарию, Ингушетию, Чеченскую Республику, Республику Северную Осетию–Аланию и Дагестан. Северный Кавказ является наиболее сейсмоактивным в европейской части Российской Федерации и в свою очередь входит в состав одного из активнейших на всем земном шаре Альпийско-Гималайского сейсмоактивного пояса.

**Сейсмическая сеть.** Основу наблюдений на Северном Кавказе составили данные локальной сети станций, расположенной в районе Кавказских Минеральных Вод. Короткопериодными каналами в пяти пунктах наблюдений радиотелеметрической системы, расстояния между которыми составляют 30–70 км, высокочувствительной микрогруппой Кисловодск и короткопериодным каналом на станции Глобальной сети IRIS «Кисловодск» (KIV) регистрировались события с  $K_p=8.0-9.5$  на большей части Северного Кавказа (рис. 1). Кроме того, в его центральной части проводились наблюдения станциями «Пятигорск» (PYA) и «Белый Уголь» (BEYR), на которых в мае 2003 г. было установлено цифровое оборудование. Оно эксплуатировалось в экспериментальном режиме до конца года с целью настройки параметров для регистрации локальных и региональных событий.

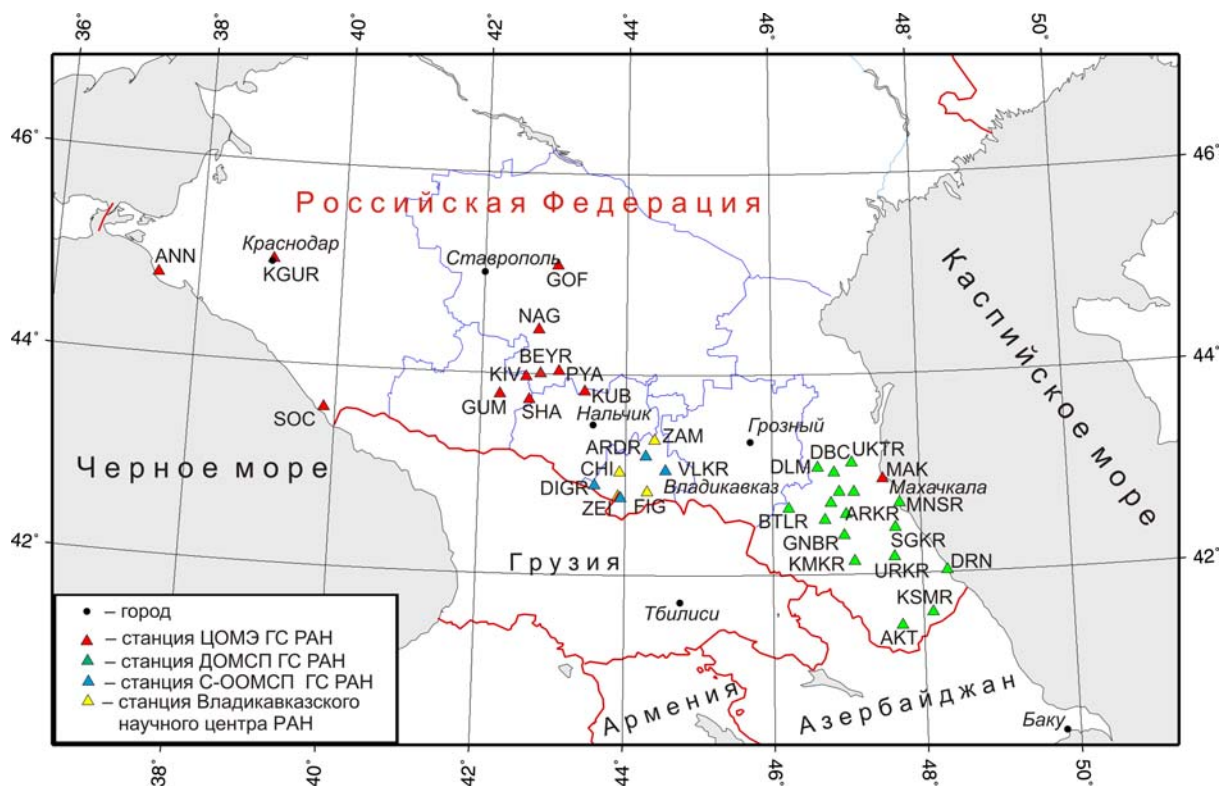


Рис. 1. Сеть сейсмических станций на территории Северного Кавказа в 2003 г.

Положение станции «Пятигорск» (PYA) с точки зрения сеймотектонического плана является важным. Она одна, в отличие от всей остальной локальной сети, расположена северо-восточнее Армавири-Ессентукского глубинного разлома, с активизацией которого связывается

постоянное проявление слабой сейсмичности в районе Кавказских-Минеральных Вод. Аналоговая регистрация приборами СКМ-3 в сочетании с гальванометром и записью на фотобумагу прекращена на этой станции 23 мая 2003 г. (табл. 1).

**Таблица 1.** Параметры увеличения аналоговых каналов регистрации на станциях «Пятигорск» и «Гофицкое»

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код	Режим		$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_v, м$	Тип прибора	Комп- нента	$V_{max}$	$\Delta T_{max}, c$	
1	Пятигорск*	РУА	ОК(1)	06.10.1909.	44.041	43.075	571	СКМ-3	N, E, Z	10800	0.4–1.0	
			ОК(1)					СКД	N, E, Z	1036	0.2–20	
			ОК(1)					ИСО	N, E	2.7	0.02–4.5	
			ОК(1)					Z	0.11	0.02–4.5		
								ССРЗ	N	0.00205 $c^2$	0.080	
2	Гофицкое**	GOF	ОК(1)	19.03.1994	45.058	43.034		СМ-3	N, E	23000	0.45–1.0	
			ОК(1)					СКМ-3	Z	36000	0.45–1.0	
			ОК(1)					СКД	N, E, Z	570	0.20–18	
								Z	0.00198 $c^2$	0.080		

Примечание. Знаками \* и \*\* отмечено переопределение параметров канала СКМ-3 на станции «Пятигорск» в ноябре 2002 г. и каналов СМ-3, СКМ-3, СКД на станции «Гофицкое» в мае 2003 г. Канал СКМ-3 на станции «Пятигорск» 23.05.2003 г. был остановлен.

В первоначальном варианте установки цифровой станции были предприняты минимальные изменения, когда к прежде установленному СКМ-3 было добавлено цифровое регистрационное оборудование. Практика работы в течение семи месяцев 2003 г. была направлена на отработку оптимальных параметров увеличения в условиях довольно высокого уровня высокочастотных шумов. В результате были выбраны параметры, приведенные в табл. 2.

**Таблица 2.** Данные об аппаратуре цифровых станций «Пятигорск», «Белый Уголь», «Анапа» и «Сочи» в 2003 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с)
Пятигорск	SDAS – СКМ-3	ВН(N, Z, E)v	0.2–16	40	16	$5.99 \cdot 10^9$
		ВL(N, Z, E)v	0.2–16	40	16	$1.87 \cdot 10^8$
Белый Уголь	SDAS – Kinematics S1 $T=5 c$	ВН(N, Z, E)v	0.2–16	40	16	$1.59 \cdot 10^{10}$
		ВL(N, Z, E)v	0.2–16	40	16	$1.24 \cdot 10^8$
Анапа	SDAS – СМ-3-ОС	ВН(N, Z, E)v	0.02–7	20	16	$8.20 \cdot 10^9$
		ВL(N, Z, E)v	0.02–7	20	16	$2.57 \cdot 10^8$
Сочи	SDAS – СМ-3-ОС	ВН(N, Z, E)v	0.02–7	20	16	$3.47 \cdot 10^9$
		ВL(N, Z, E)v	0.02–7	20	16	$2.17 \cdot 10^8$

Станция «Белый Уголь» была открыта в 1972 г. [4], а в состав сети ЦОМЭ ГС РАН она вошла с 1990 г. Оснащенная приборами ВЭГИК, она показывала высокие регистрационные способности на региональном и локальном уровнях вплоть до ее закрытия 27 июля 2000 г. В 2003 г. на ней была возобновлена регистрация. На старом месте установки прибора ВЭГИК в мае 2003 г. был установлен короткопериодный ( $T=5 c$ ) сейсмометр Kinematics с цифровым регистрационным оборудованием, имевшим столообразную характеристику по скорости в диапазоне 0.2–16 Гц, 16-разрядное АЦП, частоту опроса 40 отсчетов в секунду (табл. 2). Практика регистрации и обработки записей этой станции в 2003 г. показала, что и в этом месте уровень шумов стал довольно высоким, вероятно, из-за близости жилого дома. Место расположения

приборов нуждалось в совершенствовании. Тем не менее данные этой станции внесли существенный вклад при составлении как предварительного, так и окончательного вариантов каталога землетрясений Северного Кавказа. Данные этой станции участвовали в локации 80% землетрясений при составлении названных каталогов.

На севере центральной зоны в Ставропольском крае расположена аналоговая станция «Гофицкое» (GOF), наблюдения которой крайне важны для мониторинга сейсмичности Ставропольского края. В 2003 г. персоналом станции проводились переопределения параметров регистрирующей аппаратуры. На рис. 2 даны характеристики приборов. Параметры аппаратуры на май 2003 г. представлены в табл. 1. Имеющаяся полоса пропускания короткопериодных приборов, а также уровень шумов на станции не позволили уверенно выделять первые вступления  $P$ -волн ( $P_g$ ,  $P_n$ ) на локальных и региональных расстояниях. В каталогах для локации подавляющего числа землетрясений использовались лишь вступления  $S$ -волн на этой станции. В 2003 г. на станции «Гофицкое» регистрировали землетрясения с  $K_p=7$  на расстоянии до 100 км, а в отдельных азимутальных направлениях – до 150 км, но, как правило, уверенно регистрировались только  $S$ -волны. Подавляющее число данных этой станции для событий при большем удалении (более 200 км) от эпицентра использовалось при локации по разности  $t_s - t_p$  прихода фаз  $S$  и  $P$ . Это говорит о том, что вступления первых фаз на этих расстояниях (головные волны) плохо выделяются на фоне помех. Следует заметить, что обработка сейсмограмм проводилась на станции опытным персоналом семьи Фабрициусов, работавших ранее длительное время на станции «Бакуриани».

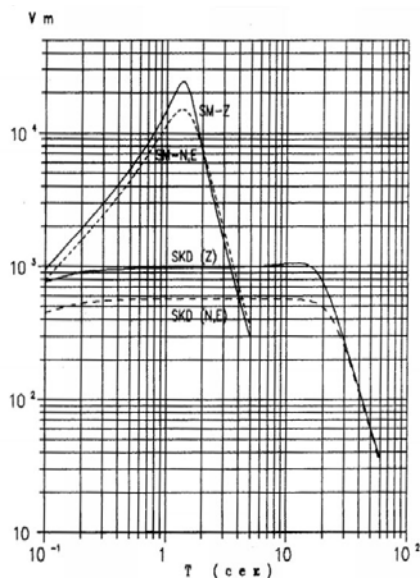


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики приборов сейсмической станции «Гофицкое»

Отличительная особенность записей станции «Краснодар»: более четкие вступления в  $P$ -волне и более выраженная поверхностная волна, а также более сложная кода волн относительно записей станций «Сочи» и «Анапа».

В центральной части Северного Кавказа к системе наблюдений в районе Кавказских Минеральных Вод добавились в 2003 г. непрерывные наблюдения на территории Северной Осетии – Алании станциями «Цей» (ZEI), «Дигорское ущелье» (DIGR), «Ардон» (ARDR) и «Владикавказ» (VLKR), которые проводились Северо-Осетинской опытно-методической сейсмологической партией ГС РАН. На этих станциях в ноябре установлено цифровое оборудование SDAS с короткопериодными каналами (рис. 4). На станции ZEI аналоговая регистрация приборами СКМ-3 в сочетании с гальванометром и записью на фотобумагу прекращена 23 мая 2003 г., а наблюдения приборами СКД продолжались в прежнем режиме. 2 ноября 2003 г. на станции ZEI установлен комплект оборудования SDAS, включающий широкополосный сейсмометр CM-3-OC. Станции ARDR, VLKR и DIGR установлены экспериментально в местах, близких к ранее установленной аппаратуре Альфа-Геон, эксплуатируемой в триггерном режиме сбора Геофизиче-

В западной части Северного Кавказа к этим наблюдениям добавлялись данные двух цифровых станций ЦОМЭ ГС РАН – «Анапа» (ANN) и «Сочи» (SOC), оснащение которых (табл. 2) позволяет записывать региональные события с  $K_{min}=7-8$  в курортной зоне Черноморского побережья и с  $K_{min}=9.5-10$  в западной и центральной частях Северного Кавказа. Кроме того, для мониторинга в западной части Северного Кавказа большое значение имело введение в конце 2002 г. в опытную эксплуатацию 16-разрядной цифровой сейсмической станции SDAS в Краснодаре (региональный код KGUR) с комплектом короткопериодных сейсмометров CM3-KB и заключение ЦОМЭ с Краснодарским государственным университетом научно-технического договора об обмене информацией. На рис. 3 проводится сопоставление записей станций «Сочи», «Краснодар» и «Анапа» землетрясения 25 октября в 06<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $K_p=11.1$ , произошедшего в акватории Черного моря. Обращает на себя внимание отличительная особенность записей станции «Краснодар»:

ским центром экспериментальной диагностики Владикавказского научного центра РАН и Правительства РСО-А. В [3] было показано, что этот режим обеспечивает регистрацию лишь очень незначительной части региональных землетрясений.

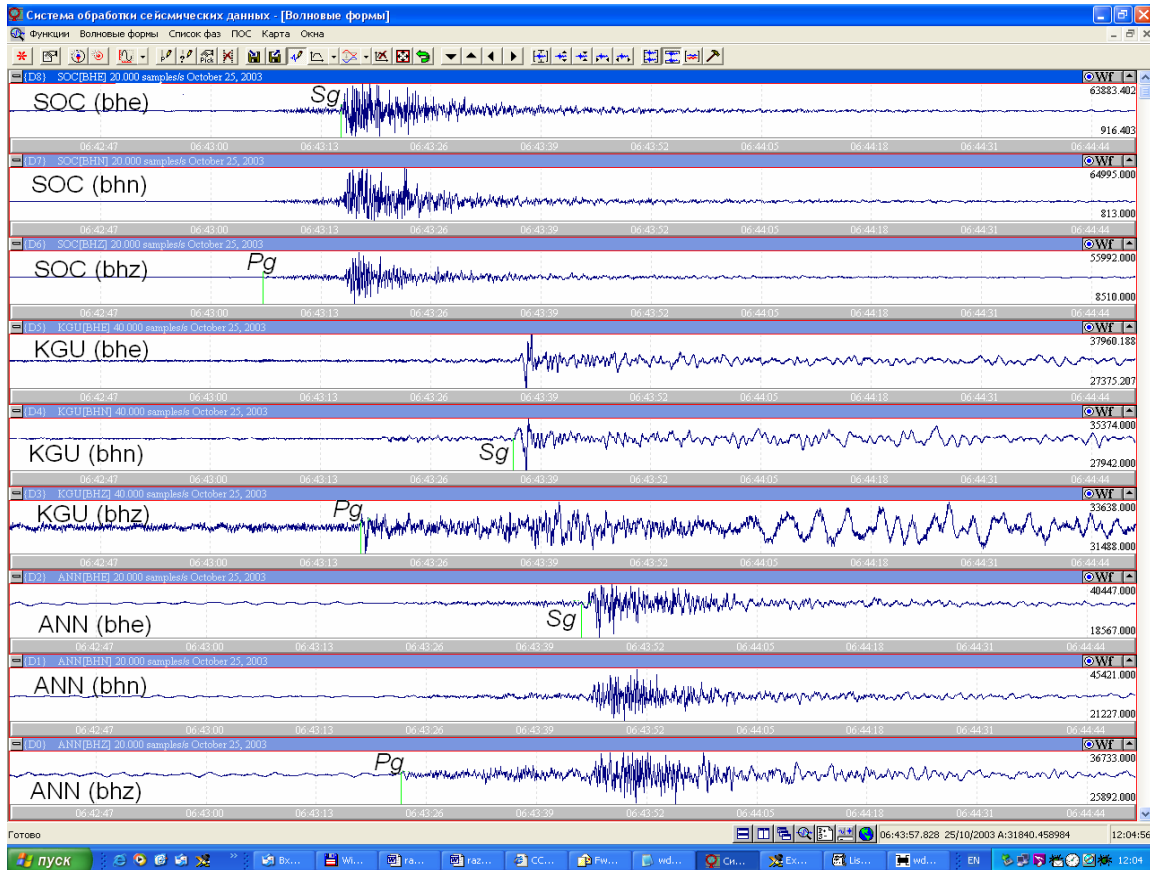


Рис. 3. Трехкомпонентные записи землетрясения 25 октября в 06<sup>h</sup>42<sup>m</sup>  $K_p=11.1$  на станциях SOC, KGUR и ANN, удаленных от эпицентра на 80, 130 и 155 км соответственно (рабочее окно «Волновые формы» программы WSG [5])

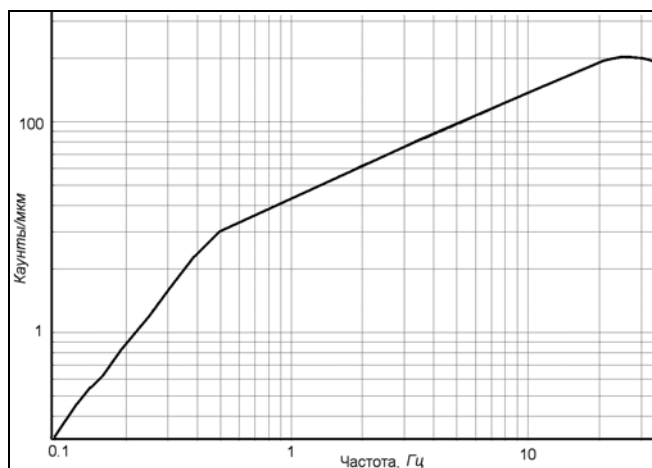
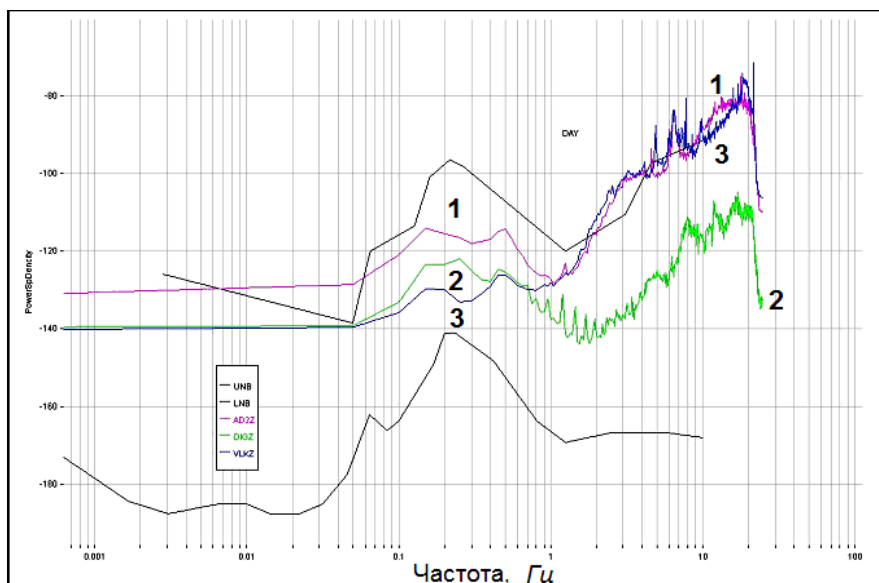


Рис. 4. Вид типичной амплитудно-частотной характеристики SDAS-CM3-G1 в единицах смещения (единичный GAIN) для сейсмографов на станциях «Ардон», «Дигорское ущелье» и «Владикавказ» из [6]

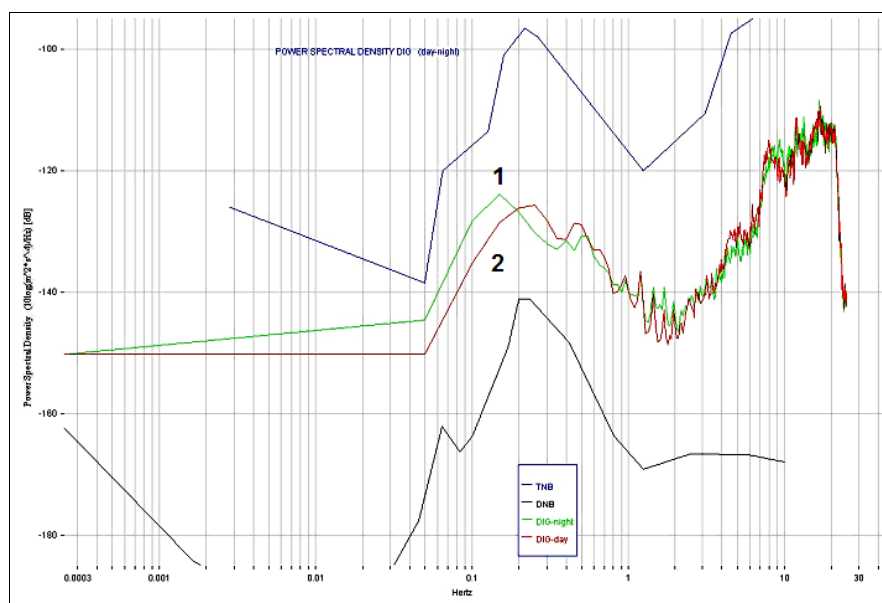
записей уровень шумов на станции DIGR. Здесь и днем, и ночью уровень шумов в полосе от 0.5 до 7 Гц лежит в пределах среднемировых значений на всех трех компонентах (рис. 6).

На рис. 5 приведена спектральная плотность шумов этих станций в декабре 2003 г. (днем и ночью) в сравнении с мировыми моделями сейсмического шума (минимальным и максимальным уровнями шумов по методике из [7]).

Как видно из рис. 5, установка станций в Ардоне и Владикавказе способствует регистрации сейсмических событий в очень узком диапазоне частот 0.7–1.5 Гц, особенно в дневное время. Это не позволит записывать слабые локальные события, в спектре которых преобладают более высокие частоты. В ночное время уровень шумов несколько ниже, но опять же в довольно узкой полосе частот от 0.7 до 2 Гц. Существенно отличается от этих



**Рис. 5.** Спектральная плотность шумов, записанных вертикальными компонентами сейсмических станций «Ардон» (1), «Дигорское ущелье» (2), «Владикавказ» (3) в дневное время [6], в сравнении с мировыми моделями сейсмического шума по [7] (минимальным (LNB) и максимальным (UNB))

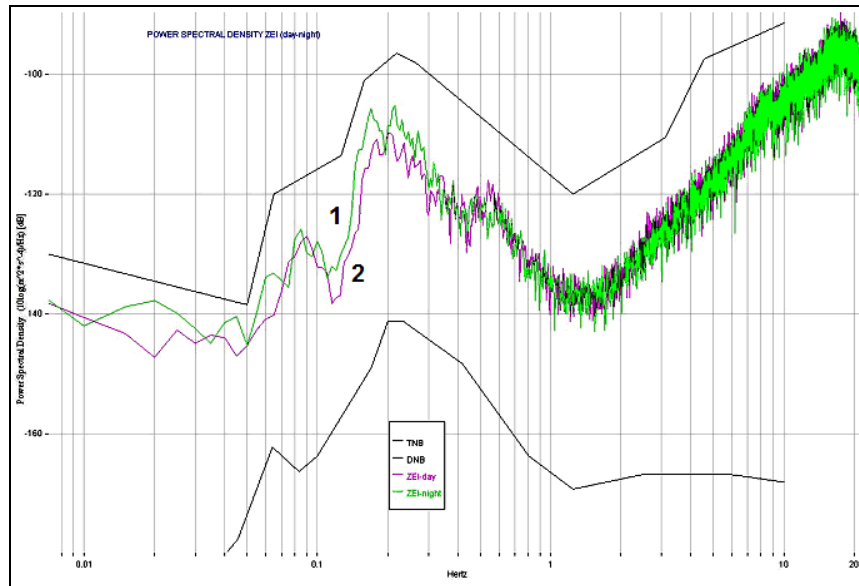


**Рис. 6.** Сравнение спектральных плотностей шумов, записанных на вертикальной компоненте станции DIGR в ночное (1) и дневное время (2), с мировыми моделями сейсмического шума по [7]

Был сделан вывод, что современное положение станций «Ардон» и «Владикавказ» позволяет регистрировать на всей территории Северного Кавказа только землетрясения с  $K_p > 9-10$ . В то же время записи станции DIGR могут более результативно использоваться в региональном мониторинге Северного Кавказа. В перспективе эта станция может стать одной из самых чувствительных в регионе.

Следует отметить, что отличительной особенностью установки сейсмических станций в центральной зоне Северного Кавказа является тот факт, что в горных районах, как правило, это возможно только в долинах горных рек, где есть обитаемые и благоустроенные места, и поэтому всегда будут присутствовать высокочастотные помехи от рек и дорог, находящихся там же (рис. 7). Например, сейсмическая станция «Цей» с аналоговой регистрацией прибором СКМ-3 в

узком диапазоне достигала максимального увеличения 40 000 в полосе 0.2–1.2 с. Но в более высокочастотной полосе выделение региональных и локальных событий в зависимости от силы и близости события затруднено или вообще невозможно. В этой ситуации настройка параметров регистрирующего канала требует особой тщательности.



**Рис. 7.** Спектральные плотности вертикальной составляющей шумов на станции «Цей» ночью (1) и днем (2), в сравнении с мировыми моделями сейсмического шума по [7] (минимальным (LNB) и максимальным (UNB))

В рамках научно-технического обмена в 2003 г. продолжали поступать данные в виде цифровых записей станций Альфа-Геон Геофизического центра экспериментальной диагностики Владикавказского научного центра РАН и Правительства РСО-А, работающих в триггерном режиме. Обработка записей всех событий на Северном Кавказе производилась в ИОЦ в рамках подготовки уточненного каталога Северного Кавказа.

В восточной части Северного Кавказа, а именно на территории Дагестана, расположена одна станция ЦОМЭ ГС РАН «Махачкала» (МАК). Однако в полной мере наблюдения на территории этой республики проводятся сетью сейсмических станций Дагестанской ОМСП ГС РАН. Результаты наблюдений и их обработки поступают в ИОЦ ГС РАН в виде сейсмологических бюллетеней и используются в «Предварительном каталоге землетрясений Северного Кавказа», а затем стационарные данные используются для совместной обработки с данными других станций на Северном Кавказе в рамках уточненного каталога.

Таким образом, значительные работы, проведенные в 2003 г., были направлены на реконструкцию и совершенствование сети наблюдений на территории Северного Кавказа. Переход на цифровое оборудование позволил применить современные методы обработки. Однако в 2003 г. не было достигнуто оптимального состояния сети, при котором слежение за сейсмичностью в различных зонах Северного Кавказа может удовлетворять научно-исследовательским и народно-хозяйственным задачам в этом регионе. Очевидно, успех в решении задач сейсмического мониторинга на Северном Кавказе связан с расширением сети станций, особенно в западной зоне, и продолжением тесного взаимодействия с другими организациями, ведущими наблюдения в его локальных зонах.

Описанная сеть станций, как следует из [3], обеспечила представительную регистрацию землетрясений с  $K_{\min}=6$  на Кавминводском полигоне, в Северной Осетии и в Дагестане (в окрестностях станций «Дылым», «Дубки», «Унцукуль», «Хунзах» и других, расположенных вблизи ГЭС Сулакского каскада). Землетрясения с  $K_{\min}=8$  представительны на значительной части территории. На всей территории не должны быть пропущены события с  $K_p \geq 9.5$ .

Кроме того, в Обнинск поступали бюллетени станции «Тбилиси» из Грузии и Сейсмологический бюллетень Украины с данными всех станций Крымской сети [8]. Для отдельных

землетрясений использовались данные станций «Гянджа» и «Шеки», поступившие по обмену из Азербайджана. Все перечисленные выше данные были использованы при составлении сводного каталога землетрясений Северного Кавказа [9] в наст. сб.

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 767 сейсмических событий с  $K_p=2.2-12.3$  [9]. Из них 123 толчка отнесены к категориям «взрыв» или «возможно, взрыв», которые записаны в основном локальной сетью Кавказских Минеральных Вод. Большая их часть приурочена к карьерам вблизи пос. Усть-Джегута в Карачаево-Черкесии.

После исключения «взрывов» и «возможно, взрывов» суммарное годовое число землетрясений в каталоге составило  $N_{\Sigma}=644$ . Их распределение по классам приводится в табл. 3 по районам административного деления Северного Кавказа и в акваториях Черного и Каспийского морей (табл. 1, 3), а в табл. 4 – по сейсмотектоническим зонам в регионализации О.Д. Цхакая [10].

**Таблица 3.** Распределение числа землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам в 2003 г.

№	Район	$K_p$								$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^{11} \text{ Дж}$
		$\leq 5$	6	7	8	9	10	11	12		
1	Черное море	1	2	2	13	8	3	1		30	1.6827
2	Краснодарский край		5	16	9	2				32	0.0215
3	Ставропольский край	95	31	28	9	3				166	0.0396
4	Карачаево-Черкесия	12	8	6	3					29	0.0041
5	Кабардино-Балкария	25	12	14	10	5	1			67	0.2482
6	Северная Осетия–Алания	3	10	10	17	4	1			45	0.5723
7	Ингушетия		1	3	5	7	1			17	0.1035
8	Чеченская Республика		1	7	17	15	5	1		46	1.8976
9	Дагестан		29	37	33	24	3			126	0.7143
10	Каспийское море				8	7	1	3		19	2.2505
	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии		8	19	24	13	1	1	1	67	22.0157
	Всего без Дагестана и Каспийского моря и сопредельных территорий	136	70	86	83	44	11	21		432	4.569
	Всего	136	107	142	148	88	16	6	1	644	29.550

**Таблица 4.** Распределение числа землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам О.Д. Цхакая [10] в 2003 г.

№	Район	$K_p$								$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^{11} \text{ Дж}$
		$\leq 5$	6	7	8	9	10	11	12		
1	Западный Кавказ	5	13	23	12	3				56	0.0492
2	Центральный Кавказ	27	26	24	26	9	1	1		114	0.9444
3	Восточный Кавказ		28	40	50	41	5	2	1	167	23.6927
7	Куринская депрессия					1				1	0.0251
10	Черное море	1	2	2	13	8	3	1		30	1.6827
11	Каспий				8	7	1	3		19	2.2505
12	Ставропольская возвышенность	101	23	22	6	1				153	0.0157
13	Восточное Предкавказье	2	15	31	33	18	5			104	0.8896
	Всего	136	107	142	148	88	15	7	1	644	29.550

В настоящей статье в основном анализируется сейсмичность западной и центральной частей Северного Кавказа вплоть до территории Дагестана, которая описана в отдельной статье [11] наст. сб. Выделившаяся на этой территории суммарная сейсмическая энергия равна  $\Sigma E=4.57 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$  (табл. 3), что в 28 раз ниже таковой в 2002 г. ( $\Sigma E=129.14 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$  [3]) и в 9 раз ниже, чем в 2001 г. ( $\Sigma E=41 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$  [2]), но близка к энергии, выделившейся в 2000 г.

( $\Sigma E=4.7 \cdot 10^{11}$  Дж [1]). Таким образом, наблюдаемую сейсмичность Северного Кавказа в 2003 г. можно охарактеризовать как фоновую. В целом, как и ранее [1–3], сейсмичность имела мозаичный характер, связанный с отдельными сеймотектоническими блоками и зонами их сочленения (рис. 8).

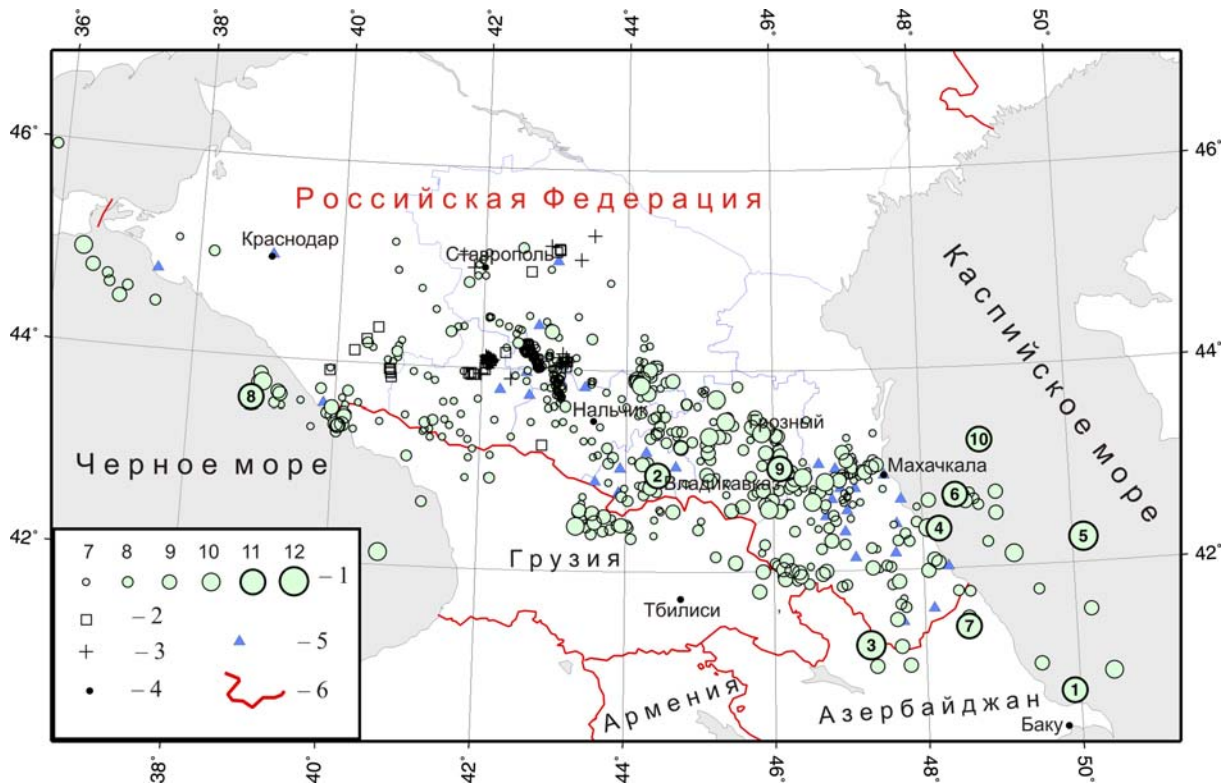


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа с  $K_p \geq 6.6$  за 2003 г.

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

Северный Кавказ, входя в один из наиболее сейсмоактивных регионов Земли – Альпийско-Гималайский пояс (А-Г), в 2003 г. сейсмически проявил себя незначительно. Однако, как и ранее [3, 12, 13], здесь происходили при преобладании «коровых» глубин очагов землетрясения с очагами в верхней мантии (рис. 9), которые локализовались в пределах Терско-Сунженской зоны. По [13] это одна из «горячих» точек коллизионного Альпийско-Гималайского пояса, в пределах которого есть несколько районов с мантийной сейсмичностью. По данным Международного сейсмологического центра ISC [14], мантийная сейсмичность проявлялась в 2003 г. во всех ранее выявленных зонах (рис. 9) Альпийско-Гималайского пояса.

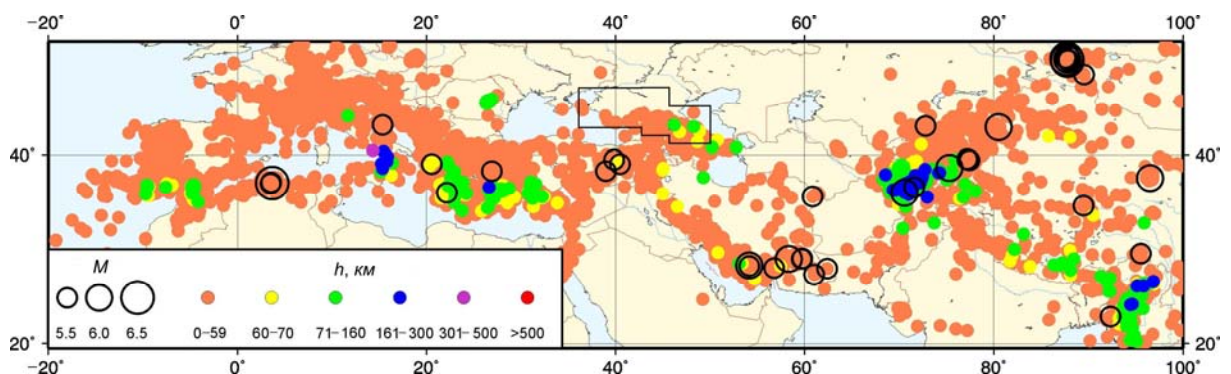


Рис. 9. Сейсмичность Альпийско-Гималайского сейсмоактивного пояса в 2003 г. по данным Международного сейсмологического центра [14] (черным контуром показаны границы Северного Кавказа)



В западной части Северного Кавказа сейсмичность традиционно концентрируется вблизи Анапы и Сочи [15] и практически полностью отсутствует в центральной части побережья Черного моря (рис. 8). Эпицентры землетрясений приурочены, как правило, к активным разломам, простирающимся вдоль побережья Черного моря.

В **Черном море (№ 1)** зарегистрировано тридцать землетрясений (табл. 1, 3, рис. 8). Все они, как и в предыдущие 2001–2002 гг. [2, 3], были приурочены к зоне Черноморских глубинных разломов [15], протягивающихся вдоль береговой линии, на расстоянии 30–70 км от берега. Как отмечено выше, эпицентры локализовались вблизи Анапы и Сочи. В основном это были слабые ( $K_p=6-8$ ) события, что отчасти можно объяснить продолжающимся затишьем в центральной части побережья в Туапсинской зоне, описанном в [3].

Землетрясения, эпицентры которых вытянулись в цепочку вдоль Анапской части побережья, умеренно реализовались в течение всего года. Максимальное ( $K_p=10.0$ ) землетрясение в этой серии произошло 18 января в  $10^h18^m$  в прибрежной части Керченского п-ва. Для определения параметров гипоцентра использовались данные сети станций Крымского региона [8].

В зоне побережья в Сочинском блоке зарегистрированы две группы землетрясений. Первая из них отмечена 12 сентября и включала четыре события, произошедшие в  $04^h22^m$ ,  $07^h19^m$ ,  $12^h17^m$ ,  $17^h56^m$  с  $K_p=7.3, 9.4, 8.3, 9.1$  соответственно. Вторая группа реализовалась 25–28 октября, а именно: пять землетрясений возникли 25 октября (в  $06^h42^m$ ,  $06^h55^m$ ,  $07^h40^m$ ,  $08^h44^m$ ,  $18^h37^m$  с  $K_p=11.1, 8.3, 9.9, 8.8, 9.1$  соответственно) и по одному 26 октября (в  $01^h46^m$  с  $K_p=7.6$ ) и 28 октября (в  $17^h13^m$  с  $K_p=10.1$ ) [9]. Самое значительное ( $K_p=11.1$ ) из них ощущалось с интенсивностью  $I=3$  балла в городах Туапсе, Лазаревское. Ощутимым с  $I=2-3$  балла было также землетрясение с  $K_p=10.1$ , записанное 28 октября в  $17^h13^m$ .

С 12 мая по 15 июня в приграничных с Россией районах Абхазии зарегистрирована серия сейсмических событий в прибрежной полосе. Волновая картина записей на станции «Гумбаши» исследовалась на предмет выявления взрывов, так как вызывала сомнение приуроченность их к отдельным дням (12 мая в  $00^h19^m$  и  $00^h24^m$ ; 23 мая в  $14^h00^m$ ,  $14^h13^m$ ,  $21^h04^m$ ; 15 июня в  $21^h14^m$ ) и близким значениям энергетических классов ( $K_p=7.6-9.4$ ). Однако спектральные отношения  $P/S$  [16] для них оказались близки к 1.0, что, согласно [16], говорит в пользу их тектонической природы. К тому же и время их возникновения было разным, как ночью, так и днем. Поэтому они были оставлены в категории «землетрясение».

Одно землетрясение с  $K_p=8.4$  возникло 9 июля в  $14^h28^m$  в Азовском море, что случается крайне редко. Так предыдущее землетрясение отмечено в Азовском море 17.07.1990 г. с  $K_p=11.1$ , т.е. через 13 лет. Нынешнее землетрясение зарегистрировано в основном Крымской сетью [8] и станциями «Анапа» и «Сочи». Расстояние между названными эпицентрами около 100 км.

Землетрясение 4 декабря в  $21^h33^m$  с  $K_p=8.0$ , по данным Крымской сети, также попало в Азовское море, но сводная совместная обработка по данным четырех крымских станций («Судак», «Алушта», «Ялта», «Севастополь») и шести северо-кавказских («Анапа», «Краснодар», «Сочи», «Гумбаши», «Кисловодск», «Шиджатмаз» с  $\Delta=63, 67, 203, 351, 377, 384$  км соответственно) позволила получить иное решение, отнеся это землетрясение в район Нижней Кубани к протяженному Ахтырскому разлому.

На территории **Краснодарского края (№ 2)** в 2003 г. после сильного ( $MS=4.7$ ) шестибалльного Нижнекубанского-II землетрясения 09.11.2002 г. [17] наблюдается ярко выраженное затишье по количеству выделившейся энергии, которая на пять порядков ниже таковой в 2002 г. [3]. Диапазон энергетических классов зарегистрированных в 2003 г. землетрясений соответствует  $K_p=5.7-8.7$ , с общим числом  $N=32$ .

В [3] указывалось, что в приграничной области Краснодарского края с Грузией и Караево-Черкесией локализованы события в отдельных очаговых зонах. В одной из них с 26 по 28.12.2002 г. (26 декабря в  $20^h21^m$  с  $K_p=7.9$ , 27 декабря в  $02^h08^m$  и в  $11^h09^m$  с  $K_p=8.2$  и 6.0, 28 декабря в  $18^h14^m$  с  $K_p=6.8$ ) произошел рой землетрясений в 30–50 км от Сочи, продолжавшийся и в 2003 г. (рис. 8, [9]).

Во второй очаговой зоне – события, которые в 2002 г. [3] были отнесены к категории «возможно, взрыв». Такого рода события выявлены и в 2003 г. (табл. 5).

Таблица 5. Список событий «возможно, взрыв» в горах, в 90 км от Сочи

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		
1	06.06	09 52 59.0	43.95	40.72	12	7.6
2	11.07	09 37 40.7	43.92	40.74	4	7.8
3	20.08	10 06 21.5	43.91	40.74	10	7.6
4	21.10	09 49 39.1	43.94	40.74	16	7.0
5	15.12	11 12 43.5	43.87	40.75	5	7.9

Первоначально, по данным лаборатории КМВ, они были отнесены к категории «землетрясение» и так опубликованы в [18]. Однако впоследствии более детальный анализ их волновых форм показал, что эти события (табл. 5) логичнее отнести к категории «возможно, взрыв». Так же, как и в 2002 г., они происходили во временном интервале 9<sup>h</sup>–11<sup>h</sup>. При сводной обработке одного из них, записанного 11 июля в 09<sup>h</sup>37<sup>m</sup>, в ИОЦ ГС РАН было сразу высказано сомнение относительно его природы. В результате оно было отнесено к категории «возможно, взрыв». Параметры четырех остальных событий из табл. 5 получены в лаборатории сейсмического мониторинга КМВ полигона. Исследование особенностей их волновой картины и спектрального состава записей сейсмических фаз показало, что они имеют типичные для взрывов характерные черты: на вертикальных компонентах спектры  $P$ -волны более высокочастотны, нежели  $S$ -волны, поэтому спектральные отношения  $P/S$  существенно превышают 1.0 в частотном интервале от 10 до 20 Гц. Таким образом, все пять событий табл. 5 теперь отнесены к категории «возможно, взрыв».

Была подвергнута сомнению природа пяти сейсмических событий (11 марта в 05<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $K_p=7.4$ , 1 июля в 03<sup>h</sup>31<sup>m</sup> с  $K_p=7.9$ , 2 октября в 04<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=6.9$ , 1 декабря в 07<sup>h</sup>07<sup>m</sup> с  $K_p=7.2$ , 4 декабря в 04<sup>h</sup>18<sup>m</sup> с  $K_p=7.2$  [9]), эпицентры которых выстроились вдоль линии профиля III Сальск-Эльбрус [3]. Проведено сопоставление волновых форм этих событий, имевших время возникновения с 7 до 10 часов московского времени. Все они были отнесены к категории «возможно, взрыв». Кроме того, подвергнута сомнению природа четырех событий, произошедших 12 сентября в 09<sup>h</sup>44<sup>m</sup> с  $K_p=7.3$ , 21 октября в 10<sup>h</sup>02<sup>m</sup> с  $K_p=6.9$ , 13 ноября в 10<sup>h</sup>43<sup>m</sup> с  $K_p=7.4$  и 20 декабря в 11<sup>h</sup>10<sup>m</sup> с  $K_p=8.0$  [9] по профилю от Сочи (Адлера) в сторону Красной поляны. Они также были отнесены к категории «возможно, взрыв».

Таким образом, проведенный дополнительный анализ записей сейсмических событий на территории Краснодарского края позволил изменить природу некоторых опубликованных ранее событий в [18], отнеся девять из них к категории «возможно, взрыв».

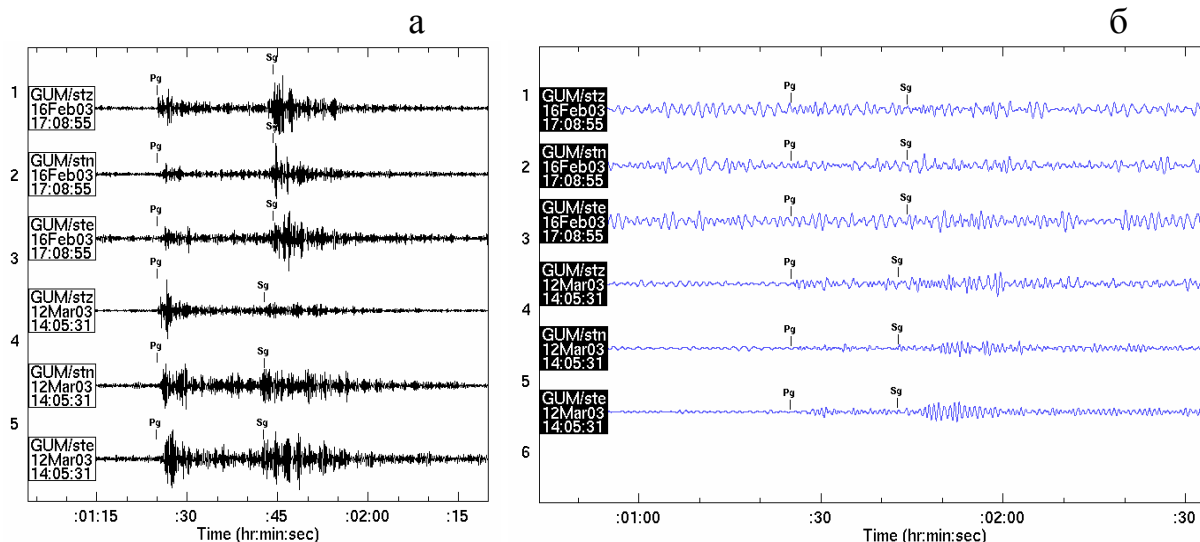
В Ставропольском крае (№ 3) локализовано 190 сейсмических событий (рис. 8), из них 166 отнесены к категории «землетрясение». В результате их реализации выделилась энергия на порядок меньше таковой в 2002 г. [3]. В основном они локализованы вдоль Армавино-Ессентукского разлома. В 2003 г. в Ставропольском крае не было зарегистрировано ни одного землетрясения с  $K_p > 9.2$ .

Следует отметить серию из 26 слабых землетрясений на площадке с координатами  $\varphi=44.00-44.10^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=43.73-43.83^\circ\text{E}$ , начавшуюся 15 января 2003 г. с группы из 6 толчков с  $K_p=2.6-5.5$ . Последующие толчки роя сместились на северо-запад на площадку с координатами  $\varphi=44.15-44.20^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=42.56-42.73^\circ\text{E}$ , где с 7 по 19 февраля произошло 19 толчков с  $K_p=4.1-7.2$ , затем вплоть до октября на второй площадке почти не происходило событий. Затем они снова переместились на первую площадку, но и там не происходили кучно по времени, а равномерно распределились по 2–3 толчка в месяц. С 24 октября снова наблюдалась миграция на северо-запад. Там за два месяца произошло 10 толчков с  $K_p=2.6-7.2$ . Их волновая картина типична для тектонических событий на локальных расстояниях.

Следует обратить внимание на скопление эпицентров слабых событий непосредственно вблизи г. Ставрополя. Во-первых, это известное место проявления ощутимых землетрясений в прошлом [17]. Во вторых, следует внимательнее проверить эти события, не являются ли они взрывами. Позже удалось собрать априорные сведения о местах проведения взрывных работ в Ставропольском крае. Часть этих сведений подтвердили природу событий, отнесенных ранее [16] к категории «возможно, взрыв», произошедших 23 декабря в 10<sup>h</sup>36<sup>m</sup> и 26 декабря 13<sup>h</sup>20<sup>m</sup>.

Теперь они определенно отнесены к взрывам, произведенным на Большом Ставропольском канале. Масса взрывчатого вещества для первого из названных взрывов составила 2.8 т, второго – 3 т. Два взрыва не были распознаны своевременно [16] и были отнесены к землетрясениям: 12 марта в 14<sup>h</sup>06<sup>m</sup> (7.5 т, карьер «Недреманный» при въезде в Ставрополь) и 20 октября в 10<sup>h</sup>51<sup>m</sup> (взрыв на Большом Ставропольском канале).

На рис. 10 а, б представлены записи двух событий, зарегистрированных 16 февраля в 17<sup>h</sup>09<sup>m</sup> и 12 марта в 14<sup>h</sup>06<sup>m</sup> и имеющих близкие координаты эпицентров, но природа их явно различна, различия видны и в высокочастотной и низкочастотной полосе. В высокочастотной полосе для распознавания природы этих двух событий хорошо работает дискриминант спектрального отношения  $Pg/Sg$ , показавший наиболее устойчивые результаты при распознавании взрывов в известных карьерах «Усть-Джегуты», «Тырныауза», «Карачаевска» [18]. Для небольших по мощности взрывов в районе Большого Ставропольского канала подобные различия установлены впервые. Для взрыва 12 марта спектральное отношение  $Pg/Sg$  составило 3.8 при стандартном отклонении 2.2 в полосе  $f=4-16$  Гц, являющейся «рабочей» при распознавании взрывов в карьерах Усть-Джегуты, Карачаевска и Тырныауза. Для взрывов на Большом Ставропольском канале максимальное значение отношения  $Pg/Sg$  установлено в полосе 5.5–7 Гц. Здесь оно достигает значения 7.8 при стандартном отклонении 2.7. Отношение сигнал/шум в этой полосе около 40 единиц. В отличие от этого, для землетрясения 16 февраля 17<sup>h</sup>09<sup>m</sup> спектральное отношение  $Pg/Sg$  составило 0.62 при стандартном отклонении 0.21 в полосе  $f=4-16$  Гц и 0.51 при стандартном отклонении 0.17 в полосе  $f=5-7.5$  Гц.

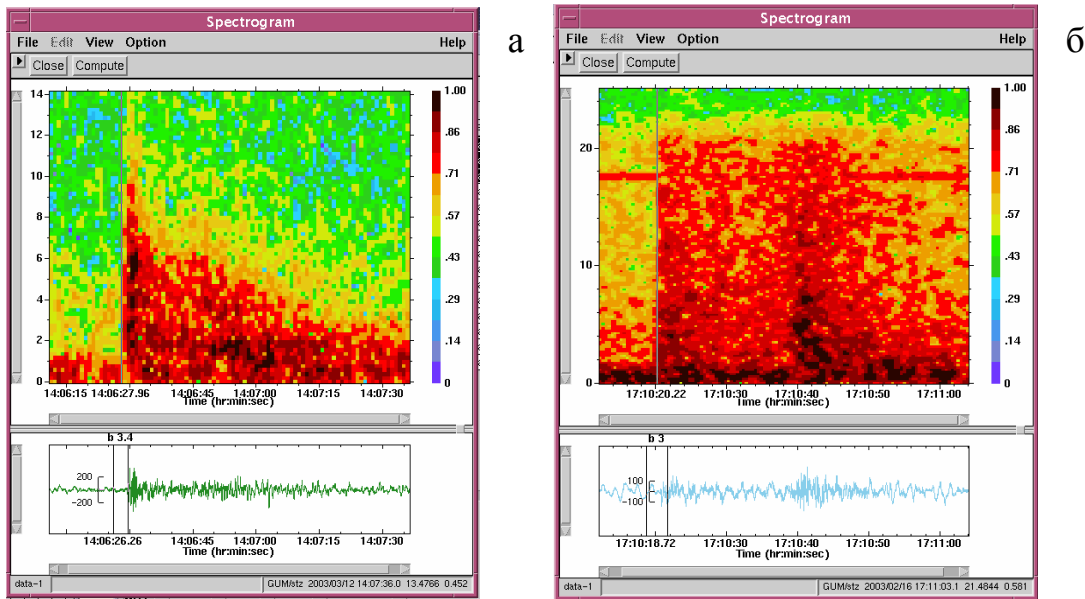


**Рис. 10.** Записи двух событий: вверху три сейсмограммы землетрясения 16 февраля в 17<sup>h</sup> 09<sup>m</sup>, внизу три сейсмограммы взрыва 12 марта в 14<sup>h</sup>06<sup>m</sup> массой 7.5 т в карьере «Недреманный» при въезде в Ставрополь (по данным МЧС Ставропольского края); а – фильтрованные в полосе  $f=3-6$  Гц; б – то же в полосе  $f=0.5-1.5$  Гц.

Эти особенности хорошо видны на спектрограммах рис. 11 а, б. Максимальная энергия на вертикальной компоненте связана с продольными волнами у взрывов и поперечными волнами у землетрясений.

В зоне Кавминводского геодинамического полигона ГС РАН по-прежнему наблюдается слабая сейсмичность, приуроченная к зоне сочленения Черкесского и Армави́ро-Ессентукского разломов I порядка, где зарегистрировано более 40 землетрясений с  $K_p=5-8$  в течение всего года. Наблюдается продолжение во времени роя слабых событий, начавшегося еще в 2001 г. и мигрирующего на северо-запад вдоль близширотного разлома. Большая часть землетрясений роя локализована на территории Кабардино-Балкарской Республики.

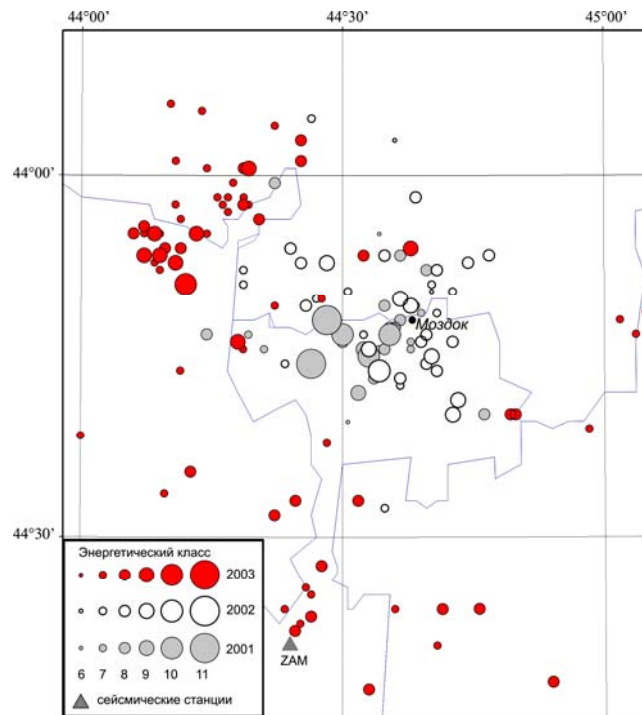
Ранее [2, 3] отмечался рой землетрясений, начавшийся 23.12.2001 г. и продолжавшийся 10–13 января 2002 г. Возможно, с ним же генетически связан рой событий 23–25 марта 2003 г. из 20 толчков с  $K_p=5.7-8.6$ , произошедших несколько северо-западнее, но все в той же Моздокской зоне ВОЗ [19]. Эта зона, субширотно простирающаяся на участке исследования, является частью Гудермесско-Моздокского диагонального глубинного разлома, протягивающегося далее на восток вплоть до «Дагестанского клина» [20].



**Рис. 11.** Спектрограммы (изменение нормированного спектра мощности со временем) записей взрыва 12 марта 2003 г. (а) и землетрясения 16 февраля 2003 г. (б) на вертикальной компоненте станции «Гумбаши»

Положение эпицентров землетрясений роя 2001–2003 г. показано на рис. 12.

В **Карачаево-Черкесской Республике (№ 4)** зарегистрировано 29 землетрясений с  $K_p \leq 8.3$ . Сейсмичность имела рассеянный характер как по площади, так и во времени. Кроме того, в республике локализовано 89 событий категории «взрыв» и «возможно, взрыв». Идентифицированные взрывы произошли в карьерах «Джеганах» и «Цемзавод» вблизи Усть-Джегута. Их энергетический класс в диапазоне  $K_p = 4.2 - 7.8$ . По времени взрывы производились в интервале  $8^h - 14^h$ , как и в 2002 г. (рис. 13), причем шесть из них произошли в районе г. Карачаевска.



**Рис. 12.** Положение эпицентров землетрясений Моздокского роя в 2001–2003 гг.

1 – эпицентры землетрясений 2003, 2002, 2001 гг. соответственно, с  $K_p = 6 - 11$ ; 4 – ближайшая сейсмическая станция «Заманкул».

На территории **Кабардино-Балкарской Республики (№ 5)** зарегистрировано 67 землетрясений с  $K_p=3.6-10.3$ . Самым сильным ( $K_p=10.3$ ) было землетрясение в приграничной территории с Северной Осетией и Ставропольским краем, записанное 16 июля в  $14^h54^m$ . За ним последовали афтершоки в  $15^h03^m$  с  $K_p=8.7$  и в  $21^h25^m$  с  $K_p=7.4$ . Всего в этой очаговой области в течение года произошло 17 землетрясений с  $K_p=5.8-9$ . Возможно, они продолжили роевую последовательность, начатую еще в 2001 г. [2, 3], так как произошли в пределах одной Моздокской зоны ВОЗ. Эпицентры остальных землетрясений приурочены к кабардинскому участку Армави́ро-Невинномысского разлома в направлении на Нальчик (рис. 3).

На территории **Республики Северная Осетия–Алания (№ 6)** зарегистрировано 45 землетрясений, самое сильное ( $K_p=10.7$ ) из которых произошло 24 января в  $14^h03^m$ . За 16 дней до него был зарегистрирован слабый ( $K_p=5.5$ ) форшок 8 января в  $19^h26^m$ , далее после основного толчка зарегистрировано 11 афтершоков с  $K_p=6.2-8.8$ . Землетрясение произошло в зоне Владикавказской зоны ВОЗ [19].

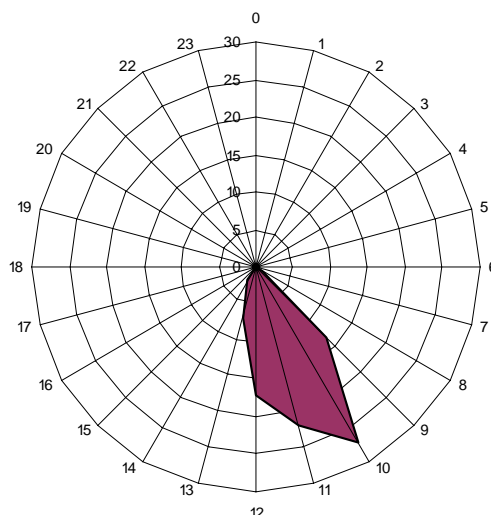


Рис. 13. Диаграмма распределения времени взрывов в карьерах Усть-Джегуты в 2003 г.

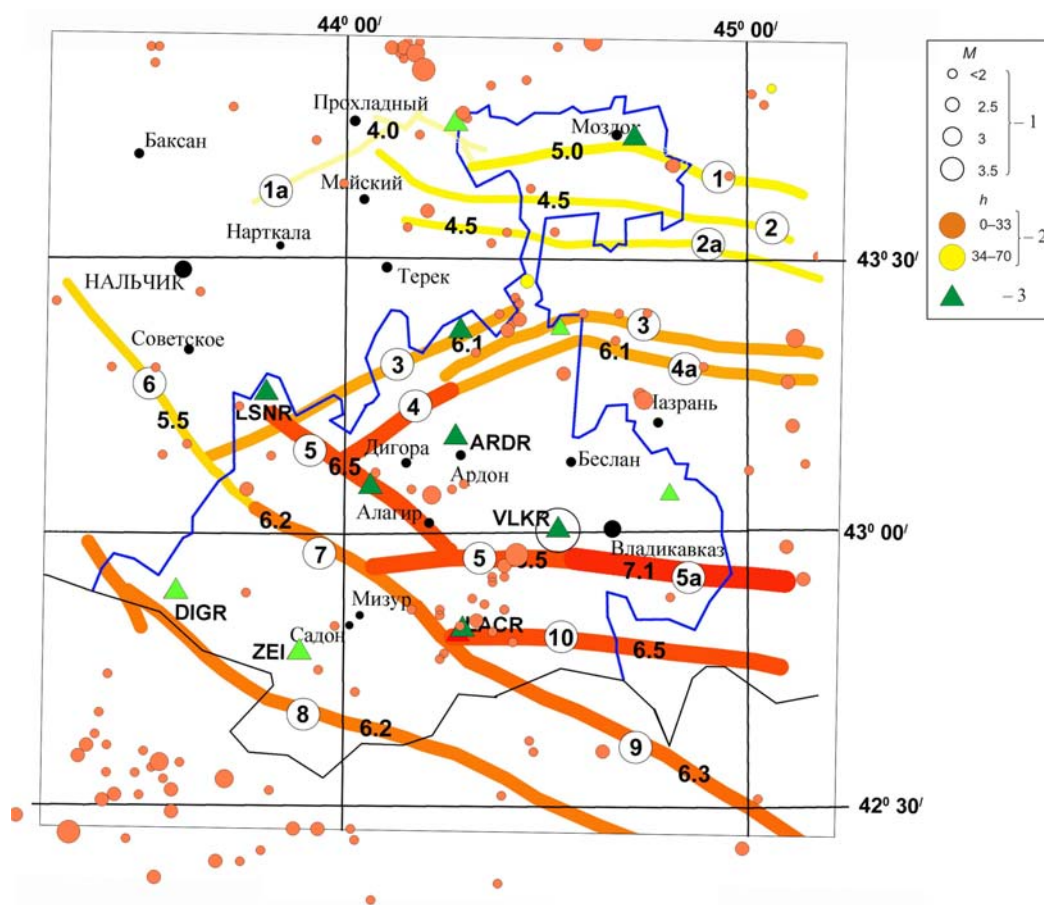


Рис. 14. Карта эпицентров землетрясений на территории Республики Северная Осетия–Алания в 2003 г.

1 – магнитуда; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция.

Цифры на разломах (5.5, 6.2, 6.3 и т.д.) соответствуют уровню магнитуд максимальных возможных землетрясений; там же цифры в кружках соответствуют номерам зон ВОЗ в табл. 9 по [19].

**Таблица 9.** Зоны ВОЗ на территории РСО-А и значения максимальных возможных магнитуд  $M_{max}$ , предполагаемых глубин  $h$ , наиболее вероятных типов подвижек в очагах землетрясений [19] в их пределах

№ на карте	Зона ВОЗ	$M_{max}$	$h$ , км	Характерный тип подвижки
1	Моздокская восточная	5.0	10	взброс
1	Моздокская западная	4.0	5	сдвиг
2	Терская северная	4.5	5	взброс
2а	Терская южная	4.5	5	взброс
3	Сунженская северная	6.1	15	взброс
4	Сунженская южная (западная ветвь)	6.5	15	сдвиг
4а	Сунженская южная (восточная ветвь)	6.1	15	взброс
5	Владикавказская (западная ветвь)	6.5	15	взброс
5а	Владикавказская (восточная ветвь)	7.1	20	взброс
6	Нальчикская	5.5	10	сдвиг
7	Мизурская	6.2	15	сдвиг
8	Зона Главного хребта	6.2	15	взброс
9	Зона Бокового хребта	6.3	15	взброс
10	Кармадонская	6.5	15	взброс

На территории **Ингушетии (№ 7)** и **Чеченской Республики (№ 8)** зарегистрировано 63 землетрясения. Как известно, большая часть этой территории в структурно-тектоническом плане относится к Терско-Каспийскому передовому прогибу, находящемуся между эпигерцинской платформой на севере и мегаантиклинорием Большого Кавказа на юге. Осевая полоса прогиба следует вдоль нижнего течения р. Терек на его широтном отрезке и далее к устью р. Сулак. По [20], здесь протягивается глубинный Терский разлом. В конце января 2002 г. (30 января в 04<sup>h</sup>01<sup>m</sup> и в 06<sup>h</sup>43<sup>m</sup>) в Терско-Сунженской антиклинальной зоне произошли землетрясения с  $K_p=11.1$  и с  $K_p=9.6$  в верхней мантии ( $h=137$  и  $140$  км соответственно [5]). В 2003 г. наблюдается вертикальная миграция очагов в этой зоне: регистрируется несколько очагов с глубинами в верхней мантии от 56 до 72 км (табл. 10).

**Таблица 10.** Землетрясения на территории Чеченской Республики в 2003 г. с гипоцентрами в верхней мантии

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		
1	02.02	17 40 13.8	43.05	46.12	64	8.7
2	09.05	23 53 57.4	43.16	46.10	61	9.0
3	09.08	17 28 30.9	43.06	45.85	60	7.7
4	19.08	18 22 59.7	42.98	46.19	56	8.6
5	26.10	08 09 07.2	43.03	46.09	72	11.0

Самое сильное ( $K_p=11.0$ ) землетрясение произошло 26 октября в 08<sup>h</sup>09<sup>m</sup> на глубине  $h=72\pm 5$  км. Его параметры определены несколькими центрами (табл. 11).

**Таблица 11.** Основные параметры землетрясения 26 октября 2003 г. с  $K_p=11.0$  по данным различных агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр				$h$ , км	Энергетический класс, магнитуды	Характеристика используемой сети			
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$			$n$	$\Delta^\circ_{min}$	$\Delta^\circ_{max}$	GAR $^\circ$
Региональный каталог Северного Кавказа [9]	08 09 07.2	2.06	43.03	0.02	46.09	0.03	72±5	$K_p=11.0$	24	0.5	6.5	139

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Энергетический класс, магнитуды	Характеристика используемой сети			
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км		$n$ с/ст	$\Delta^\circ_{\min}$	$\Delta^\circ_{\max}$	GAP $^\circ$
Оперативный сейсмологический бюллетень ГС РАН [21]	08 09 05.2	2.06	42.9316	0.08	46.1779	0.06	33	$MPSP=4.2/16$	36	0.5	73.0	
REV EIDC [14]	08 08 57.0	1.70	42.9316	0.40	46.1779	0.15	0	$m_b=4.1/15$	11	22.1	73.8	189
EDR NEIC [14]	08 09 05.4	1.65	43.1490		46.2830		79	$m_b=4.0/6$	22	2.2	73.0	186
ISC [14]	08 09 06.7	0.26	43.1164		46.1882		91	$m_b=4.0/20$	69	0.5	73.0	51
NNC [14]	08 09 23.5	1.43	43.6019		47.6019		140	$K_p=10.5$				
TIF [14]	08 09 07.7		40.5200		45.6100		2	$K_p=10.0$				

Для этого землетрясения собраны знаки первого движения на 25 станциях (13 «+», 12 «-»), удаленных на расстояния  $\Delta$  от 0.5° до 25°, и определены параметры механизма очага (табл. 12).

**Таблица 12.** Параметры механизма очага землетрясения 26 октября в 08<sup>h</sup>09<sup>m</sup> с  $K_p=11.0$ ,  $h=72$  км (метод  $P$ -волн)

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$		
					$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$
	26 10	08 09 07.2	72	11.0	41	29	23	140	41	251	320	90	-67	50	23	-180

Его стереограмма в нижней полусфере приводится на рис. 15. Тип движения по вертикальной ( $DP=90^\circ$ ) нодальной плоскости  $NP1$  типа сброс с компонентами левостороннего сдвига, по пологой ( $DP=23^\circ$ ) плоскости  $NP2$  – правосторонний сдвиг с компонентами сброса.



**Рис. 15.** Стереограмма механизма очага землетрясения 26 октября в 08<sup>h</sup>09<sup>m</sup> с  $K=11.0$  с промежуточной глубиной очага за 2003 г.

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

На территории **Республики Дагестан (№ 8)** сейсмичность была также менее активна, чем в прежние годы. Зарегистрировано 126 землетрясений с  $K_p=5.6-10.3$  [9]. Более подробно о сейсмичности Дагестана изложено в статье [11] наст. сб. Здесь отметим лишь наиболее сильные и ощутимые землетрясения: 28 сентября в 03<sup>h</sup>44<sup>m</sup> с  $K_p=10.9$  ощущалось в Махачкале ( $\Delta=82$  км) с  $I=3$  балла; 6 сентября в 17<sup>h</sup>05<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$  – в Дубках (18 км), Дыльме (22 км), Кизилюрте (39 км) с  $I=3-4$  балла. Ряд землетрясений Восточного Кавказа отмечено в приграничной зоне Дагестана и Азербайджана, где выделяются несколько активных разломов Кавказского простирания. Среди них самое значительное ( $K_p=12.3$ ) событие на Кавказе в 2003 г., зарегистрированное 1 июня в 06<sup>h</sup>09<sup>m</sup>. Оно ощущалось в Шеки (10 км), Мингечауре (50 км) с  $I=4$  балла, Кюрдамире (123 км) – 3 балла, Ахты (45 км) – 2–3 балла, Махачкале (190 км), Буйнакске ( $\Delta=175$  км) – 2 балла.

### Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 85–94.
2. Габсатарова И.П. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 105–119.

3. Габсатарова И.П., Селиванова Е.А. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 103–127.
4. Годзиковская А.А. Местные взрывы и землетрясения. – М.: Личный архив, 2000. – 108 с.
5. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических записей с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных (Материалы Первой Международной сейсмологической школы). – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
6. Результаты проведения комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей (отчет ЦОМЭ ГС РАН за 2003 год) / Под ред. Д.Ю. Мехрюшева – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2004. – 175 с.
7. Peterson Jon. Observation and modeling of seismic background noise. – Albuquerque, New Mexico, 1993. – 49 p.
8. Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Козиненко Н.М. (отв. сост.). Каталог и подробные данные Крымско-Черноморского региона за 2003 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2003 год. – Симферополь: ОС ИГ НАНУ, 2004. – С. 15–38.
9. 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. Каталог землетрясений Северного Кавказа за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. 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., Алимамедова В.П. Землетрясения Кавказа // Землетрясения в СССР в 1969 году. – М.: Наука, 1973. – С. 19–28.
11. Абдуллаева С.Р., Амиров С.Р., Асманов О.А., Гамидова А.М., Даниялов М.Г., Исаев М.А., Левкович Р.А., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю. Дагестан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
12. Годзиковская А.А., Рейснер Г.И. Эндогенная позиция глубоких землетрясений Кавказа // Геотектоника. – 1989. – № 3. – С. 15–25.
13. Лобковский Л.И., Хаин В.Е. Условия проявления остаточной мантийной сейсмичности альпийского пояса Евразии // Геотектоника. – 1994. – № 3. – С. 12–20.
14. Bulletin of the International Seismological Centre. – <http://www.isc.ac.uk/search/bulletin/index.html>
15. Овсяченко А.Н. Соотношение различных форм современных тектонических деформаций на Северо-Западном Кавказе // Исследования по сейсмогеотектонике и современной геодинамике. – М.: ИФЗ РАН, 2006. – С. 89–104.
16. Габсатарова И.П. Методика выявления взрывов в ряде действующих карьеров Северного Кавказа // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 347–358.
17. Габсатарова И.П., Чепкунас Л.С., Бабкова Е.А. Нижнекубанское землетрясение 9 ноября 2002 года с  $M_S=4.7$ ,  $I_0=6$  баллов // Землетрясения Северной Евразии, 2002 г. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 357–379.
18. Габсатарова И.П., Даниялов М.Г., Девяткина Л.В., Погода Э.В. Северный Кавказ // Землетрясения России в 2003 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 12–14.
19. 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, 28–31 июля 2008 г.). – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 243–249.
20. Милановский Е.Е., Хаин В.Е. Геологическое строение Кавказа // Очерки региональной геологии СССР. – Вып. 8. – М.: МГУ, 1963. – С. 206–299.
21. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2003 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2003–2004.