

## СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ

И.П. Габсатарова, Е.А. Селиванова, Л.С. Малянова

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

Сейсмический мониторинг Северного Кавказа проводился в 2007 г., как и ранее [1–3], на территории нескольких административных его единиц – Краснодарского и Ставропольского краев, Кабардино-Балкарии, Республики Ингушетия и Чеченской Республики, 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 Альпийско-Гималайского сейсмоактивного пояса, одного из активнейших на земном шаре.

**Сейсмическая сеть** в 2007 г. в регионе в целом, включая станции Дагестана, описана в [4]. Она насчитывала 45 станций. По сравнению с 2006 г., 19 февраля открыта новая станция «Невинномысск», оснащенная короткопериодным сейсмометром CM-3-KB и регистрационным оборудованием SDAS (табл. 1, 2). 20 ноября в экспериментальном режиме установлено цифровое оборудование (CM-3-KB+UGRA) в населенном пункте Михайловский Перевал в 20 км к юго-востоку от Геленджика.

Таблица 1. Новые сейсмические станции ГС РАН, открытые в 2007 г.

№	Сейсмическая станция			Дата открытия	Координаты		$h_y$ , м
	Название	Код			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	
		межд.	рег.				
1	Невинномысск		NVN	19.02.2007	44.614	41.964	357
2	Михайловский Перевал		MIN	20.11.2007	44.507	38.308	168

Таблица 2. Данные об аппаратуре, установленной на станции «Невинномысск» в 2007 г. [5]

№	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	Невинномысск	SDAS CM-3-KB	SH (N, E, Z) v	0.5–16	100	16	$4.83 \cdot 10^8$
			SL (N, E, Z) v	0.5–16	100		$1.51 \cdot 10^7$

Станция «Невинномысск» расположена близко к довольно большому городу и поэтому обладает высоким уровнем микросейсмического фона, поэтому может быть отнесена только к станциям регионального уровня. Однако с самого начала своего открытия она начала вносить существенный вклад в регистрацию землетрясений в области высокосейсмичного Армавино-Невинномысского разлома на севере Карачаево-Черкесской Республики и на Ставропольской возвышенности, заполнив довольно значительную брешь в структуре сейсмической сети. В качестве примера приведем записи двух землетрясений: 22 февраля 2007 г. в  $21^{\text{h}}27^{\text{m}}$  с  $K_p=9.1$  возле Черкесска и 5 ноября 2007 г. в  $20^{\text{h}}19^{\text{m}}$  с  $K_p=8.6$  в Ставропольском крае (рис. 1, 2). Как видно на рис. 2 б, спектр сейсмического шума довольно широк, однако в полосе от 5 до 20 Гц, при проведении полосовой фильтрации Баттерворта, удается более четко выделить полезный сигнал. В дальнейшем предполагается улучшить регистрационные возможности этой станции за счет поиска менее шумного места в окрестностях станции.

При составлении каталога землетрясений Северного Кавказа в приграничных зонах дополнительно использовались данные шести станций Национальной сейсмической службы Грузии («Тби-

лиси» – T12, «Делиси» – TBL, «Давид-Гареджи» – DGRG, «Гори» – GOR, «Мтацминда» – MTA, «Они» – ONI) и некоторых станций Сейсмологической службы НАН Азербайджана. Кроме того, использовались данные всех станций Крымской сети отдела сейсмологии Института геофизики НАН Украины [6]. Перечисленные материалы поступают в ГС РАН по обмену или заимствуются с сайта Международного сейсмологического центра ISC (<http://www.isc.ac.uk>).

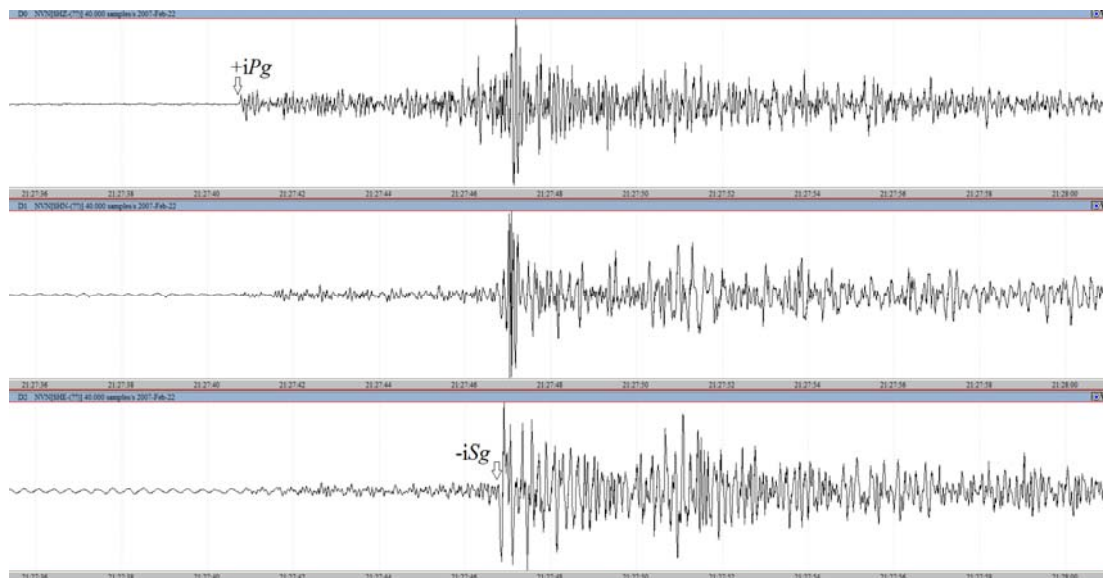


Рис. 1. Трехкомпонентная запись землетрясения 22 февраля 2007 г. в 21<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $K_p=9.1$  станцией «Невинномысск», удаленной к северу на расстояние 54 км от эпицентра

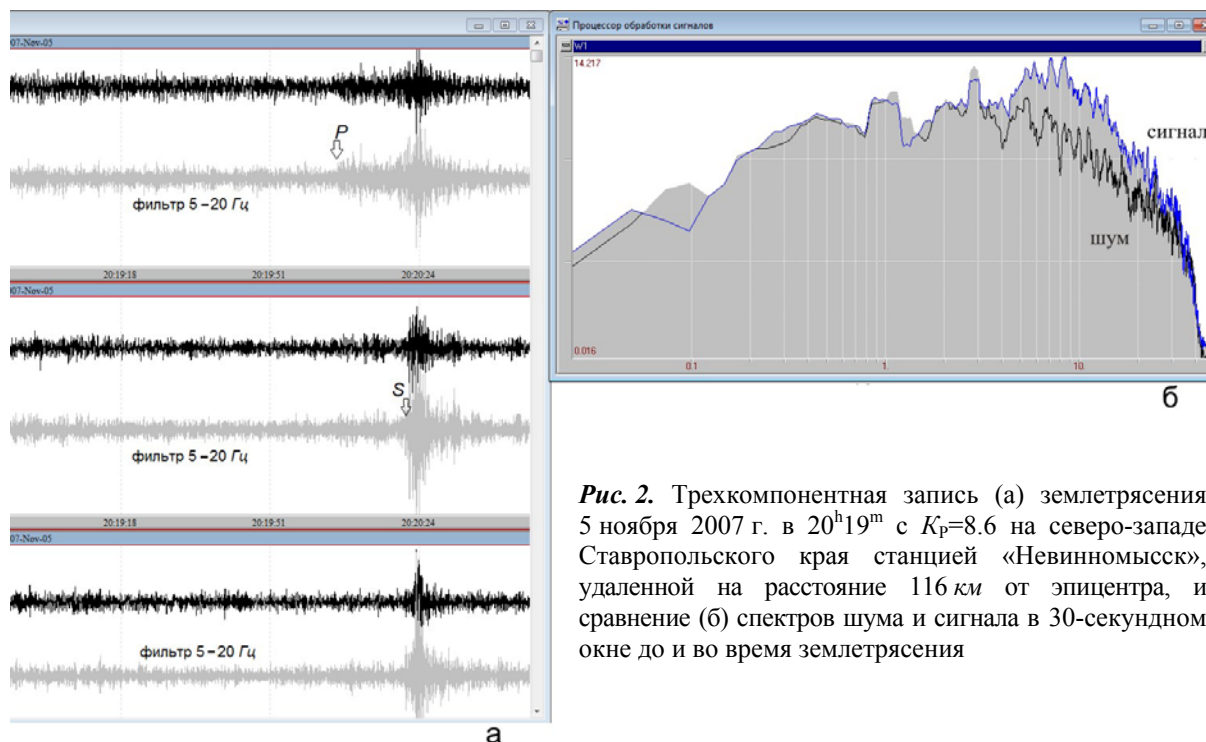


Рис. 2. Трехкомпонентная запись (а) землетрясения 5 ноября 2007 г. в 20<sup>h</sup>19<sup>m</sup> с  $K_p=8.6$  на северо-западе Ставропольского края станцией «Невинномысск», удаленной на расстояние 116 км от эпицентра, и сравнение (б) спектров шума и сигнала в 30-секундном окне до и во время землетрясения

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 1061 сейсмических событий с  $K_p=3.2-12.8$  [7], из них 36 событий отнесены к категории «взрыв» или «возможно взрыв». Минимальный класс  $K_p=3.2$  характеризует землетрясение 1 апреля в 14<sup>h</sup>54<sup>m</sup> в Ставропольском крае. Максимальный энергетический класс в каталоге равен  $K_p=12.8$  и соответствует землетрясению 11 января в 03<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> с  $h=23$  км в прибрежной части Каспийского моря.

Рассмотрим детально сейсмичность на территории административных единиц Северного Кавказа, кроме территории Дагестана, которая описана в отдельной статье [8] наст. сб., а также прилегающих частей акваторий Черного и Каспийского морей. Выделившаяся на всей территории Северного Кавказа суммарная сейсмическая энергия равна  $\Sigma E=1433.93 \cdot 10^{11}$  Дж (табл. 3 и 4), что примерно в двадцать раз выше таковой в 2006 г. ( $\Sigma E=64.57 \cdot 10^{11}$  Дж [3]) и в 70 раз выше, чем в 2005 г. ( $\Sigma E=24.23 \cdot 10^{11}$  Дж [2]). Карта эпицентров всех землетрясений изображена на рис. 3. В целом, как и ранее [1–3], сейсмичность имела мозаичный характер, связанный с отдельными сейсмотектоническими блоками и зонами их сочленения.

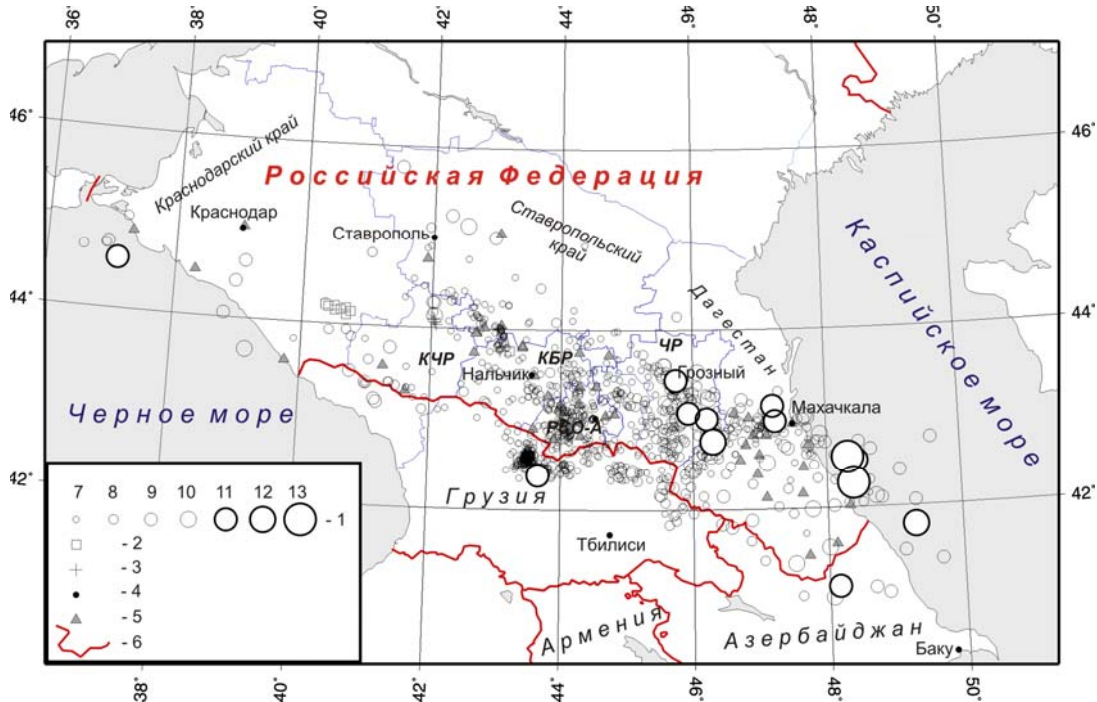


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Северного Кавказа с  $K_p \geq 6.6$  за 2007 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – «возможно взрыв»; 3 – «взрыв»; 4 – населенный пункт; 5 – сейсмическая станция; 6 – государственная граница; административные единицы Северного Кавказа: КЧР – Карачаево-Черкесская Республика, КБР – Кабардино-Балкарская Республика, РСО-А – Республика Северная Осетия-Алания, ЧР – Чеченская Республика.

Таблица 3. Распределение землетрясений Северного Кавказа по энергетическим классам  $K_p$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  в 2007 г. по административным территориям

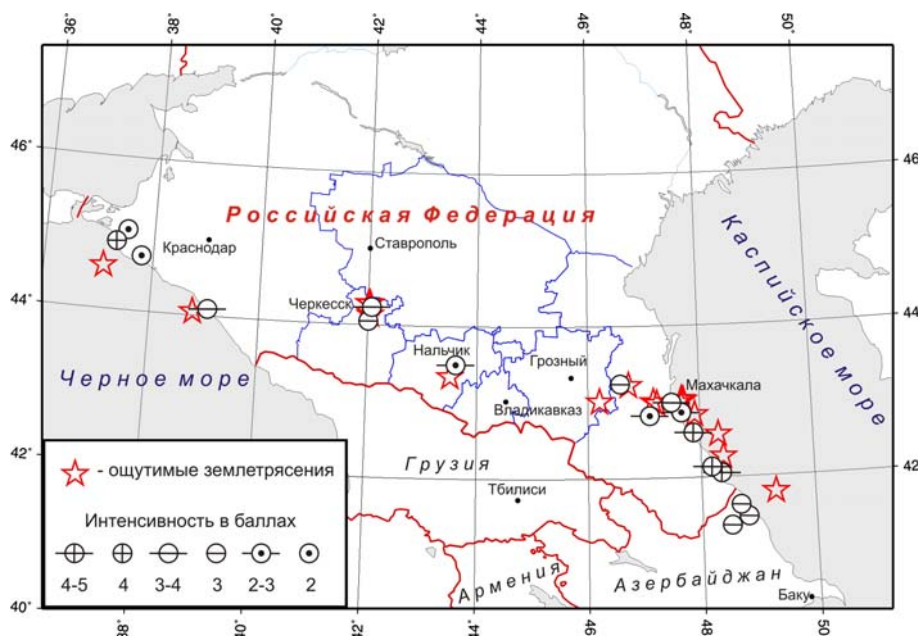
№	Район	$K_p$											$\Sigma N$	$\Sigma E,$ $10^{11}$ Дж
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Черное море					1	3	4	1	1			10	6.55703
2	Краснодарский край					1	2	2					5	0.33922
3	Ставропольский край	1	12	17	14	21	6	3	1				75	1.54118
4	Карачаево-Черкессия		1	2	6	3	5	3	1				21	0.99597
5	Кабардино-Балкария	1	3	20	31	20	7	1					84	0.14908
6	Северная Осетия-Алания		26	85	43	19	3	2					179	0.25749
7	Ингушетия			1	20	16	5	1					43	0.12444
8	Чеченская Республика			1	12	44	55	17	6	3			138	26.4271
	Всего	2	42	125	124	127	94	33	9	4	0		556	36.4673
10	Дагестан			1	14	36	54	23	6	1	1		137	63.7095
11	Каспийское море				1	2	25	26	5	3	1	2	64	1321.03
12	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии		8	58	95	64	29	16	5	2	1		277	12.7273
	Итого	2	50	184	234	229	202	98	25	10	3	2	1025	1433.93

**Таблица 4.** Распределение суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  землетрясений Северного Кавказа в 2005–2007 гг. по административным территориям

№	Район	$\Sigma E, 10^{11} \text{ Дж}$		
		2005 г.	2006 г.	2007 г.
1	Черное море	8.025	0.08050	6.55703
2	Краснодарский край	0.121	0.14210	0.33922
3	Ставропольский край	0.540	2.06900	1.54118
4	Карачаево-Черкессия	0.0011	0.00227	0.99597
5	Кабардино-Балкария	0.009	0.00729	0.14908
6	Северная Осетия–Алания	0.0276	0.00826	0.25749
7	Ингушетия	2.158	0.04072	0.12444
8	Чеченская Республика	4.947	14.3000	26.4271
	Всего	15.877	16.7100	36.4673
10	Дагестан	6.408	1.2840	63.7095
11	Каспийское море	0.456	20.220	1321.03
12	Сопредельные территории Азербайджана и Грузии	1.489	26.360	12.7273
	Итого	24.230	64.574	1433.93

Пространственное распределение эпицентров землетрясений на рис. 3 показывает, что основная их масса произошла традиционно в восточной части Северного Кавказа. Особенно высокий уровень сейсмичности наблюдался в Каспийском море, где в результате нескольких сильных землетрясений выделилось в 65 раз больше сейсмической энергии, чем в 2006 г. Примерно такое же соотношение выделившейся энергии в 2007 и 2006 гг. наблюдается и в Дагестане. Территория Чеченской Республики также была более активна, чем в 2006 г., здесь выделилось в два раза больше сейсмической энергии. Значительно более активна, чем в 2006 г., восточная часть Черноморского побережья. Энергия, выделившаяся здесь, сопоставима по уровню с 2005 г.

В населенных пунктах Северного Кавказа ощутимыми были 16 землетрясений, максимальная интенсивность сотрясений составила  $I=4-5$  баллов. На рис. 4 совмещены населенные пункты и землетрясения, вызвавшие в них сотрясения. Электронный вариант каталога землетрясений [7] снабжен таблицей координат этих населенных пунктов.

**Рис. 4.** Сотрясенные населенные пункты с указанной в них балльностью по шкале MSK-64 [9]

Звездочки – эпицентры ощутимых землетрясений.

Рассмотрим подробнее проявления сейсмичности в регионе в пределах границ административных образований Северного Кавказа, а также прилегающих частей акваторий Черного и Каспийского морей.

В акватории **Черного моря** зарегистрировано 10 землетрясений с  $K_p=7.5-10.7$  (табл. 3 и 4, рис. 3). Большая их часть сгруппировались против Анапы (7 толчков), два эпицентра – в районе Туапсе. Первую группу землетрясений возглавляет по магнитуде относительно сильное и ощутимое землетрясение 5 октября в 23<sup>h</sup>17<sup>m</sup> с  $K_p=10.7$ , параметры которого определены рядом сейсмологических центров (табл. 5). Решения Крымского центра и ГС РАН (НС) очень близки, все остальные центры дают более северное расположение эпицентра, что противоречит данным ближайших станций.

**Таблица 5.** Основные параметры землетрясения 5 октября 2007 г. с  $M_S=3.8$  по данным Северного Кавказа (НС) в сопоставлении с определениями других агентств

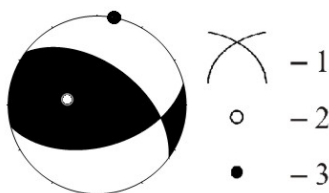
Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источ- ник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
НС	23 17 56.1	0.8	44.56	0.03	37.10	0.03	23		$MPVA=4.7/8$ , $K_p=10.7/15$	[7]
Крым	23 17 55.8	0.5	44.56	0.05	37.08	0.03	18		$K_{II}=11.8$	
CSEM	23 17 52.6	0.54	44.7913		37.130		15	1	$M_S=3.2$ , $m_b=4.5/51$	[10]
MOS	23 17 53.5	1.03	45.207	0.05	37.155	0.03	14		$MPSP=4.5/40$	[10]
ISC	23 17 56.36	0.5	44.9089	0.03	37.1201	0.02	27.7	4.5	$M_S=3.8/11$ , $m_b=4.4/74$	[10]
NEIC	23 17 53.87	1.03	44.94	0.04	37.168	0.03	10f		$m_b=4.4/59$	[10]
REB IDC	23 17 51.92	0.8	44.7913	0.12	37.1798	0.08	0f		$M_S=3.6/13$ , $m_b=4.4/17$ , $ML=3.9/6$	[10]

Примечание. Расшифровка кодов агентств дана в условных обозначениях к наст. сб.

По знакам первого движения в *P*-волне на 33 станциях, где были зарегистрированы в 19 случаях волны сжатия, а в 14 – волны разряжения, построен механизм очага [11] землетрясения 5 октября в 23<sup>h</sup>17<sup>m</sup>. Станции были расположены на расстояниях  $\Delta=1.28-34.6^\circ$ , азимутально в трех квадрантах, что характерно для сети в случае Черноморских землетрясений. Знаки удаленных станций были заимствованы из бюллетеня ISC [10].

**Таблица 6.** Параметры механизма очага землетрясения 5 октября в 23<sup>h</sup>17<sup>m</sup> с  $K_p=10.7$

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$M_w$ , [11]	$K_p$ , [7]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
						<i>T</i>		<i>N</i>		<i>P</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>		
						<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>
1	05.10	23 17 56.1	23	4.5	10.7	62	280	28	101	0.4	11	306	52	127	76	51	53



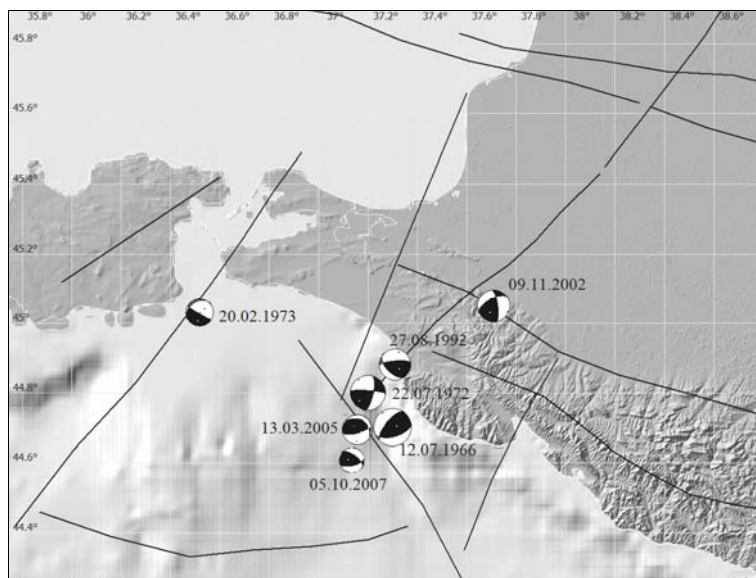
**Рис 5.** Диаграмма механизма очага землетрясения 5 октября в 23<sup>h</sup>17<sup>m</sup>

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

Землетрясение произошло под действием горизонтальных ( $PL=0.4^\circ$ ) напряжений сжатия, направленных на север-северо-восток ( $AZM=11^\circ$ ). Тип движения по обеим нодальным плоскостям, имеющим субширотное простирание, – взброс, по плоскости *NP1* – с правосторонней сдвиговой компонентой, по *NP2* – левосторонней сдвиговой компонентой.

Подобный механизм был получен по знакам первого движения в *P*-волне для землетрясения 13 марта 2005 г. практически в этой же очаговой зоне (рис. 6). Сведенные на одной карте известные механизмы очагов в этой зоне свидетельствуют о наличии здесь как продольных (вдоль береговой линии), так и поперечных направлений движений в очагах. Первые из названных преобладают в настоящем очаге и еще в очагах землетрясений 13 марта 2005 г. и 27 августа 1992 г. [12]; вторые – в очагах землетрясений Анапского 12 июля 1966 г., Нижнекубанского-II 9 ноября 2002 г. и 22 июля 1972 г. [12].





**Рис. 6.** Диаграммы механизмов очагов землетрясений Анапской зоны на фоне одной из схем тектонических разломов (фонды ИФЗ РАН). Рисунок создан по ГИС EEDB [13].

В Краснодарском крае, включая территорию Адыгеи, зарегистрировано 17 сейсмических событий. Самое заметное ( $K_p=9.4$ ) землетрясение отмечено 27 декабря в 04<sup>h</sup>39<sup>m</sup> между Джубгой и Горячим Ключом.

Каталог этой части региона претерпел изменения по сравнению с каталогом, опубликованным в [14]. Ряд из 12 более слабых событий ( $K_p=7.3-8.4$ ), зарегистрированных в районе между населенными пунктами Каменноостский и Псебай (табл. 7), после тщательного анализа волновых форм были классифицированы как «возможно взрывы». Как видно из табл. 7, все эти события произошли в рабочее время, с 7 до 13 часов по Гринвичу (с 11 до 17 часов московского времени), в разные дни недели, но большая часть – в рабочие дни.

**Таблица 7.** Список событий Краснодарского края в 2007 г., подвергнутых дополнительному анализу для распознавания их природы

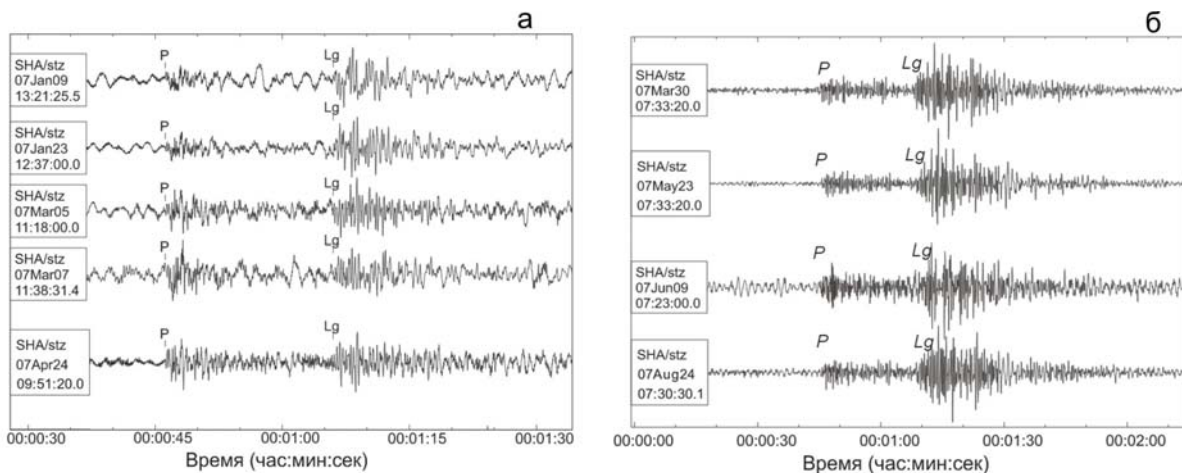
№	Дата, д м	$t_0$ ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$	День недели
			$\varphi^\circ$ , N	$\varphi^\circ$ , N			
1	09.01	13 21 28.3	44.15	40.81	14	7.5	вторник
2	23.01	12 37 36.4	44.12	40.77	14	7.8	вторник
3	05.03	11 18 46.0	43.87	40.77	7	7.6	понедельник
4	07.03	11 40 03.3	43.94	40.69	6	7.8	среда
5	30.03	07 33 30.9	44.17	40.46	1	8.2	пятница
6	08.04	07 51 46.9	43.81	39.89	11	7.2	воскресенье
7	24.04	09 52 05.5	44.17	40.76	13	7.7	вторник
8	23.05	07 33 43.7	44.22	40.35	7	8.4	среда
9	08.06	10 08 41.4	44.16	40.67	18	7.6	пятница
10	09.06	07 23 09.7	44.20	40.52	16	7.3	суббота
11	07.07	12 33 48.8	43.93	40.42	19	7.7	суббота
12	24.08	07 31 20.6	44.19	40.37	11	8.4	пятница

На карте Google Earth эти события локализовались в области между Псебаем и Каменноостским, где известны мощные карьеры (200–400 м в диаметре) (рис. 7). Известно, что ведется добыча известняка, гипсового камня и мела в Псебае ОАО «КНАУФ ГИПС ПСЕБАЙ» и вблизи Каменноостского – ЗАО «НЕРУДСТРОЙКОМ». К сожалению, контактов с этими организациями не установлено, и точных данных о проведении взрывов нет. Однако имеющиеся сведения и результаты исследования волновой картины и частотного состава записи позволили принять решение о присвоении этим событиям типа «возможно взрыв». Локация проведена заново с фиксированной глубиной  $h=0$  км.



**Рис. 7.** Расположение карьеров возле Каменномоостского (внизу) и Псебая (вверху) и эпицентров исследуемых событий. На выносках карьеры показаны в увеличенном масштабе. Использована карта Google Earth

Рассмотрены записи высокочувствительной станции «Шиджатмаз», удаленной от событий на расстояния 160–185 км.



**Рис. 8.** Записи вертикальных компонент станции «Шиджатмаз»: а – событий вблизи Псебая без фильтрации, б – вблизи Каменномоостского, отфильтрованные в полосе 0.8–4.5 Гц

Записи событий в каждой из групп подобны между собой, что говорит о близком месте происхождения событий и, возможно, подобном механизме источника (в данном случае взрыва). Например, первые 10 с записи на рис. 8 а событий в Псебай, отфильтрованные в полосе 1–2 Гц, устойчиво коррелируются между собой с коэффициентами корреляции  $r=0.87–0.95$ .

В соответствии с методикой распознавания взрывов и землетрясений на Северном Кавказе [15] рассмотрен частотный состав записей, построены амплитудные спектры  $P$ - и  $S$ -волн, исследовано их соотношение. Для обеих групп событий в частотном составе  $P$ -волн преобладают высокие частоты и спектральные амплитуды  $P$ -волн выше, нежели  $S$ -волн в полосах 9–19 Гц для первой группы и 8–17 Гц – для второй группы (рис. 9).

Таким образом, можно заключить, что, хотя недостаточная плотность сети в Краснодарском крае пока не позволяет уверенно определять параметры событий из одного и того же места, сравнение записей и исследование частотного состава позволяют получить дополнительную информацию о месте и природе этих событий.

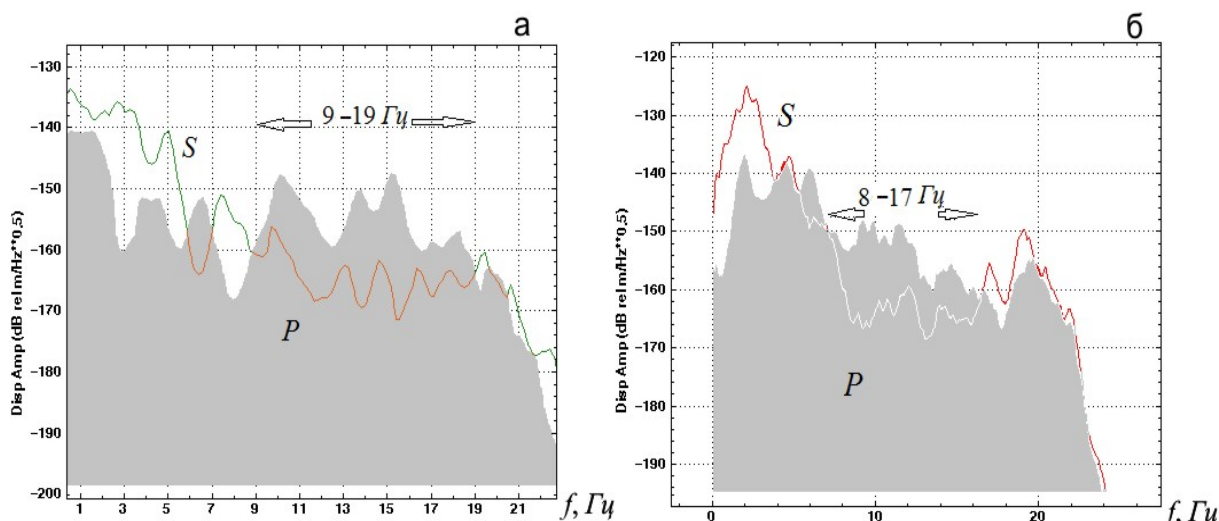


Рис. 9. Соотношение спектров *P*- и *S*-волн для: а – события вблизи Псебея 7 января 2007 г. в 13<sup>h</sup>21<sup>m</sup>, б – вблизи Каменномоетского – 23 мая 2007 г. в 07<sup>h</sup>33<sup>m</sup>

В пределах **Ставропольского края** зарегистрировано 75 землетрясений с  $K_p=3.2-10.1$  и три «возможно взрыва». Как видно из табл. 3, число слабых ( $K_p < 5$ ) землетрясений на этой территории близко к таковым в 2006 и 2005 гг. [2, 3]. Они так же, как и в прошлые годы, произошли на эпицентральных расстояниях менее 50 км от Кисловодска и приурочены к структурам Минераловодского выступа. Возникновение многочисленных мелкофокусных слабых землетрясений является характерной особенностью сейсмического режима в этом районе.

Самое значительное ( $K_p=10.1$ ) землетрясение произошло 8 февраля в 01<sup>h</sup>03<sup>m</sup> в 45 км к северо-востоку от Ставрополя, в пределах Бешпагирской зоны ВОЗ [16] (рис. 10). Их эпицентры находятся в пределах зоны 4-балльных изосейст (рис. 11) известных землетрясений Кавминводского 28.02.1978 г. [17] и Верхне-Янкульского 19 октября 1999 г. [18]. Кроме того, все названные землетрясения произошли в пределах структур, объединенных в Транскавказское поперечное поднятие, которому отводят важную роль в формировании новейшей структуры Большого Кавказа [19–21].

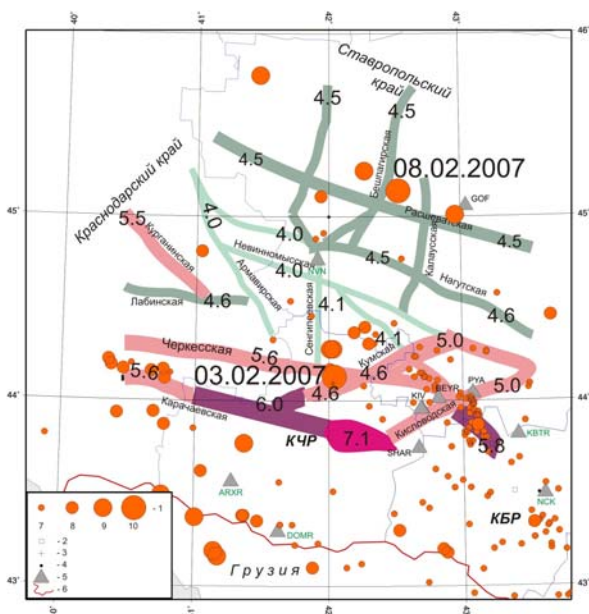


Рис. 10. Положение эпицентров землетрясений Ставропольского края в 2007 г. относительно выделенных в [16] зон ВОЗ

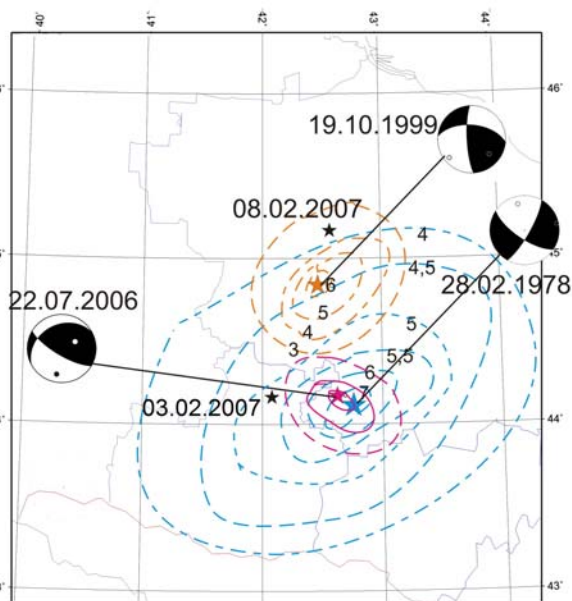


Рис. 11. Сводная карта изосейст и механизмы очагов сильнейших землетрясений на юге Ставропольского края



В Карачаево-Черкесской Республике зарегистрировано 21 землетрясение с  $K_p=3.8-9.8$ . На севере республики ( $\varphi > 44.0^\circ N$ ) зафиксировано несколько ощутимых толчков с интенсивностью  $I$  до 3–4 баллов землетрясений, произошедших в тектоническом узле на пересечении Черкесской и Кумской зон ВОЗ (рис. 10, табл. 8). Вся срединная часть территории почти асейсмична, в том числе и в зоне Карачаевской ВОЗ, где прогнозные значения  $M_{max}=6.0-7.1$ .

Таблица 8. Список Черкесских землетрясений в 2007 г.

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$	Макросейсмические данные
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$			
1	03.02	12 19 10.1	44.13	42.04	5	9.8	Черкесск и Усть-Джегута – 3 балла
2	06.02	02 01 31.9	44.17	42.01	4	8.1	Черкесск – 2–3 балла
3	22.02	21 27 31.7	44.28	42.03	2	9.1	Черкесск – 3–4 балла
4	09.05	09 01 09.6	44.08	42.26	5	4.8	
5	20.06	05 02 02.8	44.28	42.01	2	9.0	Черкесск – 2 балла
6	03.02	12 19 10.1	44.13	42.04	5	9.8	Черкесск и Усть-Джегута – 3 балла

Ощутимые землетрясения произошли вблизи карьеров по добыче известняка и гипса около Усть-Джегуты. Это уникальный случай для проверки эффективности методики распознавания взрывов и землетрясений, произошедших практически в одном и том же месте. На рис. 12 приведено сравнение спектрограмм для двух сейсмических событий, зарегистрированных станцией «Шиджатмаз» (SHA), на приблизительно равных расстояниях ( $\Delta=70-80$  км). Одно из них – взрыв в промышленном карьере 24 апреля 2007 г. с  $K_p=7.8$  (рис. 12 а), другое – ощутимое землетрясение 22 февраля 2007 г. с  $K_p=9.1$  (рис. 12 б), оба произошли вблизи г. Черкесска Карачаево-Черкесской Республики. На двумерных спектрограммах рис. 12 отчетливо видна различная частотно-спектральная насыщенность записи: в случае взрыва преобладают более высокие частоты в группе  $P$ -волн относительно  $S$ , в случае землетрясения – близкие частотные полосы в обеих волнах. При взрыве максимум энергии приходится на поверхностную волну  $Rg$ . Таким образом, взрыв и землетрясение существенно отличаются по спектральным характеристикам сейсмических фаз, на чем и построена применяемая на Северном Кавказе методика.

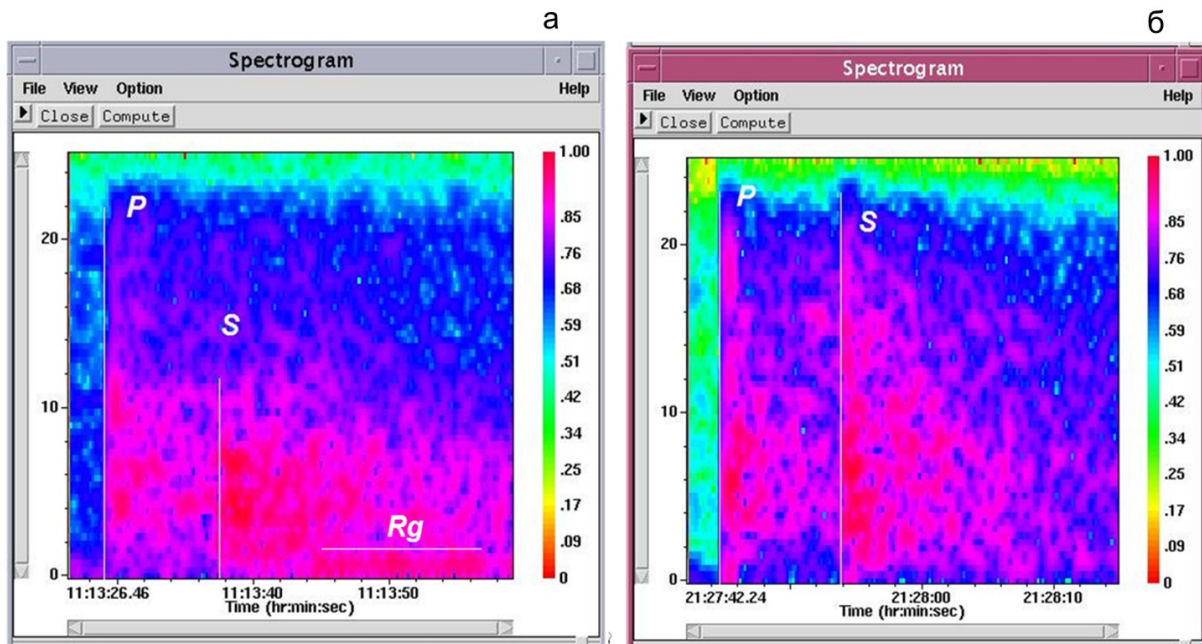


Рис. 12. Спектрограммы взрыва в карьере близ г. Черкесска 24 апреля 2007 г. с  $K_p=7.8$  (а) и ощутимого землетрясения 22 февраля 2007 г. с  $K_p=9.1$  (б) по записи вертикальной компоненты станции «Шиджатмаз», произошедших в одном районе (использована программа Geotool [22])

На вертикальной цветовой шкале справа показана нормированная мощность спектра колебаний, наиболее высокая показана красным

Территория **Кабардино-Балкарской Республики** (рис. 3) характеризуется более пред- ставительной по числу слабых землетрясений ( $N=84$ ) сейсмичностью, нежели в Карачаево- Черкесской Республике. Одно событие отнесено к взрыву, три – получили классификацию «возможно взрыв». Одно землетрясение ощущалось в Нальчике с интенсивностью  $I=2-3$  балла (4 декабря в  $14^h34^m$ ).

Так же как, и в 2006 г., часть слабых землетрясений в Кабардино-Балкарии составляли небольшие рои из 6–9 землетрясений (табл. 9, 10) и группировались на двух участках:

- в зоне юго-восточной ветви Кисловодской ВОЗ (рис. 10);
- южнее Нальчика.

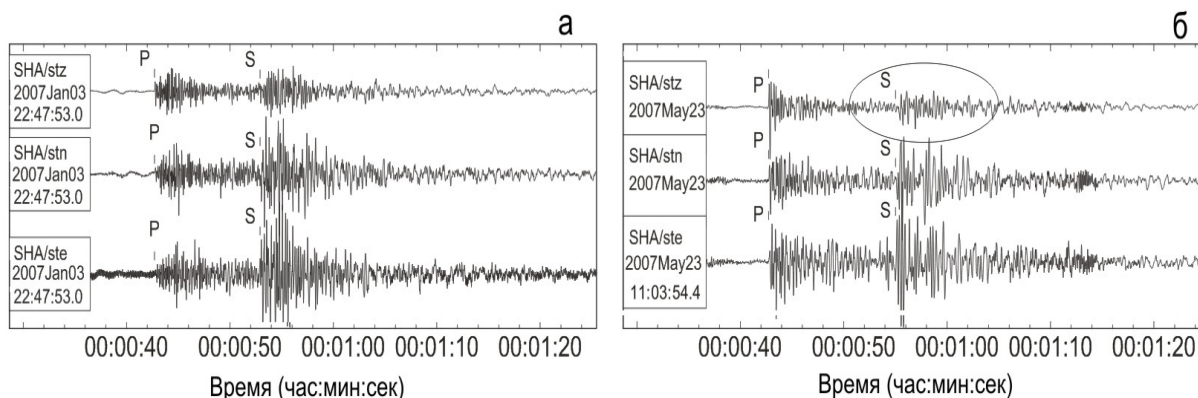
**Таблица 9.** Список землетрясений юго-восточной ветви Кисловодской ВОЗ в 2007 г.

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$	№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$						$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		
1	12 03	04 35 29.6	43.83	43.15	13	5.2	6	05 09	01 57 34.8	43.83	43.03	14	4.8
2	15 03	03 25 39.7	43.80	43.17	18	6.2	7	07 09	05 19 06.6	43.83	43.03	15	5.1
3	19 03	17 37 39.4	43.80	43.15	14	6.8	8	07 09	05 24 27.8	43.83	43.03	14	6.0
4	29 03	23 03 26.1	43.83	43.01	1	3.3	9	15 11	23 40 17.2	43.83	43.10	5	4.7
5	19 08	06 28 24.3	43.72	43.18	15	5.7							

**Таблица 10.** Список землетрясений южнее Нальчика

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$	№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$						$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		
1	04 12	07 42 24.7	43.35	43.55	1	5.9	4	04 12	14 34 33.6	43.34	43.51	13	8.5
2	04 12	08 47 41.4	43.32	43.61	1	5.2	5	04 12	14 39 11.5	43.33	43.49	1	5.8
3	04 12	10 04 23.1	43.37	43.57	1	6.0	6	04 12	15 05 43.3	43.35	43.66	14	5.2

Два землетрясения (3 января в  $22^h48^m$  с  $K_p=7.5$  и 23 мая в  $11^h04^m$  с  $K_p=8.0$ ) зарегистрированы в пограничном районе с Грузией. Трасса от источника до станции «Шиджатмаз» проходит близко к потухшему вулкану Эльбрус и должна пересекать в коре зону магматической камеры и магматического очага, ранее питающего вулкан, а в настоящее время проявляющегося в аномалиях теплового поля и других геофизических полей [23]. Магматический очаг расположен на глубинах  $h=20-40$  км и, как было показано в [24], является поглощающим фильтром для поперечных  $S$ -волн и резонансным фактором для объемных  $P$ -волн. В таком случае, если параметры гипоцентров определены верно, то эти эффекты должны проявиться на записях указанной станции, приведенных для этих двух землетрясений на рис. 13.



**Рис. 13.** Трехкомпонентные записи двух землетрясений 3 января в  $22^h48^m$  с  $K_p=7.5$  (а) и 23 мая в  $11^h04^m$  с  $K_p=8.0$  (б), расположенных по трассе источник – станция «Шиджатмаз», пересекающей магматический очаг под Эльбрусом

На записи землетрясения 23 мая в  $11^h04^m$  (рис. 13), особенно на вертикальной компоненте, мы видим не характерные для записи обычного корового землетрясения – увеличенные по

амплитудам колебания в  $P$ -волне, и крайне слабые амплитуды в  $S$ -волне, на горизонтальных составляющих запись в  $S$ -волне более низкочастотная относительно другого землетрясения 3 января 2007 г. Можно предположить, что часть спектра отфильтровано средой, которая вокруг разогретого очага в значительной мере раздроблена, отражает ослабленную пограничную зону западного окончания Транскавказского поперечного поднятия [23].

На территории Республики Северная Осетия–Алания (РСО–А) зарегистрировано 179 землетрясений с  $K_p=4.0–9.1$  (табл. 3). Значительное число слабых землетрясений зарегистрировано благодаря плотной сети сейсмических станций Северо-Осетинского филиала ГС РАН. Оценка наклона графика повторяемости, полученная по этим землетрясениям, показывает, что безоговорочно представительным на этой территории является  $K_p=6.0$  ( $\gamma=0.48$ ), и близко к представительному значению  $K_p=5.0$  ( $\gamma=0.44$ ).

Только два землетрясения имели  $K_p>8$  (27 августа в  $09^h03^m$  с  $K_p=8.9$ ,  $h=15$  км и 1 сентября в  $11^h36^m$  с  $K_p=9.1$ ,  $h=6$  км). Карта эпицентров всех землетрясений территории Республики дана на рис. 14 вместе с другими землетрясениями в приграничных зонах. В пределах РСО–А слабая сейсмичность имела в основном рассеянный характер. Часть землетрясений происходила в пределах зон ВОЗ Мизурской (25 землетрясений) и Владикавказской западной (43 землетрясения) (рис. 14).

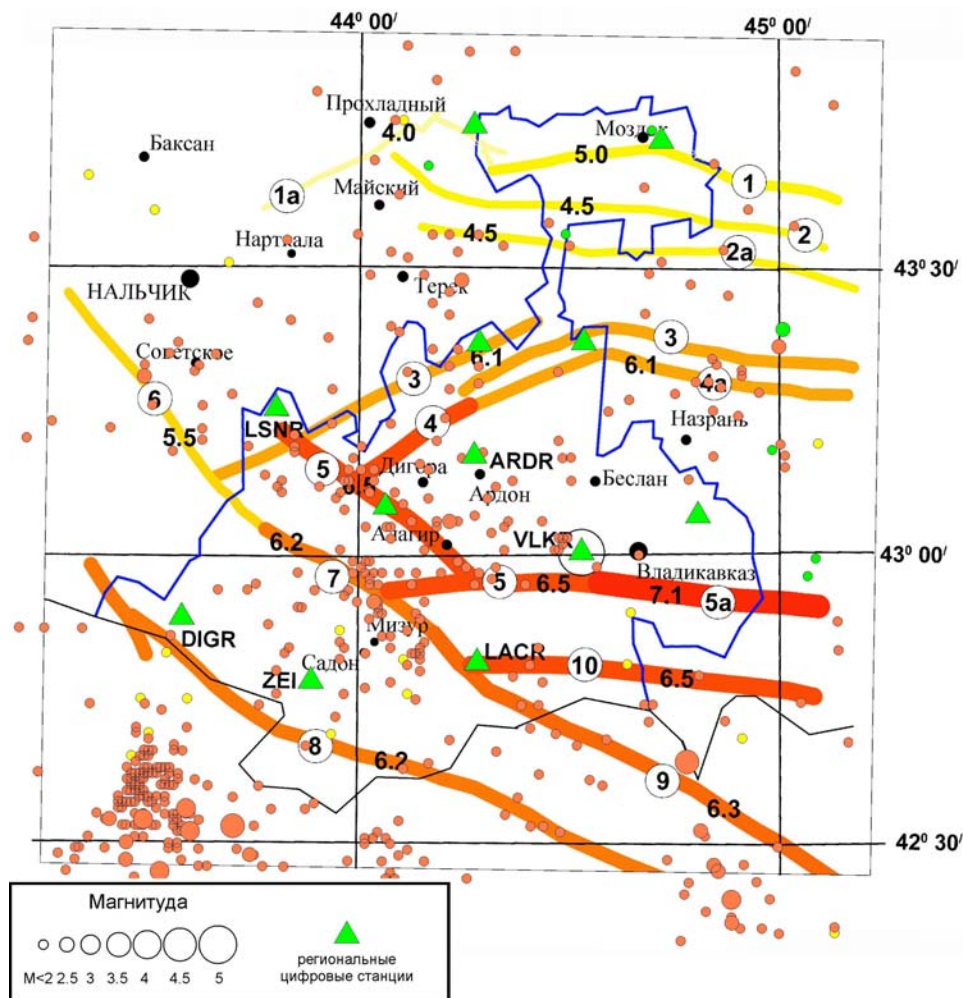


Рис. 14. Слабая сейсмичность территории РСО–А на фоне зон ВОЗ по [25] с указанием значений  $M_{\max}$  (от 4.0 до 7.1)

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – сейсмическая станция; 3 – зоны ВОЗ: 1 – Моздокская; 2, 2 а – Терская северная и южная соответственно; 3 – Сунженская северная; 4 – Сунженская; 4 а – Сунженская южная; 5, 5 а – Владикавказская западная и восточная соответственно; 6 – Нальчикская; 7 – Мизурская; 8 – зона Главного хребта; 9 – зона Бокового хребта; 10 – Кармадонская. Коды и названия станций: «Лескен»–LSNR, «Ардон»–ARDR, «Владикавказ»–VLKR, «Дигорское ущелье»–DIGR, «Цей»–ZEI, «Лац»–LACR



В ближайшей к РСО–А приграничной территории Грузии продолжался афтершоковый процесс в очаговой зоне Онийского землетрясения 06.02.2006 г. с  $K_p=12.3$ . Здесь зарегистрировано 181 землетрясение с  $K_p=4.3–10.6$ , из них параметры 142 землетрясений получены только по данным сети Северо-Осетинского филиала ГС РАН. Самое сильное ( $K_p=10.6$ ) землетрясение в этой зоне произошло 18 июля в 19<sup>h</sup>16<sup>m</sup>. Параметры гипоцентра этого землетрясения были определены по 31 станции на эпицентральных расстояниях  $\Delta=29–804$  км, относительно равномерно окружавших эпицентр ( $GAP=99^\circ$ ). Использовались, кроме станций ГС РАН, данные станций соседних сетей – 6 станций сети Грузии, 4 станции Крымской сети и одна станция на территории Армении. Получено значение глубины в этом случае  $h=5\pm 1$  км.

По данным сводной обработки в ИОЦ Обнинска, средняя глубина других афтершоков была определена как  $h=13\pm 10$  км. По данным только сети Осетинского филиала –  $h=22\pm 10$  км. По известным исследованиям в этой очаговой зоне [26] глубины очагов землетрясений в Рача-Джавском очаге в основном не превышали 10 км. Возникло сомнение в корректности оценки глубины очагов землетрясений 2007 г. практически в этой же зоне, о чем говорит большой разброс значений  $h$  и малая глубина упомянутого выше землетрясения 18 июля, определенная уверенно. Поэтому было предпринято переопределение параметров тех землетрясений, для которых удалось за счет дополнительных данных грузинских станций, опубликованных к этому времени на сайте ISC (<http://www.isc.ac.uk>), найти дополнительные

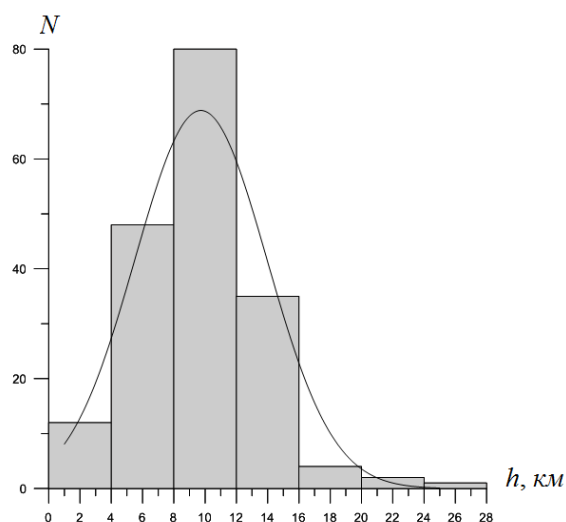
данные по ближайшей станции «Они». В том случае, если данных ближайшей станции «Они» найти не удалось, локация производилась с фиксацией глубины  $h=5$  км, как показала практика, средней для этой зоны. Таким образом, распределение глубин в очаговой зоне Онийского землетрясения 6 февраля 2006 г. в 04<sup>h</sup>08<sup>m</sup> с  $K_p=12.3$ , произошедших в 2007 г., представлено на гистограмме (рис. 15). Распределение значений близко к нормальному, среднее значение глубины составило  $h=9.7$  км при среднеквадратическом отклонении  $\delta h=4.2$  км. Такие значения глубин близки к оценкам [26] и грузинских сейсмологов [27].

В **Ингушетии** зарегистрировано 43 землетрясения с  $K_p=5.0–8.6$ . Здесь самое сильное ( $K_p=8.6$ ) из них произошло 22 июня в 04<sup>h</sup>53<sup>m</sup> в области структурно-тектонического узла, образованного поперечным Цхинвало-Казбекским глубинным разломом и Пшекиш-Тырныуз-Аргудан-Сунженским разломом Кавказского простираения (рис. 16).

На территории **Чеченской Республики** в 2007 г. зарегистрированы 122 землетрясения с очагами в земной коре с  $h=1–47$  км и 16 – с промежуточными глубинами  $h=82–164$  км [7], основная масса которых локализована в пределах Терско-Сунженской зоны (рис. 16, табл. 11). Самые сильные ( $K_p=10.8$ ) из заглубленных очагов произошли 5 августа в 10<sup>h</sup>52<sup>m</sup> и 22 октября в 20<sup>h</sup>10<sup>m</sup>.

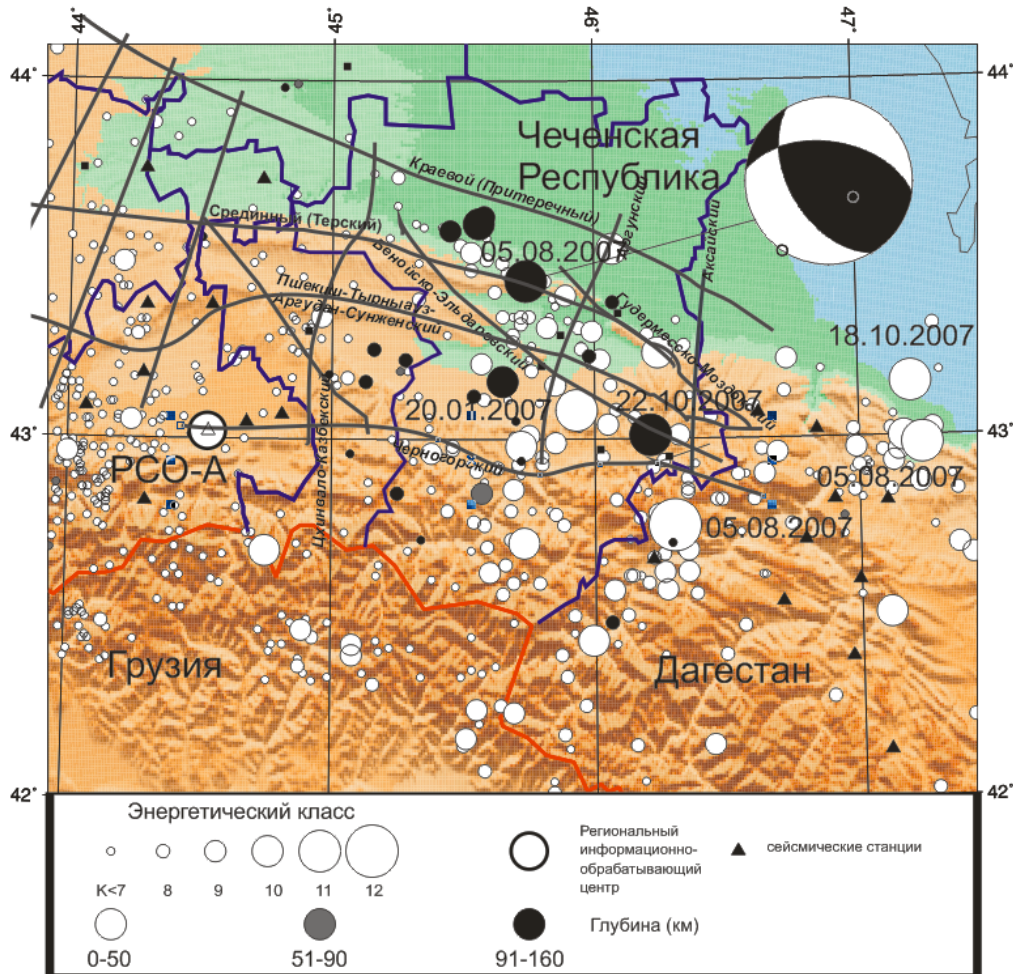
**Таблица 11.** Землетрясения Терско-Сунженской зоны 2007 г. с  $K_p \geq 9.0$  с промежуточными глубинами гипоцентров по [7]

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		
4	11.04	17 19 13.0	43.60	45.56	163	10.0
9	23.05	21 41 01.2	43.58	45.45	165	9.1
12	05.08	10 52 04.7	43.44	45.74	129	10.8
13	22.10	20 10 14.8	43.01	46.21	110	10.8



**Рис. 15.** Гистограмма значений глубин землетрясений в Онийском очаге 6 февраля 2006 г. в 04<sup>h</sup>08<sup>m</sup> с  $K_p=12.3$  за 2007 г.





**Рис. 16.** Сейсмичность территории Чеченской Республики в 2007 г. на фоне глубинных разломов по [28]

Для землетрясения 5 августа в  $10^{\text{h}52^{\text{m}}}$   $K_p=10.8$  построен механизм очага по методике и программе [29, 30] с использованием знаков первого движения в  $P$ -волне (табл. 12). Они были найдены на записях 20 станций, расположенных на расстояниях  $\Delta=0.6-4.21^\circ$ , относительно хорошо окружающих эпицентр. Землетрясение возникло под преобладающим воздействием напряжений сжатия, ориентированных на юго-запад. Тип движения по нодальной плоскости  $NP1$  – взброс с правосторонней сдвиговой компонентой, по плоскости  $NP2$  ( $DP_1=74^\circ$ ) – взброс с левосторонней сдвиговой компонентой (рис. 16). Простираение  $NP2$  близширотно ( $STK_1=278^\circ$ ) и близко к простираению Срединного (Терского) погребенного глубинного разлома по [28] (рис. 16 и 17). В бюллетене ISC для этого землетрясения имеются значения глубинной фазы  $pP$ , зарегистрированных сейсмической станцией HFS, Норвегия ( $\Delta=25.57^\circ$ ) и станцией MKAR, Казахстан ( $\Delta=25.79^\circ$ ). Значение глубины по разности прихода глубинной фазы  $pP$  и  $P$ -волны составило  $h=125$  км и  $h=140$  км по станции HFS и MKAR соответственно. Среднее значение  $\bar{h} = 132$  км  $\pm 7.5$  км, что близко к полученному значению ( $h=129 \pm 2.6$  км) в результате локации по региональным станциям, удаленным на расстояния  $\Delta < 500$  км.

**Таблица 12.** Параметры механизма очага землетрясения 5 августа 2007 г. в  $10^{\text{h}52^{\text{m}}}$  с  $K_p=10.8$

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					$P$		$N$		$T$		$NP1$			$NP2$		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	05.08	10 52 04.7	129	10.8	0	214	29	304	61	124	149	52	128	278	52	52

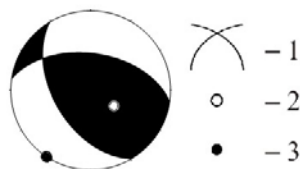


Рис. 17. Диаграмма механизма очага землетрясения  
5 августа 2007 г. в 21<sup>h</sup>16<sup>m</sup>  
с  $K_p=12.1$  и  $h=129$  км

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

Землетрясение 22 октября в 20<sup>h</sup>10<sup>m</sup> (№ 13 в табл. 11) произошло близко к Дагестану и ощущалось в Хасавюрте с интенсивностью  $I=3$  балла на эпицентральной расстоянии 40 км. Это одно из редких случаев фиксирования ощутимости землетрясений от заглубленных очагов.

Проявление коровой сейсмичности на территории Чеченской Республики в 2007 г. имеет заметную концентрацию вдоль Срединного (Терского) и поперечного Аргунского разломов (рис. 16). Наиболее значительные землетрясения произошли 20 января в 14<sup>h</sup>37<sup>m</sup> с  $K_p=10.6$ , 6 апреля в 04<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $K_p=10.0$ , 11 августа в 21<sup>h</sup>21<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$  и 22 августа в 22<sup>h</sup>25<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$ . Ни одно из них не вызвало макросейсмический эффект в населенных пунктах Республики.

На территории Дагестана зарегистрировано 136 землетрясений с  $K_p=5.5-11.7$ . Самое сильное ( $K_p=11.7$ ) из них произошло 5 августа в 23<sup>h</sup>10<sup>m</sup>, почти через 13 часов после сильного землетрясения в переходном к верхней мантии слое (5 августа 2007 г. в 10<sup>h</sup>52<sup>m</sup> с  $K_p=10.8$   $h=129$  км). Этого же числа произошло землетрясение в 08<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $K_p=10.7$  на границе Чечни и Дагестана, очаг его располагался на небольшой глубине  $h=2$  км, поэтому оно ощущалось с  $I=2-3$  балла в Махачкале и Буйнакске. Таким образом, произошла активизация в довольно большом блоке и на разных глубинах вдоль Срединного (Терского) глубинного разлома на севере и Черногорского (Владикавказского) – на юге. Более подробно сейсмичность Дагестана изложена в отдельной статье настоящего сборника [8].

**Каспийское море.** В мае – ноябре 2007 г. в акватории Каспийского моря зарегистрирована серия из 45 землетрясений с  $K_p=7.4-12.7$ . В общем тектоническом плане рой произошел в зоне сочленения структур Скифской плиты и Большого Кавказа, более детально – в той части Терско-Каспийского передового прогиба, которая уходит в море и является замыкающей его частью, граничащей в Каспии с Яламо-Самурским поднятием, отделяющим Терско-Каспийский прогиб от кулисообразно продолжающего его Кусаро-Дивиченского прогиба (рис. 18). Детальному описанию данных по этим землетрясениям была посвящена статья [31].

Дополнительно к материалам статьи [31] рассчитаны механизмы очагов для двух землетрясений (табл. 12).

Наиболее значительные землетрясения имели макросейсмический эффект на Дагестанском побережье:

- землетрясение 11 января в 03<sup>h</sup>58<sup>m</sup> с  $K_p=12.8$  произошло в той же очаговой зоне, что и Новокаякентское землетрясение 11 сентября 2006 г. с  $K_p=12.3$  [31]. Оно ощущалось на Дагестанском побережье Каспийского моря: в населенных пунктах Дагестанские Огни ( $\Delta=24$  км), Дербент ( $\Delta=26$  км), и Избербаш ( $\Delta=54$  км) с  $I=4-5$  баллов, в Махачкале ( $\Delta=108$  км) – 3–4 балла, в Дербенте и Дагестанских Огнях перед толчком слышался сильный гул;
- землетрясение 22 января в 03<sup>h</sup>14<sup>m</sup> с  $K_p=9.9$  ощущалось в северной части г. Махачкала с  $I=2$  балла;
- землетрясение 4 июня в 06<sup>h</sup>51<sup>m</sup> с  $K_p=9.2$  ощущалось в Каспийске в аэропорту с  $I=2-3$  балла;
- землетрясение 30 июня в 22<sup>h</sup>30<sup>m</sup> с  $K_p=12.7$  с эпицентром в 30 км севернее события 11 января ощущалось в Каспийске ( $\Delta=65$  км) и Махачкале ( $\Delta=81$  км) с  $I=2-3$  балла, в г. Буйнакске ( $\Delta=101$  км) – 2 балла;
- 19 июля ощущалось два землетрясения в 04<sup>h</sup>36<sup>m</sup> с  $K_p=9.8$  и 04<sup>h</sup>55<sup>m</sup> с  $K_p=10.1$ ; первое – в Махачкале ( $\Delta=18$  км) с  $I=2-3$  балла, Каспийске ( $\Delta=18$  км) – 2 балла; второе – в Махачкале ( $\Delta=16$  км) с  $I=3$  балла.

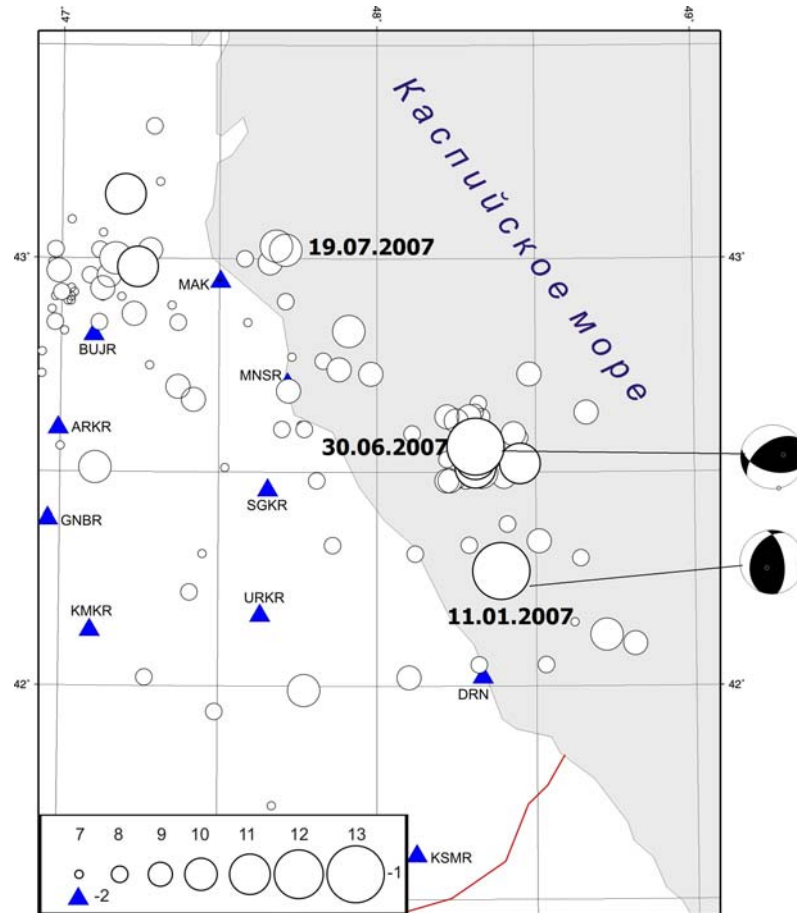


Рис. 18. Положение эпицентров землетрясений в Каспийском море в 2007 г. и диаграммы механизмов очагов двух землетрясений: 11 января в 03<sup>h</sup>58<sup>m</sup> с  $K_p=12.8$  и 30 июня в 22<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> с  $K_p=12.7$

1 – энергетический класс, 2 – сейсмические станции

Заметна некоторая миграция очагов с юга на север вдоль прибрежной полосы Каспия, вероятно, связанная с выделением сейсмической энергии в Прибрежном глубинном разломе.

Таблица 12. Параметры механизмов очагов землетрясений в Каспийском море

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					P		N		T		NP1		NP2			
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	11.01	03 58 34.8	23	12.8	12	93	0	15	70	221	203	35	117	351	59	72
2	30.06	22 30 36.4	16	12.7	0	169	28	259	62	79	234	51	53	104	51	127

Механизм очага землетрясения 11.01.2007 г. в 03<sup>h</sup>58<sup>m</sup> рассчитан по знакам первых вступлений P-волн, выделенных на 41 станции, по программе [29, 30]. На 24 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 17 – волны разрежения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний 0.9–59.7° в азимутальном створе 22–349°, с малым числом данных в азимутальном створе 90–262°. Решения механизма очага в стереографической проекции (нижняя полусфера) показаны на рис. 18, параметры механизма очага представлены в табл. 12.

В соответствии с полученным решением землетрясение произошло под преобладающим действием напряжений сжатия, ориентированных в восточном направлении. Одна из нодальных плоскостей NP1 имеет юго-западное простирание ( $STK=203^\circ$ ) и довольно пологое падение ( $DP=35^\circ$ ). Другая – NP2 – имеет северо-западное простирание ( $STK=351^\circ$ ) и более крутое падение ( $DP=59^\circ$ ). Тип движения по обеим плоскостям – взброс.

**Механизм очага землетрясения 30 июня в 22<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>** рассчитан по знакам первых вступлений *P*-волн, выделенных на 75 станциях, по программе [29, 30]. На 48 станциях зарегистрированы волны сжатия (знаки плюс), на 27 – волны разрежения (знаки минус). Станции расположены в интервале эпицентральных расстояний 0.6–58.6° в азимутальном створе 22–342°, с отсутствием данных в азимутальном створе 58–244°. Решения механизма очага в стереографической проекции (нижняя полусфера) показаны на рис. 18, параметры механизма представлены в табл. 12.

В соответствии с полученным механизмом, землетрясение произошло под преобладающим действием напряжений сжатия, ориентированных в юг-юго-восточном направлении. Одна из нодальных плоскостей *NP1* имеет юго-западное простирание ( $STK=234^\circ$ ) и довольно крутое падение ( $DP=51^\circ$ ). Другая – *NP2* – имеет восток-юго-восточное простирание ( $STK=104^\circ$ ) и более крутое ( $DP=59^\circ$ ) падение. Тип движения по *NP1* – взброс с левосторонней сдвиговой компонентой, по *NP2* – взброс с правосторонней сдвиговой компонентой.

Следует предупредить, что из-за недостаточного окружения станциями эпицентра, качество решения механизма по имеющимся данным невысокое, и их можно рассматривать лишь как вероятные решения.

В целом сейсмичность региона Северного Кавказа РФ в 2007 г. можно охарактеризовать как относительно спокойную с повышенным уровнем на Черном море, в Чеченской Республике и в Каспии. Согласно [32], уровень сейсмической энергии, выделившейся в 2007 г., охарактеризован как фоновый средний относительно периода наблюдений 1962–2007 гг.

#### Л и т е р а т у р а

1. Габсатарова И.П., Погода Э.В., Селиванова Е.А. Северный Кавказ // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 92–100.
2. 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.
3. 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.
4. Габсатарова И.П., Девяткина Л.В., Даниялов М.Г., Мехрюшев Д.Ю., Погода Э.В. Северный Кавказ // Землетрясения России в 2007 году. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 14–17.
5. 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.
6. 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 2007 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2007 год. – Севастополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2009. – С. 39–65.
7. Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Головкова Л.В., Амиров С.Р., 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., Котляренко Н.Л., Никольская Т.Н., Яфимова Я.П., Киселева О.А., Цирихова Г.В., Калоева И.Ю. Каталог землетрясений ( $N=1028$ ) и взрывов ( $N=36$ ) Северного Кавказа за 2007 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
8. Абдуллаева А.Р., Амиров С.Р., Асманов О.А., Даниялов М.Г., Левкович Р.А. Дагестан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
9. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
10. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2007.** – Berkshire: ISC, 2009.
11. Габсатарова И.П., Малянова Л.С. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Северного Кавказа. (См. раздел II (Спектры и динамические параметры очагов землетрясений) в наст. сб.).
12. Пустовитенко Б.Г. Сейсмические процессы в Черноморском регионе и сейсмическая опасность Крыма: дис. на соискание ученой степени д-ра физ.-мат. наук. – Киев: ИГ НАНУ, 2003. – С. 58–71.



13. **Михеева А.В.** Программно-алгоритмический инструментарий подготовки и анализа сейсмических данных в информационно-вычислительном комплексе EEDB: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук. – Новосибирск, 2011. – 25 с.
14. **Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Головкова Л.В., Амиров С.Р., Девяткина Л.В. (отв. сост.)** Северный Кавказ ( $M \geq 1.8$ ) // Землетрясения России в 2007 году. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 123–130.
15. **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.
16. **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, г. Кисловодск. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 81–86.
17. **Казин Э.А.** Кавминводское землетрясение 28 февраля 1978 г. // Сейсмологический бюллетень Кавказа. – 1979. – Тбилиси: Мецниереба, 1982. – С. 215–226.
18. **Фабрициус В.З., Фабрициус З.Е., Шавкань П.В., Габсатарова И.П., Михайлова Р.С.** Верхне-Янкульское землетрясение 19 октября 1999 года с  $MS=4.4$ ,  $I_0=6-7$  (Северный Кавказ) // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 311–322.
19. **Милановский Е.Е.** Новейшая тектоника Кавказа. – М.: Недра, 1968. – 483 с.
20. **Никонов А.А.** Значительные землетрясения и сейсмическая опасность района Кавказских Минеральных Вод // Физика Земли. – 1993. – № 2. – С. 10–18.
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. **Соупе Ж., Clark К., Lloyd S.** IDC Documentations Geotool Software User Tutorial. – 16 July 2003. – 59 p.
23. **Собисевич А.Л.** Избранные задачи математической геофизики и вулканологии. – М.: ИФЗ, 2010. – 464 с.
24. **Собисевич Л.Е., Нечаев Ю.В., Собисевич А.Л. и др.** Мониторинг магматических структур вулкана Эльбрус / Под ред. академика Н.П. Лаверова. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – 192 с.
25. **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.
26. **Арефьев С.С.** Эпицентральные сейсмологические исследования. – М.: Академкнига, 2003. – С. 47, 49, 349.
27. **Шенгелая Г.Ш., Папалашвили В.Г., Махарадзе Р.К., Аманаташвили Я.Т., Шенгелия И.С.** Первый каталог землетрясений Кавказа, составленный по программе «Гипоцентрия-ГМ» и некоторые вопросы современной геодинамики эпицентральной зоны Рача-Имеретинского землетрясения. – Тбилиси: «Мецниереба», 1995. – 132 с.
28. **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.
29. **Ландер А.В.** Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.2003–31.12.2003) // Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КОМСП ГС РАН, 2004. – С. 359–380.
30. **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.
31. **Пономарёва Н.Л., Габсатарова И.П., Селиванова Е.А., Бугаева О.С.** Сейсмическая активизация на западном побережье Каспийского моря в пределах Республики Дагестан в 2007 году // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Третьей Международной сейсмологической школы, Кисловодск. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 145–153.
32. **Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г.** Оценка уровня сейсмической активности регионов России // Землетрясения России в 2007 г. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 49–55.