

## ДАГЕСТАН

С.Р. Амиров, О.А. Асманов, М.Г. Даниялов, Р.А. Левкович, З.А. Мусалаева

Дагестанский филиал ГС РАН, г. Махачкала, uuball12@ball12.dagestan.su

В сети сейсмических станций Дагестана в 2008 г. (табл. 1), по сравнению с таковой в 2007 г. [1], произошли изменения в оснащенности и комплектации регистрирующей аппаратуры. На всех сейсмических станциях приборы для отметки времени (РФУ, МХ-6, радиоприемники) были заменены на GPS-приемники. На станции «Аракани» в декабре 2008 г. вместо ОСБ-VI был установлен регистр РС-2. Появились первые цифровые станции типа SDAS: с 19 сентября с аналоговой на цифровую переведена станция «Гуниб», с 1 ноября – «Дубки». Всего на территории Дагестана работали 16 сейсмических станций Дагестанского филиала ГС РАН и одна станция ГС РАН («Махачкала»). На всех аналоговых станциях несколько изменились максимальные увеличения  $V_{\max}$  и диапазон периодов  $\Delta T_{\max}$  столообразного участка частотной характеристики, который на многих станциях стал более коротким.

Таблица 1. Сведения о станциях Дагестанского филиала ГС РАН (в хронологии их открытия) за 2008 г.

№	Станция		Дата открытия (закрытия)	Координаты			Аппаратура				Подпочва		
	Название	Код		$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, м$	Тип прибора	Компонента	$V_{\max}$	$\Delta T_{\max}, с$			
		межд.	рег.										
1	Буйнакск	BUJR	BUJ	13.09.1973	42.825	47.108							
				(16.12.1997)									
				13.09.2000	42.928	47.108	480	СМ-3-КВ	N	7662	0.1–0.5	песчаник	
								E	148	0.7–1.0			
								Z	7107	0.1–0.5			
2	Ахты	АКТ	АКТ	04.06.1974	41.478	47.717	1200	СКМ-3	N	23293	0.2–0.8	аргиллит	
									E	120	0.2–0.8		
									Z	24659	0.25–0.9		
3	Дылым	DLMR	DLM	02.09.1974	43.069	46.618	600	СМ-3	N	11064	0.25–1.0	делювий	
									E	791	1.1–1.5		
									Z	12699	0.5–0.95		
4	Дубки	DBC	DBC	01.03.1975	43.019	46.839	900	СКМ-3	N	21871	0.25–0.85	известняк	
									E	223	0.25–0.8		
									Z	24393	0.25–0.95		
				01.11.2008				SDAS+СМ-3-КВ					
5	Дербент	DRN	DRN	25.06.1975	42.027	48.331	–20	СКМ-3	N	11985	0.2–0.45	известняк	
									E	177	0.3–0.55		
									Z	11888	0.25–0.55		
6	Унцукуль	UNCR	UNC	01.02.1984	42.714	46.794	650	СКМ-3	N	16577	0.2–1.2	песчаник	
									E	171	0.25–1.2		
									Z	16955	0.15–1.1		
7	Кумух	КМКР	КМК	01.04.1985	42.131	47.099	1950	СКМ-3	N	16987	0.2–0.75	аргиллит	
									E	227	0.2–0.7		
									Z	16696	0.2–0.8		
8	Касумкент	KSMR	KSM	01.10.1987	41.603	48.128	840	СМ-3	N	10703	0.2–1.0	аллювий	
									E	113	0.4–1.2		
									Z	10582	0.20–0.9		
9	Сергокала	SGKR	SGK	01.12.1981	42.450	47.667	550					известняк	
				(01.07.1993)									
				10.01.1997	42.460	47.658	500	СМ-3	N	2663	0.1–1.1		
								E	60	0.8–1.1			
								Z	2745	0.1–0.95			

№	Станция			Дата открытия (закрытия)	Координаты			Аппаратура				Подпочва
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h <sub>y</sub> , м	Тип прибора	Комп- нента	V <sub>max</sub>	ΔT <sub>max</sub> , с	
		межд.	рег.									
10	Каранай	KRNR	KRN	04.04.1988	42.827	46.907	1150	СКМ-3	N	22742	0.3–0.65	известняк
									E	212	0.23–0.6	
									Z	19807	0.25–0.75	
11	Аракани	ARKR	ARK	08.02.1989	42.603	46.994	750	СМ-3-КВ	N	15675	0.15–0.85	известняк
									E	108	0.15–0.75	
									Z	15643	0.15–0.8	
12	Хунзах	XNZR	XNZ	17.01.1992	42.542	46.705	1640	СКМ-3	N	16244	0.2–0.85	скала, известняк
									E	230	0.25–0.8	
									Z	15776	0.15–0.7	
13	Ботлих	BTLR	BTL	19.11.1994	42.664	46.222	870	СМ-3	N	24292	0.45–1.0	песчаник
									E	572	0.5–1.0	
									Z	26841	0.4–1.1	
14	Уркарах	URKR	URK	01.02.1998	42.166	47.633	1300	СКМ-3	N	15529	0.2–0.7	скальные породы
									E	586	0.3–0.85	
									Z	16179	0.2–0.9	
15	Гуниб	GNBR	GNB	07.07.1999	42.389	46.964	800	СМ-3	N	11294	0.15–0.45	известняк
									E	210	0.15–0.45	
									Z	11375	0.1–0.3	
16	Манас	MNSR	MNS	28.12.1999	42.703	47.719	–20	СМ-3	N	6808	0.45–0.7	галечник
									E	169	0.55–0.7	
									Z	6817	0.3–0.5	

Данные о параметрах цифровой аппаратуры даны в табл. 2.

**Таблица 2.** Параметры цифровой аппаратуры сейсмических станций Дагестана, открытых в 2008 г.

Название станции	Тип ЦСС и сейсмометра	Каналы	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, отсчет/(м/с)
Дубки	SDAS+СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.5–30	40	16	5.88·10 <sup>8</sup>
		SL (N, E, Z) v	0.5–30	40	16	5.88·10 <sup>8</sup>
Гуниб	SDAS+СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.5–30	40	16	5.88·10 <sup>8</sup>
		SL (N, E, Z) v	0.5–30	40	16	5.88·10 <sup>8</sup>
		BH (N, E, Z) v	0.02–7	20	16	6.67·10 <sup>8</sup>
		BL (N, E, Z) v	0.02–7	20	16	6.67·10 <sup>8</sup>

На рис. 1 дана карта энергетической представительности землетрясений в изолиниях  $K_{\min}$  по наблюдениям данной сети. Уровень представительной регистрации землетрясений в центральной зоне Дагестана составляет  $K_{\min}=5$  и 6. Почти для всего Дагестана представительны землетрясения с  $K_{\min}=7$ , а для всей рассматриваемой территории (в пределах координат  $\varphi=41.00^{\circ}-43.80^{\circ}N$ ,  $\lambda=45.50^{\circ}-48.70^{\circ}E$ ) –  $K_{\min}=8$ . Определение представительности землетрясений по инструментальным данным проводилось по методике, описанной в [2]. Для решения задач сейсмического режима нижний уровень энергетического класса землетрясений, включаемых в анализ, равен  $K_p=8$ .

Определение координат гипоцентров землетрясений в 2008 г. производилось на ЭВМ в основном методом засечек с использованием местного годографа Дагестана [3]. Энергетические классы  $K_p$  определялись по номограмме [4], магнитуда землетрясений  $MPVA$  – по [5]. Всего на территории Дагестана и сопредельных районов локализовано 672 землетрясения с  $K_p=5.0-13.7$  [6]. Карта их эпицентров дана на рис. 2.



Распределение землетрясений по энергетическим классам представлено в табл. 3.

**Таблица 3.** Распределение землетрясений Дагестана по энергетическим классам  $K_p$  и их суммарная энергия  $\Sigma E$  в 2008 г.

$K_p$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	$N_\Sigma$	$\Sigma E, Дж$
$N(K)$	3	36	155	257	144	41	28	6	1	1	672	$7.963 \cdot 10^{13}$

Выделившаяся в очагах землетрясений суммарная сейсмическая энергия, составляющая  $7.963 \cdot 10^{13}$  Дж, значительно выше энергии за 2006–2007 гг. (табл. 4). Относительно энергии в 2007 г. она в 13 раз больше, число землетрясений увеличилось почти в 2.3 раза.

**Таблица 4.** Распределение землетрясений Дагестана по энергетическим классам  $K_p$  и их суммарной энергии  $\Sigma E$  в 2006–2007 гг.

$K_p$	5	6	7	8	9	10	11	12	$N_\Sigma$	$\Sigma E, Дж$
2006	11	60	99	98	48	22	4	4	346	$8.17 \cdot 10^{12}$
2007	4	29	71	92	70	20	4	4	294	$6.06 \cdot 10^{12}$

Распределение землетрясений по глубине очага приведено в табл. 5.

**Таблица 5.** Распределение числа землетрясений Дагестана по глубине  $h$  в 2008 г.

$h_1-h_2, км$	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	$N_\Sigma$
$N(h)$	206	379	53	17	14	672

Как видим, преобладающие значения глубины очагов  $h=11-20 км$ .

Основным сейсмическим событием 2008 г. было сильное ( $K_p=13.7$  [6],  $MS=5.7$  [7]) Курчалойское землетрясение 11 октября в 09<sup>h</sup>06<sup>m</sup> вне границ Республики Дагестан, в восточной части Чеченской Республики. Основным сейсмогенерирующим элементом этого района является Черногорский разлом мантийного заложения. Координаты эпицентра землетрясения равны  $\varphi=43.22^\circ N$ ,  $\lambda=46.15^\circ E$ , глубина очага –  $h=15 км$  [6], интенсивность сотрясения в эпицентре –  $I_0=7-8$  баллов по шкале MSK-64 [8].

Сейсмическая активизация очаговой зоны Курчалойского землетрясения началась с концентрации сейсмичности в будущей очаговой зоне, где с конца марта 2008 г. стали регистрироваться форшоки будущего Курчалойского землетрясения представительного класса  $K_p \geq 7.6$ , не пропущенные сетью сейсмических станций ДФ ГС РАН. Землетрясения рассмотрены в пределах координат  $\varphi=42.80^\circ-43.60^\circ N$ ,  $\lambda=45.70^\circ-46.60^\circ E$  (рис. 3). До основного толчка было зарегистрировано 33 форшока с  $K_p \geq 7.6-11.5$ , а после него – 221 афтершок с  $K_p=8-13.3$ .

Очаговая область Курчалойского землетрясения длиной 110 км и шириной до 65 км вытянута в меридиальном направлении. Самый сильный ( $K_p=11.5$ ) форшок произошел 31 марта в 20<sup>h</sup>17<sup>m</sup> за 133 дня до основного толчка. Его координаты близки к основному толчку. Самый сильный и самый глубокий ( $K_p=13.3$ ,  $h=27 км$ , рис. 4) афтершок возник 11 октября в 09<sup>h</sup>06<sup>m</sup>, т.е. через 6<sup>m</sup> после главного толчка [6]. На рис. 4 показаны вертикальные разрезы гипоцентров афтершоков вдоль и вкрест фокальной зоны очага землетрясения (по линиям I-I' и II-II').

Сопутствуя Курчалойскому землетрясению 11 октября в 09<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=13.7$ ,  $h=15 км$ , в этот же день происходят три афтершока с  $K_p \geq 11.5$ : в 09<sup>h</sup>22<sup>m</sup> с  $K_p=13.3$ ,  $h=27 км$ ; в 09<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $K_p=11.6$ ,  $h=13 км$ ; в 09<sup>h</sup>44<sup>m</sup> с  $K_p=11.5$ ,  $h=11 км$ ; в 12<sup>h</sup>28<sup>m</sup> с  $K_p=11.9$ ,  $h=16 км$ . Позднее отметим афтершоки с  $K_p \geq 12$ : 13 октября в 21<sup>h</sup>37<sup>m</sup> с  $K_p=12.3$ ,  $h=16 км$ ; 14 октября в 15<sup>h</sup>06<sup>m</sup> с  $K_p=11.8$ ,  $h=15 км$ ; 20 октября в 06<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $K_p=11.7$ ,  $h=15 км$  [6]. Кроме них зарегистрированы многочисленные землетрясения 8-го–9-го классов: 21 землетрясение 11-го класса и 32 – 10-го класса.

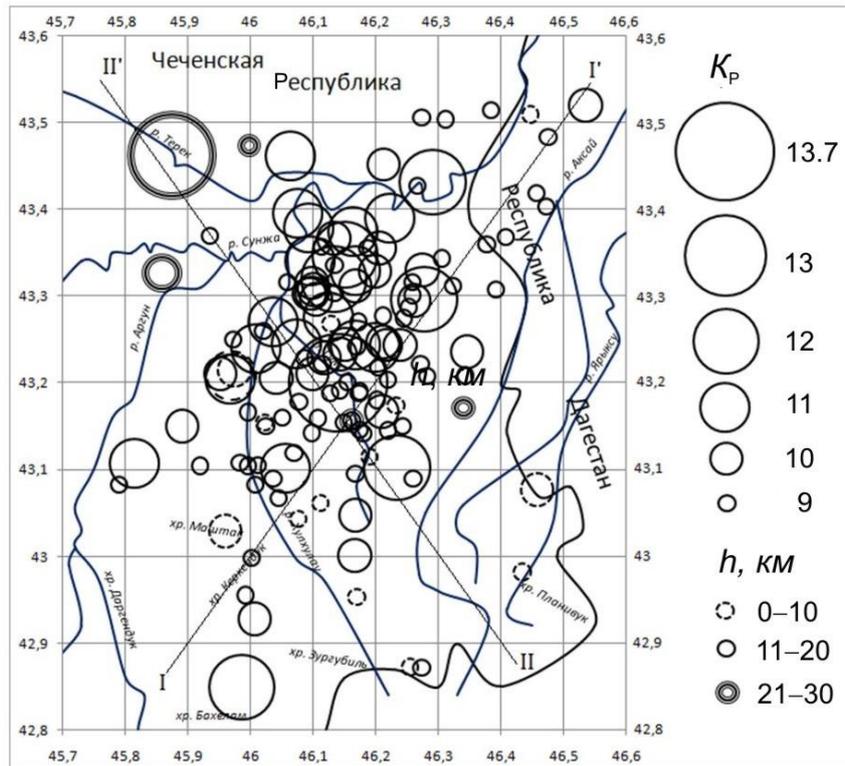


Рис. 3. Курчалойское землетрясение и его афтершоки (I-I' и II-II' – линии вертикальных разрезов)

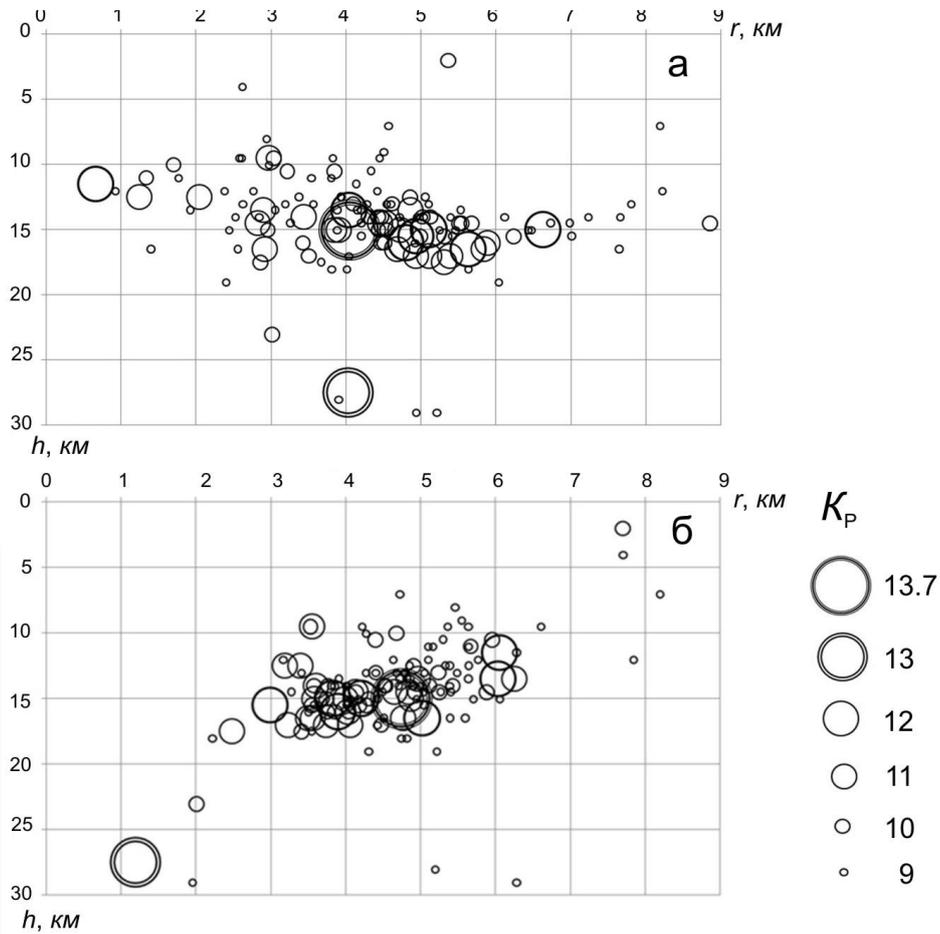


Рис. 4. Вертикальные разрезы I-I'(а) и II-II'(б) очаговой области Курчалойского землетрясения

На территории Дагестана отмечалась сейсмическая активность в районе Андийского хребта, вблизи селения Ботлих. В районе селения Бежта в течение года реализовались три землетрясения с  $K_p=10-11$ ; одно (с  $K_p=10.7$ ) – в приграничной области на стыке Грузии, Чечни и Дагестана отмечено 9 июня в 22<sup>h</sup>15<sup>m</sup>. В тектонической области Дагестанского клина отмечено землетрясение 23 августа в 07<sup>h</sup>29<sup>m</sup> с  $K_p=11.5$ . В акватории Каспийского моря возникло несколько землетрясений: 22 января в 11<sup>h</sup>16<sup>m</sup> с  $K_p=11$ ; 23 мая в 01<sup>h</sup>15<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$ ; в 03<sup>h</sup>15<sup>m</sup> с  $K_p=10.1$ ; 25 апреля в 15<sup>h</sup>18<sup>m</sup> с  $K_p=11.8$ . Одно землетрясение  $K_p=10.5$  отмечено 4 июля в 19<sup>h</sup>53<sup>m</sup> в районе селения Кумух, в приграничном районе с Азербайджаном – землетрясение 19 декабря в 15<sup>h</sup>11<sup>m</sup> с  $K_p=11.5$ .

Сейсмический режим территории характеризуется значением  $\gamma=0.44$  при представительном классе землетрясений  $K_p \geq 8$ .

На рис. 5 представлена карта сейсмической активности в единицах  $A_{10}$ . На этой карте наблюдаются три отделенные друг от друга зоны повышенной активности. Одна расположена на северо-западе в области Кавказского хребта, вторая – на территории Дагестанского клина, третья – в прибрежье Каспийского моря, на участке селений Манас и Сергокала. Последние две зоны рассмотрим более детально.

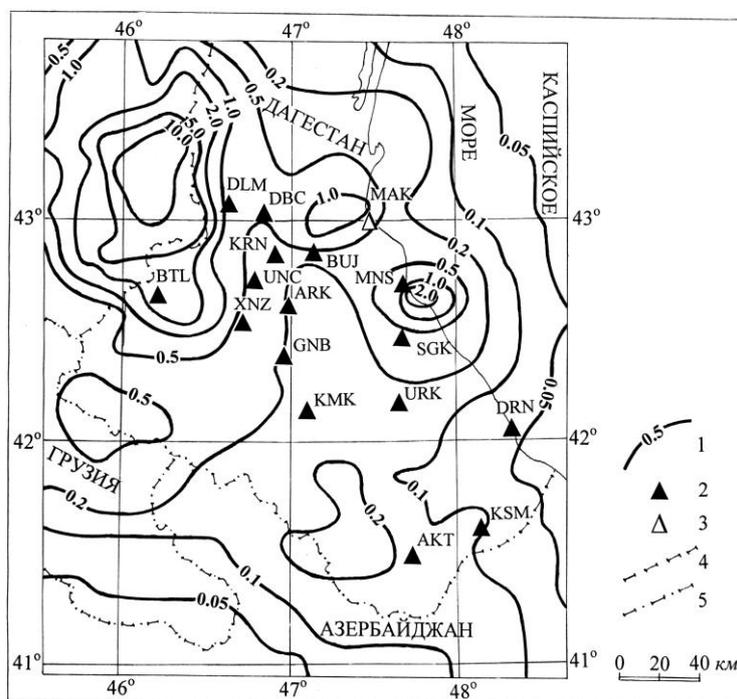


Рис. 5. Карта сейсмической активности Дагестана в единицах  $A_{10}$  в 2008 г.

1 – изолиния  $A_{10}$ ; 2, 3 – сейсмическая станция ДФ ГС РАН и ГС РАН соответственно; 4 – граница Дагестана; 5 – государственная граница.

Дуга эпицентров землетрясений в Каспийском море, параллельная береговой линии (рис. 2), включает семь событий [6], из которых одно 11-го класса (22 января в 11<sup>h</sup>16<sup>m</sup> с  $K_p=11.0$ ,  $h=17$  км), два – 10-го (23 мая в 01<sup>h</sup>15<sup>m</sup> с  $K_p=10.3$ ,  $h=8$  км и 23 июля в 03<sup>h</sup>15<sup>m</sup> с  $K_p=10.1$ ,  $h=16$  км), и по одному – 9-го (15 декабря в 17<sup>h</sup>17<sup>m</sup> с  $K_p=8.6$ ,  $h=29$  км), 8-го (9 марта в 00<sup>h</sup>26<sup>m</sup> с  $K_p=7.8$ ,  $h=45$  км) и 7-го (20 ноября в 17<sup>h</sup>25<sup>m</sup> с  $K_p=7.2$ ,  $h=3$  км) классов. Самое глубокое ( $h=45$  км) землетрясение – 8-го класса, самое мелкое ( $h=3$  км) – 7-го.

Более активна прибрежная полоса Каспийского моря с двумя землетрясениями 12-го класса, двумя – 9-го, а также 18 событий – 8-го класса и 14 – 7-го [6]. Диапазон глубин гипоцентров землетрясений прибрежной полосы от 3 до 39 км.

Интересна на рис. 2 выпуклая дуга, состоящая из 14 эпицентров сравнительно слабых землетрясений в средней части юга Дагестана вблизи станций «Хунзах», «Гуниб», «Кумух», «Ахты». Она включает лишь одно землетрясение 10-го класса (4 июля в 19<sup>h</sup>53<sup>m</sup> с  $K_p=10.5$ ,  $h=23$  км) и два – 9-го (9 марта в 07<sup>h</sup>25<sup>m</sup> с  $K_p=9.0$ ,  $h=$  км и 13 мая в 15<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $K_p=9.2$  и  $h=4$  км), остальные – 7-го и 8-го классов.

Активна, как всегда, приграничная полоса с Грузией и Азербайджаном (рис. 2). Здесь возникли два толчка с  $K_p \div 11$  (8 апреля в  $14^h 17^m$  с  $K_p=10.9$ ,  $h=9$  км; 9 июня в  $22^h 22^m$  с  $K_p=10.7$  и  $h=8$  км) и три – с  $K_p \div 10$  (1 апреля в  $10^h 47^m$  с  $K_p=10.4$ ,  $h=11$  км; 1 апреля в  $15^h 27^m$  с  $K_p=10.1$ ,  $h=17$  км; 7 октября в  $08^h 28^m$  с  $K_p=10.2$ ,  $h=15$  км) [6].

Сейсмическая активность на территории Дагестана, прилегающих районов и акватории Среднего Каспия оставалась в рамках фоновой до 11 октября 2008 г., когда произошло сильное Курчалойское землетрясение в Восточной Чечне ( $\varphi=43.22^\circ$ ,  $\lambda=46.15^\circ$ ) с интенсивностью сотрясения 7–8 баллов. Это землетрясение явилось основным сейсмическим событием года. Афтершоковая последовательность главного толчка охватила территорию, на которой произошли сильные землетрясения исторического и инструментального периодов регистрации: Дагестанское-I – 23.02.1785 г. с  $M=5.5$  ( $\varphi=43.1^\circ$ ,  $\lambda=46.3^\circ$ ), Веденовское 24.10.1933 г. с  $M=5.2$  ( $\varphi=42.9^\circ$ ,  $\lambda=45.9^\circ$ ), Гудермесское-II – 09.11.1950 г. с  $M=5.0$  ( $\varphi=43.3^\circ$ ,  $\lambda=46.1^\circ$ ), Аргунское-II 02.03.1966 г. с  $M=4.9$  ( $\varphi=43.03^\circ$ ,  $\lambda=45.71^\circ$ ) [10].

Для остальной контролируемой территории концентрация очагов землетрясений отмечается в тектонической области «Дагестанский клин», в зоне пересечения Ботлих-Сулакского глубинного разлома мантийного заложения с субкавказским Срединным разломом, также мантийного заложения. Продолжалась сейсмическая активизация прибрежной полосы дагестанского сектора Среднего Каспия на уровне энергетического класса землетрясений  $K_p=10$ –12.

### Л и т е р а т у р а

1. Абдуллаева А.Р., Амиров С.Р., Асманов О.А., Даниялов М.Г., Левкович Р.А. Дагестан // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 95–99.
2. Гайский В.Н., Жалковский Н.Д. Исследование повторяемости землетрясений Западной Тувы / Физика Земли – 1971. – № 9. – С. 16–28.
3. Адиллов З.А., Асманов О.А., Левкович Р.А. Годографы территории Дагестана. (См. раздел V (Методические вопросы) в наст. сб.).
4. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР; № 32 (199). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
5. Соловьёва О.Н., Агаларова Э.Б., Алимamedова В.П., Гасанов А.Г., Геодакян Э.Г., Гюль Э.К., Дарахвелидзе Л.К., Петросян М.Д., Фабрициус З.Э., Хромецкая Е.А. Калибровочные функции для определения магнитуды Кавказских землетрясений по короткопериодной волне  $P$  на малых эпицентральных расстояниях // Интерпретация сейсмических наблюдений. – М.: МГК АН СССР, 1983. – С. 65–72.
6. Амиров С.Р. (отв. сост.), Мусалаева З.А., Гамидова А.М., Сагателова Е.Ю., Абдуллаева А.Р. Каталог (оригинал) землетрясений Дагестана за 2008 г. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 04.03.2013. – 5 с.
7. Габсатарова И.П., Пойгина С.Г., Малянова Л.С. Исследование магнитудных оценок Курчалойского землетрясения 11.10.2008 г. на Северном Кавказе. / Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Четвертой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 37–43.
8. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
9. Асманов О.А., Левкович Р.А. О Курчалойском землетрясении 2008 г. в восточной части Чеченской Республики // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 36–41.
10. Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В. (отв. сост.). П б. Кавказ [50–1974 гг.,  $M \geq 4.0$ ,  $I_0 \geq 5$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 69–170.