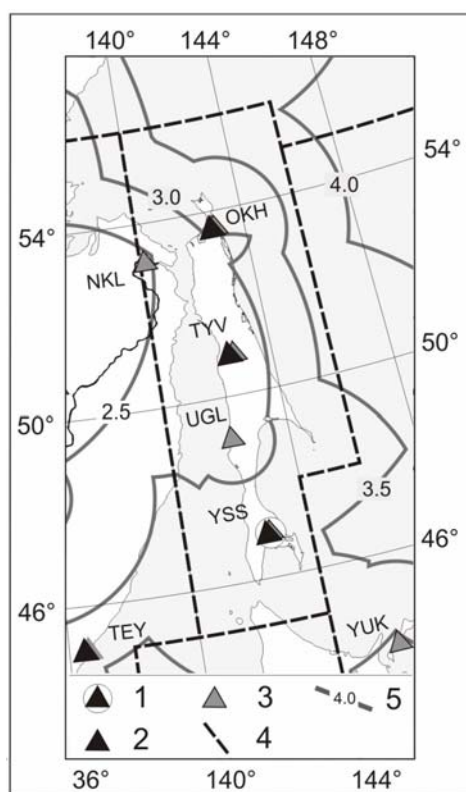


## САХАЛИН

Т.А. Фокина<sup>1</sup>, Д.А. Сафонов<sup>1,2</sup>, И.П. Кислицына<sup>1</sup>, В.И. Михайлов<sup>1</sup><sup>1</sup>Сахалинский филиал Геофизической службы РАН, г. Южно-Сахалинск, [fokina@seismo.sakhalin.ru](mailto:fokina@seismo.sakhalin.ru)<sup>2</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, [d.safonov@imgg.ru](mailto:d.safonov@imgg.ru)

**Региональная сеть.** Сейсмические станции региона, включающего территорию о. Сахалин с шельфом и восточную часть Приамурья, представлены в Приложении [1] вместе с их параметрами. Существующая сеть станций Сахалина совместно со станциями Приамурья и Приморья [2] и Курило-Охотского региона [3] обеспечила на острове регистрацию без пропусков землетрясений с расчетной магнитудой  $M^p > 3.5$ , а на большей части острова – с  $M^p > 3.0$  (рис. 1). В целом представительность землетрясений в регионе Сахалин, по сравнению с таковой в 2008 г. [4], не изменилась.



**Рис. 1.** Карта магнитудной представительности землетрясений  $M_{\min}$  Сахалина

1 – опорная сейсмическая станция «Южно-Сахалинск»; 2, 3 – цифровая и аналоговая сейсмические станции соответственно; 4 – граница региона; 5 – изолиния  $M_{\min}$ .

Параметры землетрясений определены на основе материалов наблюдений, полученных на четырех стационарных сейсмических станциях Сахалина: «Южно-Сахалинск» (YSS), «Тымовское» (TYV), «Углегорск» (UGL) и «Оха» (OKH) [1]. Одновременно с регистрацией аналоговой аппаратурой на трех сейсмических станциях («Южно-Сахалинск», «Тымовское», «Оха») продолжалась цифровая регистрация сейсмических событий. Данные цифрового комплекса IRIS-2 (STS-1, GS-13, FBA-23), действующего на станции «Южно-Сахалинск» с 14.06.1992 г. [5], в полной мере использовались в сводной обработке; данные станций типа Datamark LS7000XT «Тымовское» и «Оха», оснащенных с 26.06.2005 г. аппаратурой L4C-3D, STS-2 [6], привлекались для определения координат гипоцентра при условии регистрации события хотя бы одной аналоговой станцией, запись которой необходима для энергетической оценки события. В конце ноября 2009 г. на станции «Оха» был запущен в работу выносной пункт в рамках мероприятия ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в РФ до 2010 года», оборудованный приборами CMG-3ESPC и CMG-5T.

Как отмечено выше, для определения параметров землетрясений региона Сахалин привлекались традиционно данные всех сейсмических станций Приамурья и Приморья [2], Курило-Охотского региона [3]. Обеспечиваемая этой сетью карта магнитудной представительности землетрясений дана на рис. 1. Привлекались также бюллетени ГС РАН [7], JMA, ISC [8].

При определении параметров сильных землетрясений использовались данные запущенного в эксплуатацию в октябре 2008 г. программно-технического комплекса опорной широкополосной цифровой сейсмической станции для службы предупреждения о цунами (ПТК ОШЦСС «Южно-Сахалинск»). Комплекс состоит из пяти пунктов наблюдений: центрального, расположенного на сейсмической станции «Южно-Сахалинск», и четырех выносных пунктов, размещенных в городах Корсаков, Невельск, Холмск и Долинск. Сведения о пунктах наблюдения места положения регистратора DAT-2 и,

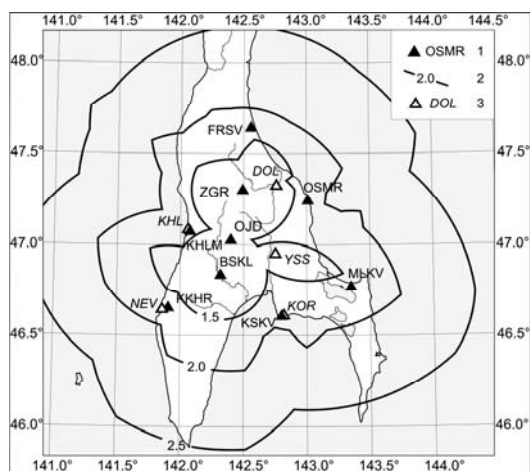
соответственно, антенны GPS в пос. Колхозное: 4 августа 2009 г. регистратор был перенесен в павильон (на 120 м в северном направлении от предыдущего места) и установлен там непосредственно над датчиком. Осуществить перенос станции в павильон с условием непрерывного круглогодичного наблюдения стало возможным после того, как испытания станций с накопителями на CF в других местах подтвердили возможность их эксплуатации при отрицательных температурах в зимнее время (эксплуатация станций с накопителем на мобильном жестком диске HD при отрицательных температурах невозможна).

Станция «Белые скалы» из-за недоступности в зимнее время устанавливалась только на время отсутствия снега: установлена 15 мая – снята 17 ноября. По разным причинам, в основном из-за неудачного расположения контейнера с регистратором и сейсмоприемника, а также высокой влажности в контейнере регистратора были большие перерывы в регистрации на станции «Фирсово». Много времени в течение года было потрачено на поиски оптимального местоположения регистратора и сейсмоприемника. Те же причины перерывов в работе станции «Мальково». Здесь регистрация происходила на фоне большого уровня шумов, поэтому много времени было потрачено на поиски места расположения датчика с минимальным уровнем микросейсм. Станция «Ожидаево» простояла с конца января по начало марта из-за понижения температуры до отрицательных значений в помещении, где расположен контейнер с регистратором. Регистратор здесь с внешним накопителем на жестком мобильном диске.

Изолинии представительной регистрации локальных землетрясений на рис. 2 показаны именно в расчетных магнитудах  $M^P$  по формуле Т.Г. Раутиан [9]

$$M^P = (K_p - 4) / 1.8 \quad (1)$$

с шагом  $\Delta M^P = 0.5$  ( $M_{\min} = 1.5, 2.0$  и  $2.5$ , что соответствует  $K_p = 6.7, 7.6$  и  $8.5$ ). В [10] опубликован каталог землетрясений по данным локальной сети юга о. Сахалин. Он содержит параметры 1150 землетрясений и 13 событий категории «возможно взрыв» с  $M_I = 0.5 - 4.4$ . Номограмма для определения  $M_I$  приведена в работе [11], карта их эпицентров – в [12].



**Рис. 2.** Карта магнитудной представительности землетрясений  $M_{\min}$ , временная сеть локальных сейсмических станций и программно-технический комплекс опорной широкополосной цифровой сейсмической станции для Службы предупреждения о цунами на юге о. Сахалин в 2009 г.

1 – сейсмическая станция локальной сети; 2 – изолиния  $M_{\min}$ ; 3 – сейсмическая станция программно-технического комплекса опорной широкополосной цифровой сейсмической станции Службы предупреждения о цунами (ПТК ОШЦСС).

**Методы обработки** сейсмологических данных описаны в [13–23]. Схема деления региона на отдельные сейсмоактивные районы не изменилась и осталась такой же, как в [24]. Классификация землетрясений по региональной сети проводится по

энергетическим классам  $K_C$  Соловьёва [13] и  $K_p$  Раутиан [9], а также магнитудам  $MLH$ ,  $MPV$ ,  $MSH$  по среднепериодной аппаратуре СКД [25];  $MPVA$ ,  $MSHA$  – по короткопериодной аппаратуре СКМ-3 [14, 25].

Для единой классификации всех землетрясений в региональном каталоге внедрена графа расчетных магнитуд  $M^P$ . Расчетная магнитуда  $M^P$  равнялась магнитуде  $MLH$  при наличии таковой в каталоге, а при ее отсутствии вычислялась по следующим формулам:

$$M^P = (K_C - 1.2) / 2 \text{ для землетрясений с } h \leq 80 \text{ км [21],} \quad (1)$$

а при отсутствии  $K_C$ , но наличии  $K_p$  –

$$M^P = (K_p - 4) / 1.8 \text{ [9], связанных между собой уравнением} \quad (2)$$

$$K_C = K_p - 1.7 \text{ [26].} \quad (3)$$

Пересчет магнитуд  $MPVA$  и  $MSH$  проводился по формулам:

$$M^p = (MPVA - 2.5) / 0.65 \quad [13], \quad (4)$$

$$M^p = (MSH - 1.71) / 0.75 \quad \text{при } h \geq 81 \text{ км} \quad [13], \quad (5)$$

последняя из которых экстраполируется на практике и на магнитуды  $MSHA$

$$M^p = (MSHA - 1.71) / 0.75 \quad \text{при } h \geq 81 \text{ км}, \quad (6)$$

исходя из наблюдаемого приближенного равенства значений  $MSHA$  и  $MSH$ .

При этом энергия землетрясений оценивалась уже из  $M^p$  по формуле Гуттенберга–Рихтера

$$\lg E, \text{ Дж} = 4.8 + 1.5 \cdot M^p \quad [23]. \quad (7)$$

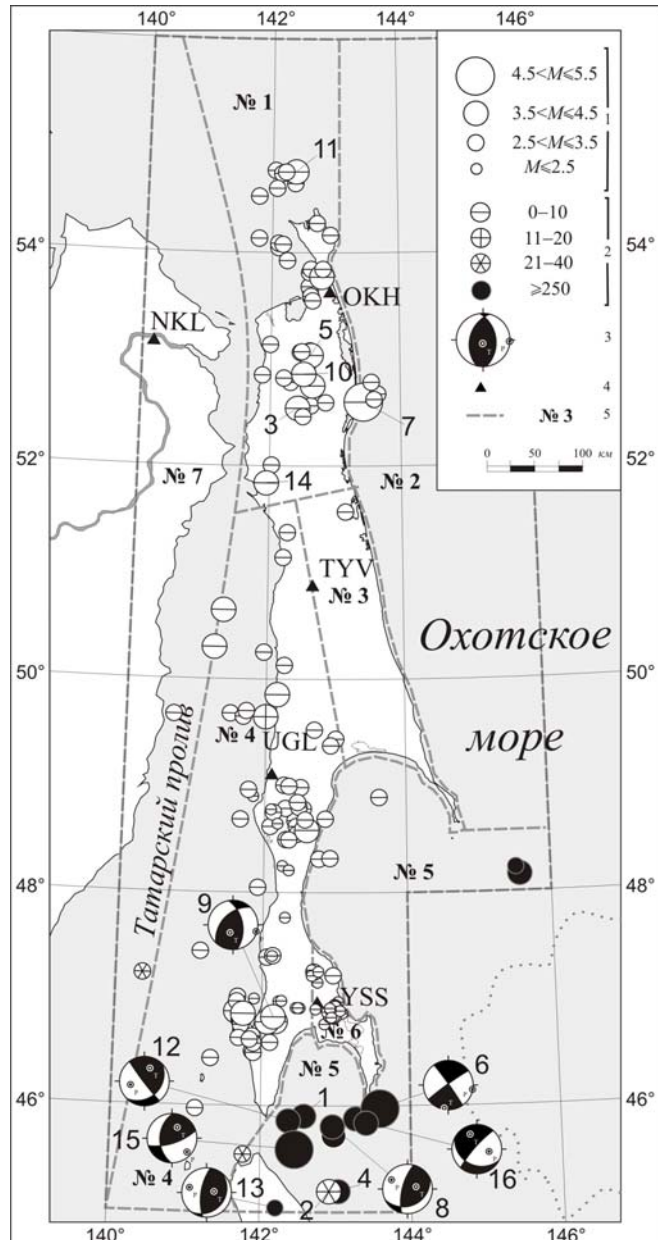
**В региональный каталог** Сахалина за 2009 г. [27] включены параметры 180 сейсмических событий: из них 167 – мелкофокусных ( $h \leq 33$  км), 13 – глубокофокусных ( $h = 273\text{--}530$  км). Карта эпицентров всех сейсмических событий приведена на рис. 3. Самое сильное ( $MSH = 5.6$ ,  $M^p = 5.2$ ) в 2009 г. землетрясение (15) зафиксировано 21 ноября в  $04^h 16^m$  на глубине  $h = 321 \pm 18$  км.

Для семи землетрясений – одного корового и шести глубоких – определены механизмы очагов [28].

Для 17 землетрясений имеются сведения о макросейсмических данных [27, 29], из которых 15 проявились на территории Сахалина, а 2 – только в Японии. Максимальный макросейсмический эффект  $I = 6$  баллов по шкале MSK-64 [30] наблюдался в пос. Чапланово ( $\Delta = 13$  км) на юге острова при землетрясении 13 сентября в  $00^h 13^m$  с  $MLH = 4.4$ ,  $h = 10$  км [29]. Это землетрясение проявило неожиданно высокий для такой магнитуды макросейсмический эффект, по нему представлена отдельная статья в этом сборнике [31]. Два землетрясения ощущались на территории японских островов с интенсивностью  $I = 1$  балл по шкале JMA [32], что, согласно [33], соответствует  $I = 1\text{--}2$  балла по шкале MSK-64 [30]. Они возникли 11 марта в  $18^h 50^m$  с  $M^p = 4.1$ ,  $h = 29$  км и 29 мая в  $16^h 03^m$  с  $M^p = 4.9$ ,  $h = 339$  км [27].

Распределение мелкофокусных землетрясений Сахалина по часам суток местного времени представлено на рис. 4.

Диаграмма, построенная для всех сейсмических событий с глубиной  $h \leq 15$  км, демонстрирует максимум (12–14 событий в час) в диапазоне 15–16 часов местного времени. Среднее число составило:  $\bar{N} = 7 \pm 4$  событий в час.



**Рис. 3.** Карта эпицентров землетрясений Сахалина в 2009 г.

1 – магнитуда  $M^p$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 3 – диаграмма механизма очага, нижняя полусфера, зачернена область сжатия; 4 – сейсмическая станция; 5 – граница и номер района.

В 2008 г. максимум событий с пометкой «возможно взрыв» пришелся на 16–17 часов местного времени [4]. В каталог 2009 г. такие события не включались.

Таким образом, рис. 4 показывает, что, возможно, несколько взрывов, по форме записи неотличимых от местных землетрясений, попали в региональный каталог под видом естественных землетрясений.

**Сейсмическая активность** мелкофокусных землетрясений Сахалина в 2009 г., по сравнению с таковой в 2008 г. [4], несколько снизилась по числу зарегистрированных землетрясений, но повысилась в 2.3 раза по уровню суммарной сейсмической энергии, высвобожденной в очагах землетрясений (табл. 1, рис. 5). При сравнении со средними за 2001–2008 гг. показателями в табл. 1 видно, что число ( $N=167$ ) землетрясений в 2009 г. в 1.6 раза ниже среднего ( $\bar{N}=265$ ), а выделившаяся сейсмическая энергия более чем в 20 раз ниже среднего значения.

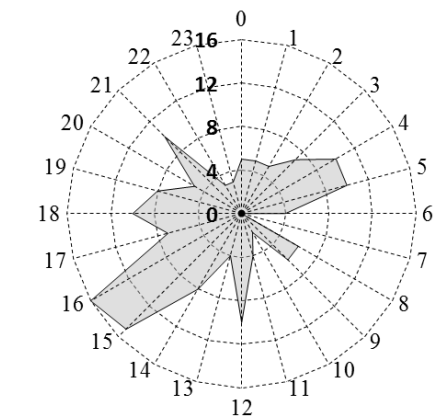


Рис. 4. Распределение числа мелкофокусных ( $h \leq 15$  км,  $N = 164$ ) сейсмических событий Сахалина по часам суток местного времени по [27]

Таблица 1. Распределение мелкофокусных ( $h \leq 33$  км) землетрясений по энергетическому классу  $K_C$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  в регионе Сахалина в 2001–2009 гг.

Год	$K_C$										$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
	$\leq 6.5$	7	8	9	10	11	12	13	14			
2001	57	198	103	21	10	1					390	9.61
2002	32	95	77	15	1						220	1.73
2003	37	67	57	13	4		1				179	4.74
2004	35	60	36	10	3						144	2.89
2005	37	63	47	8	5	4					164	17.28
2006	95	63	44	14	2	2	1				221	48.38
2007	105	189	221	71	22	4	2	2	1		617	301.33
2008	69	66	36	9	2						182	1.04
Всего	467	801	621	161	49	11	4	2	1		2117	387.00
Среднее	58	100	78	20	6	1.4	0.5	0.25	0.1		265	48.38
2009	60	55	39	9	4						167	2.39

Примечание. Для построения распределения землетрясений по классам  $K_C$  в случае его отсутствия применялся пересчет из класса  $K_P$  по формуле:  $K_C = K_P - 1.7$  [26].

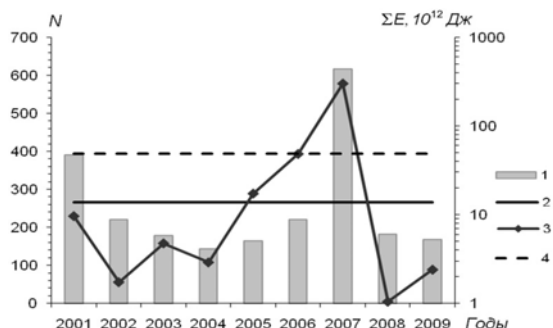


Рис. 5. Изменение ежегодного числа  $N$  и величины суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$ , высвобожденной в регионе Сахалина поверхностными землетрясениями за период 2001–2009 гг.

1, 3 –  $N$  и  $\Sigma E$  за 2009 г.; 2, 4 – среднегодовое число землетрясений и высвобожденной энергии за 2001–2008 гг.

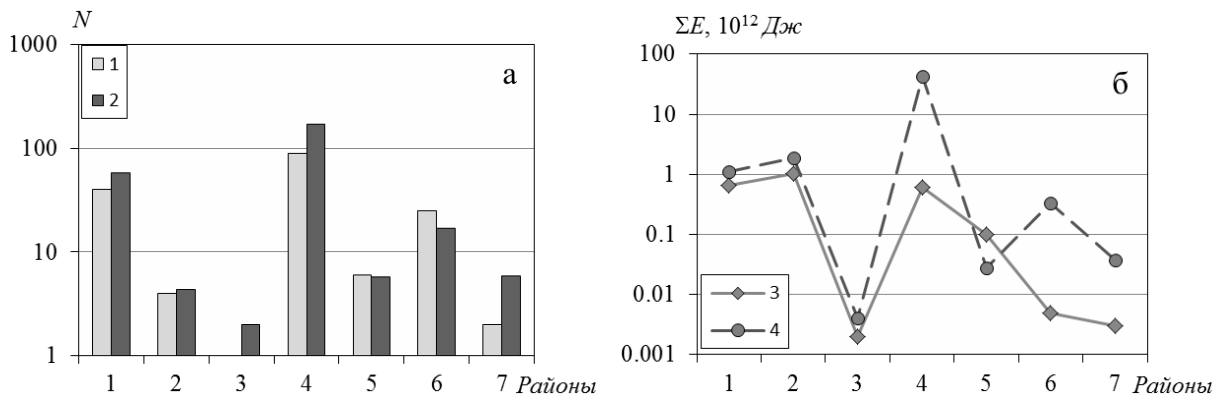
Сейсмическая активность глубокофокусных землетрясений в 2009 г. проявилась только в районе № 5 и представлена, как отмечено выше, совокупностью из 13 землетрясений. Суммарная сейсмическая их энергия в 2009 г., равная  $\Sigma E = 6.453 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$  (табл. 3), в 2.5 раза ниже таковой ( $\Sigma E = 15.849 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ ) в 2008 г., и в 12.5 раз ниже ее среднего значения за 2001–2008 гг. [4].

**Сейсмичность по семи районам** представлена в табл. 2 ежегодным числом мелкофокусных землетрясений и суммарной сейсмической энергией, высвобожденной в их очагах в 2001–2009 гг.

**Таблица 2.** Ежегодное число  $N$  мелкофокусных землетрясений и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  в 2001–2009 гг. по районам Сахалина

Год	Район													
	1		2		3		4		5		6		7	
	$N$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$	$N$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$	$N$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$	$N$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$	$N$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$	$N$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$	$N$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
2001	96	0.51	2	0.17	1	0.002	220	6.52	1	0.008	60	2.39	10	0.01
2002	65	0.38	6	0.06	1	0.0007	130	0.92	4	0.06	8	0.15	6	0.15
2003	82	0.86	2	0.1	2	0.003	86	3.74	3	0.03			4	
2004	56	0.37	3	0.01	6	0.01	67	2.48	4	0.01			8	0.01
2005	82	4.1	12	11.39	3	0.01	53	1.76	2	0.003	3	0.0004	9	0.02
2006	45	2.04	1	0.004	1	0.001	142	46.3	10	0.0006	19	0.045	3	0.01
2007	18	0.33	6	3.38			550	279.04	17	0.11	23	0.03	3	0.02
2008	20	0.28	3	0.07	2	0.004	125	0.59	5	0.003	23	0.007	4	0.09
Всего	464	8.87	35	15.18	16	0.031	1373	341.35	46	0.22	136	2.62	47	0.31
Среднее	58	1.11	4.4	1.9	2	0.004	171.6	42.67	5.75	0.028	17	0.33	5.9	0.038
2009	40	0.66	4	1.01	1	0.002	89	0.60	6	0.10	25	0.005	2	0.003

В табл. 3 дано распределение в 2009 г. землетрясений по энергетическому классу и по магнитуде  $M^p$ , а на рис. 6 – графики изменения числа землетрясений и их суммарной энергии по районам Сахалина. Из табл. 2, 3 и рис. 6 видно, что закономерности сейсмического процесса, наблюдающиеся в земной коре по районам региона в течение 2001–2008 гг., сохранились и в 2009 г., а именно, сейсмическая активность Западно-Сахалинского района (№ 4) оставалась самой высокой в регионе.



**Рис. 6.** Соотношение числа  $N$  (а) и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  (б) мелкофокусных землетрясений по районам Сахалина в 2009 г.

1 –  $N$  (2009 г.); 2 –  $\bar{N}$  за 2001–2008 гг. (а); 3 –  $\Sigma E$  (2009 г.); 4 – среднегодовое значение высвобожденной энергии по районам Сахалина за 2001–2008 гг. (б).

**Таблица 3.** Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу  $K_C$ , а глубокофокусных – по магнитуде  $M^p$ , и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам Сахалина

$h \leq 33 \text{ км}$								
№	Районы	$K_C$					$\Sigma N$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
		$\leq 6.5$	7	8	9	10		
1	Северный	3	15	17	3	2	40	0.660
2	Охотоморский шельф		1	2		1	4	1.011
3	Восточно-Сахалинский		1				1	0.002
4	Западно-Сахалинский	34	30	19	5	1	89	0.604
5	Юго-Восточный	1	3	1	1		6	0.103

$h \leq 33$ км								
№	Районы	$K_C$					$\Sigma N$	$\Sigma E,$ $10^{12}$ Дж
		$\leq 6.5$	7	8	9	10		
6	Восточная часть южного Сахалина	21	4				25	0.005
7	Хабаровский приграничный	1	1				2	0.003
	Всего	60	55	39	9	4	167	2.388

$h \geq 294$ км								
№	Районы	$M^P$			$\Sigma N$	$\Sigma E,$ $10^{12}$ Дж		
		3	4	5				
5	Юго-Восточный	3	7	3	13	6.453		

Распределение ощутимых землетрясений по районам региона представлено в табл. 4. Общее их число в 2009 г. составило 15, что меньше, чем в 2008 г., когда их было 27 [4]. Как видно, в районе № 4 зафиксировано девять ощутимых в населенных пунктах острова землетрясений. Здесь же 13 сентября в 00<sup>h</sup>13<sup>m</sup> произошло 6-балльное Чаплановское землетрясение с  $MLH=4.4$ . Макросейсмический эффект остальных землетрясений не превышал 4–5 баллов.

**Таблица 4.** Распределение ощутимых землетрясений по районам Сахалина, максимальная величина класса  $K_{Cmax}$ , магнитуд  $MLH_{max}$  и  $MSH_{max}$  и максимальная интенсивность сотрясений  $I_{max}$

№	Район	Число ощутимых землетрясений	$K_{Cmax}$	$MLH_{max}$	$MSH_{max}$	$I_{max},$ балл
1	Северный	5	9.9	4.3	4.6	4–5
2	Охотоморский шельф	1	10.3	4.8	5.6	3
3	Восточно-Сахалинский		7.2			
4	Западно-Сахалинский	9	9.8	4.4	4.7	6
5	Юго-Восточный		9.4	4.8	5.6	
6	Восточная часть Южного Сахалина		7.3			
7	Хабаровский приграничный		7.2			
	Всего	15				

Рассмотрим сейсмичность каждого из семи районов более детально.

В **Северном районе (№ 1)** зарегистрировано 40 коровых землетрясений, что в 2 раза больше, чем в 2008 г., но почти в 1.5 раза меньше среднего значения ( $N=58$ ) за период 2001–2008 гг. (табл. 3). Суммарная сейсмическая энергия в 2.4 больше, чем в 2008 г. ( $\Sigma E=0.66 \cdot 10^{12}$  Дж вместо  $\Sigma E=0.28 \cdot 10^{12}$  Дж), но в 1.7 раза меньше среднегодового (табл. 3 и 4, рис. 6). Ощутимыми были пять землетрясений с  $K_C=8.1–9.9$ . Наибольший макросейсмический эффект проявило землетрясение (5) 24 мая в 04<sup>h</sup>45<sup>m</sup> с  $K_C=9.9$  (4–5 баллов в пос. Сабо ( $\Delta=5$  км), интенсивность остальных землетрясений не превышала 3 баллов [27, 29].

На **Охотоморском шельфе (№ 2)** произошло четыре толчка, что практически равно среднему числу за период 2001–2008 гг. Самый сильный ( $K_C=10.3$ ,  $MLH=4.8$ ) из них (7 на рис. 3), зарегистрированный 22 августа в 10<sup>h</sup>26<sup>m</sup> [27], ощущался с интенсивностью 3 балла в пос. Тунгор ( $\Delta=93$  км) и 2 балла в пос. Восточное ( $\Delta=101$  км) и г. Оха (114 км) [29]. Суммарная энергия четырех толчков, равная  $1.01 \cdot 10^{12}$  Дж, в 1.9 раза меньше среднегодового значения за указанный период (табл. 3, рис. 6).

В **Восточно-Сахалинском районе (№ 3)** зарегистрирован 18 ноября в 01<sup>h</sup>49<sup>m</sup> один толчок с  $K_C=7.2$  [27]. Как следует из табл. 3, в этом районе и число землетрясений, и суммарная сейсмическая энергия в 2 раза меньше среднегодовых значений этих величин.

**Западно-Сахалинский район (№ 4)** оставался самым сейсмически активным районом Сахалина и по числу ( $N=89$ ) землетрясений, и по их суммарной энергии ( $\Sigma E=0.60 \cdot 10^{12}$  Дж), хотя относительно других лет число землетрясений меньше среднего значения за период 2000–2008 гг. в 1.9 раза, энергия – в 71.1 раза (табл. 3).



В этом районе в 2000–2007 гг. происходили наиболее сильные землетрясения региона, такие как Углегорско-Айнское 4(5) августа 2000 г. с  $M_{W_{HRVD}}=6.8$  [34], Такойское 1 сентября 2001 г. с  $M_{W_{HRVD}}=5.2$  [35], Горнозаводское 17 августа 2006 г. с  $M_{W_{HRVD}}=5.7$  [36], Невельские 2 августа 2007 г. с  $M_{W_{GCMT}}=6.2$  и 5.8 [15, 37]. В 2008 г. сейсмическая активность района снизилась. В 2009 г. снижение активности по числу зарегистрированных землетрясений продолжилось, но по суммарной сейсмической энергии осталось практически на прежнем уровне (табл. 3).

В 2009 г. самым сильным ( $K_c=9.8$ ,  $MLH=4.4$ ) явилось, как указано выше, землетрясение 13 сентября в  $00^h13^m$ , вызвавшее сотрясения с интенсивностью  $I=6$  баллов в пос. Чапланово ( $\Delta=15$  км) и описанное в [31]. Согласно [28], землетрясение произошло в условиях субширотного сжатия. Тип сейсмодислокации – взбрососдвиг.

Всего в районе произошло девять ощутимых землетрясения [29] (табл. 4). Ни одного глубокофокусного землетрясения в 2009 г. зафиксировано не было.

**Юго-Восточный район (№ 5)** представлен шестью мелкофокусными и 13 глубокофокусными землетрясениями, суммарная сейсмическая энергия первых, равная  $\Sigma E=0.103 \cdot 10^{12}$  Дж, в 3.7 раза больше среднегодового значения ( $\Sigma E_{cp}=0.028 \cdot 10^{12}$  Дж) за период 2001–2008 гг. (табл. 3). Для шести глубокофокусных землетрясений определены механизмы очагов [28].

Глубокофокусные землетрясения зарегистрированы в диапазоне глубин  $h=273$ – $530$  км [27] в акватории залива Анива (рис. 3). Число глубоких ( $N=13$ ) землетрясений практически равно среднегодовому ( $N=12.75$ ) значению за период 2001–2008 гг., но суммарная сейсмическая энергия в 12.7 раза меньше среднегодового значения (табл. 3). Самое сильное ( $MSH=5.6$ ) из них (15 на рис. 3) произошло 21 ноября в  $04^h16^m$  на глубине  $h=321 \pm 18$  км.

В **Восточной части Южного Сахалина (№ 6)** в 2009 г. было зарегистрировано 25 мелкофокусных землетрясений, что в 1.5 раза больше среднегодового значения за период 2001–2008 гг. (табл. 3), однако суммарная сейсмическая энергия в 66 раз меньше среднегодового значения. Все землетрясения слабые –  $K_p=5.9$ – $8.5$ , самое сильное ( $K_c=7.3$ ) произошло 26 ноября в  $04^h12^m$  с  $h=10$  км [27]. Ощутимых землетрясений не было (табл. 4).

В **Хабаровском приграничном районе (№ 7)** зарегистрировано два мелкофокусных землетрясения, из которых одно произошло 28 июля в  $07^h28^m$  с  $K_c=7.2$ , второе – 1 августа в  $08^h09^m$  с  $K_c=6.5$  [27]. Из табл. 3 следует, что число землетрясений ( $N=2$ ) почти в 3 раза меньше среднего значения за период 2001–2008 гг., а их суммарная сейсмическая энергия в 12.7 раза меньше среднегодового значения.

В целом в 2009 г. сейсмическая активность Сахалина продолжала снижаться (начиная с 2008 г.) после нескольких сейсмически высокоактивных лет.

## Л и т е р а т у р а

1. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Сахалина в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. Фокина Т.А., Кислицына И.П., Сафонов Д.А., Михайлов В.И. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 172–182.
5. Старовойт О.Е., Мишаткин В.Н. Сейсмические станции Российской академии наук. – Москва–Обнинск: ГС РАН, 2001. – 88 с.
6. Фокина Т.А., Кислицына И.П., Сафонов Д.А., Михайлов В.И. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 175–184.
7. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2009 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2009–2010. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2009/](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2009/).
8. International Seismological Centre. On-Line Bulletin // International Seismological Centre [сайт]. [2012]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.

9. Раутман Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
10. Паршина И.А. Каталог юга о. Сахалин // Землетрясения России в 2009 году. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – На CD.
11. Михайлов В.И. Юг о. Сахалин // Землетрясения России в 2009 году. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 76–78.
12. Ким Ч.У., Михайлов В.И., Сен Р.С., Семенова Е.П. Невельское землетрясение 02.08.2007: анализ инструментальных данных // Тихоокеанская геология. – 2009. – 28. – № 5. – С. 4–15.
13. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до 17° // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
14. Волкова Л.Ф., Поплавская Л.Н., Соловьёва О.Н. Шкалы *MPVA*, *MSHA* для определения магнитуд близких глубокофокусных землетрясений Дальнего Востока // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. Методические работы ЕССН. – М.: Наука, 1989. – С. 81–85.
15. Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин / Ред. Б.В. Левин, И.Н. Тихонов. – М.: Янус-К, 2009. – 204 с.
16. Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Кузнецова В.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И. Принципы формирования и состав алгоритмического обеспечения регионального центра обработки сейсмологических наблюдений (на примере Дальнего Востока) // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. Методические работы ЕССН. – М.: Наука, 1989. – С. 32–51.
17. Оскорбин Л.С., Бобков А.О. Сейсмический режим сейсмогенных зон юга Дальнего Востока // Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т. VI. (Проблемы сейсмической опасности Дальневосточного региона). – Южно-Сахалинск: ИМГиГ, 1997. – С. 179–197.
18. Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. – М.: Наука, 1972. – 192 с.
19. Аптекман Ж.Я., Желанкина Т.С., Кейлис-Борок В.И., Писаренко В.Ф., Поплавская Л.Н., Рудик М.И., Соловьёв С.Л. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ // Теория и анализ сейсмологических наблюдений (Вычислительная сейсмология; Вып. 12). – М.: Наука, 1979. – С. 45–58.
20. Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И. Методика и первые результаты массовых определений механизмов очагов коровых землетрясений Дальнего Востока // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 95–99.
21. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
22. Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
23. Касахара К. Механика землетрясений (с. 25). – М.: Мир, 1985. – 262 с.
24. Габсатарова И.П. Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
25. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 272 с.
26. Оскорбин Л.С., Волкова Л.Ф. Землетрясения Сахалина и Приморья (в 1972 г.) // Землетрясения в СССР в 1972 г. – М.: Наука, 1976. – С. 146–152.
27. Кислицына И.П. (отв. сост.), Децик И.В. (сост.). Каталог землетрясений Сахалина за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
28. Гладырь Ж.В. (отв. сост.), Сафонов Д.А. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
29. Фокина Т.А., Кислицына И.П., Величко Л.Ф. (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Сахалина в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
30. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.



31. **Сафонов Д.А., Фокина Т.А.** Чаплановское землетрясение 13 сентября 2009 г. с  $MLH=4.4$ ,  $I_0=6$  (Сахалин). (См. раздел (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
32. **Hisada T., Nakagawa K.** Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildinge. – Japan, 1958.
33. **Миталёва Н.А. (отв. сост.), Брагина Г.И., Пиневиц М.И., Шолохова А.А., Садсикова А.А., Левит Е.В.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 195–211.
34. **Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Фокина Т.А., Поплавский А.А., Пермикин Ю.Ю., Стрельцов М.И., Ким Чун Ун, Сафонов Д.А., Мельников О.А., Рудик М.И., Оскорбин Л.С.** Углегорско-Айновское землетрясение 4(5) августа 2000 года на Сахалине // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 265–284.
35. **Поплавская Л.Н., Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Нагорных Т.В., Ким Чун Ун, Сен Рак Се, Урбан Н.А.** Такойское землетрясение 1 сентября 2001 года с  $M=5.2$ ,  $I_0=7$  (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 331–344.
36. **Фокина Т.А., Сафонов Д.А.** Горнозаводское землетрясение 17 августа 2006 г. с  $MLH=5.9$ ,  $K_C=12.0$ ,  $I_0=7$  (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2006 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 367–374.
37. **Сафонов Д.А., Нагорных Т.В., Фокина Т.А.** Невельские землетрясения 2 августа 2007 года с  $MLH=6.3$  и  $MLH=6.0$ ,  $I_0=8$  (о. Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2007 году. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 396–407.