

САХАЛИН

Т.А. Фокина¹, Д.А. Сафонов^{1,2}, В.И. Михайлов¹¹Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск, fokina@seismo.sakhalin.ru²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, d.safonov@imgg.ru

Региональная сеть. В 2010 г. Сахалинским филиалом ГС РАН были открыты на о. Сахалин два новых пункта непрерывных сейсмологических наблюдений: «Ноглики» – на севере острова и «Новоалександровск» – на юге. Эти пункты были открыты в рамках федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в РФ до 2010 года» и предназначены для обеспечения непрерывного мониторинга сейсмичности в Дальневосточном регионе и обеспечения оперативного предупреждения об опасности цунами. Сейсмические станции региона, включающего территорию о. Сахалин с шельфом и восточную часть Приамурья, представлены в Приложении [1] вместе с их параметрами. Существующая региональная сеть станций Сахалина совместно со станциями Приамурья и Приморья [2], и Курило-Охотского региона [3] обеспечила на большей части региона регистрацию без пропусков землетрясений с расчетной магнитудой $M^p > 3.0$ (рис. 1). В целом представительность землетрясений в регионе Сахалин, по сравнению с таковой в 2009 г. [4], заметно улучшилась. Изолиния $M_{\min}=3.0$ существенно расширилась, захватив всю южную часть региона.

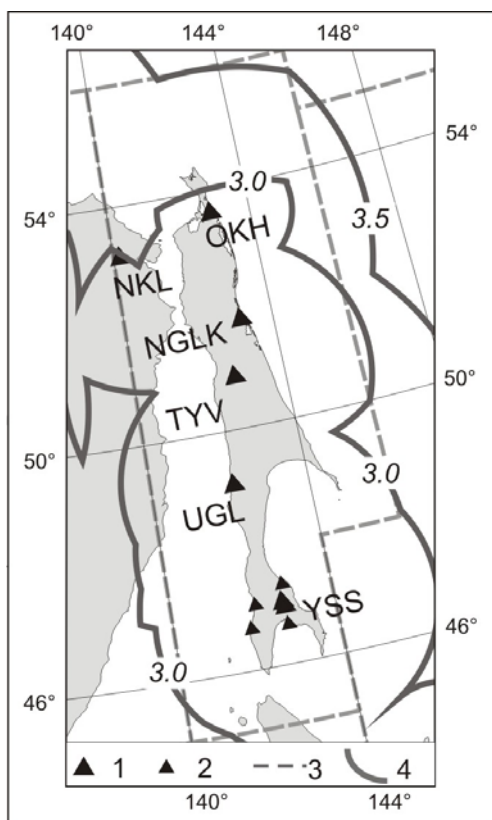


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} Сахалина

1 – опорная сейсмическая станция «Южно-Сахалинск»; 2, 3 – цифровая и аналоговая сейсмические станции соответственно; 4 – граница региона; 6 – изолиния M_{\min} .

Параметры землетрясений определялись 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.

Как отмечено выше, для определения параметров землетрясений региона Сахалин привлекались традиционно данные всех сейсмических станций Приамурья и Приморья, Курило-Охотского региона, а также бюллетени ГС РАН [7], JMA, ISC [8].

Локальная сеть, создаваемая с 1999 г. для наблюдений за сейсмичностью в южной, наиболее заселенной части о. Сахалин [9], в 2010 г. продолжала функционировать. Она состояла из временных полевых цифровых станций типа DAT Японского производства [10]. Все временные

станции имеют одинаковые характеристики аппаратуры: частотный диапазон – 1–80 Гц, частота опроса данных – 100 Гц, разрядность АЦП – 16, чувствительность – $3 \cdot 10^9$ отсчет/(м/с). Сведения о станциях приведены в Приложении [1] вместе с их параметрами.

В 2010 г. в целях улучшения конфигурации сети было принято решение отказаться от пункта наблюдения «Белые скалы» (BSKL), а станцию, ранее всегда устанавливаемую на летний период в этом пункте наблюдения, установить в пункте «Лесное» (LSNR), на территории рыбноводного завода «Долинка». Пункт наблюдения «Лесное» открыт 2 июня 2010 г. с расчетом на круглогодичное время работы. Таким образом, на протяжении 2010 г. число одновременно работающих полевых станций колебалось от шести до девяти, все станции были оставлены работать в зимних условиях [10]. Конфигурация локальной сети на юге Сахалина и обеспечиваемая ею карта магнитудной представительности землетрясений изображены на рис. 2. Классификация локальных землетрясений осуществлялась по энергетическим классам K_p шкалы Т.Г. Раутиан [11] с переходом в случае необходимости к расчетным магнитудам M^p по формуле Т.Г. Раутиан [12]:

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

Изолинии представительной регистрации локальных землетрясений на рис. 2 показаны именно в расчетных магнитудах M^p 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).

Каталог землетрясений по данным локальной сети юга о. Сахалин [13] содержит параметры 991 землетрясения и 15 событий категории «возможно взрыв». Обзор сейсмичности юга Сахалина по данным локальной сети представлен в [10].

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»), который состоял из пяти пунктов наблюдения: центрального, оборудованного широкополосным велосиметром SMG-3 с регистратором GSR-24, расположенного на сейсмической станции «Южно-Сахалинск», и четырех выносных пунктов, оборудованных акселерометрами SMG-5T и теми же регистраторами GSR-24, размещенными в городах Корсаков, Невельск, Холмск и Долинск. Как упоминалось выше, в 2010 г. на о. Сахалин были открыты два новых пункта – «Новоалександровск» (NVA0), включенный в комплекс «Южно-Сахалинск» и «Ноглики» (NGLKd0) – на севере острова. Координаты всех пунктов приведены в Приложении [1], конфигурация сети на юге Сахалина – на рис. 2. На значение представительной магнитуды эта группа влияния не оказывает, поскольку регистрирует только довольно сильные землетрясения. Станция «Ноглики» позволила снизить представительную магнитуду на западном шельфе северной части Сахалина с $M_{\min} = 3.5$ до $M_{\min} = 3.0$.

Методика обработки сейсмологических данных описана в [14–24]. Схема деления региона на отдельные сейсмоактивные районы не изменилась и осталась такой же, как в [25]. Классификация землетрясений по региональной сети проводилась по энергетическим классам K_c С.Л. Соловьёва [14] и K_p Т.Г. Раутиан [12], а также магнитудам MLH , MPV , MSH по среднепериодной аппаратуре СКД [26]; $MPVA$, $MSHA$ – по короткопериодной аппаратуре СКМ-3 [15, 26].

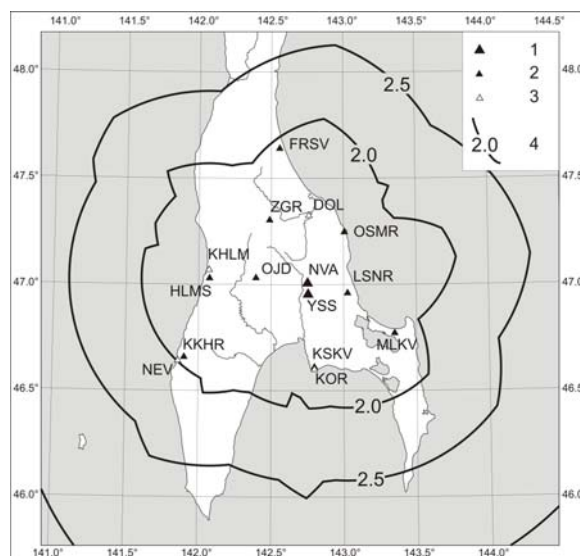


Рис. 2. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} , временная сеть локальных сейсмических станций и программно-технический комплекс опорной широкополосной цифровой сейсмической станции для службы предупреждения о цунами на юге о. Сахалин в 2010 г.

- 1 – широкополосная сейсмическая станция ПТК ОШЦСС;
- 2 – сейсмическая станция локальной сети; 3 – выносной пункт ПТК ОШЦСС, 4 – изолиния M_{\min} .

Для единой классификации всех землетрясений использовалась расчетная магнитуда M^P . Расчетная магнитуда M^P равняется магнитуде MLH при наличии таковой в каталоге, а при ее отсутствии вычисляется по формулам из [14, 15, 22, 23]:

$$M^P = (K_C - 1.2) / 2 \quad (2)$$

для землетрясений с $h \leq 80$ км,

$$M^P = (MSH - 1.71) / 0.75 \quad (3)$$

при $h \geq 81$ км,

$$M^P = (MSHA - 1.71) / 0.75 \quad (4)$$

при $h \geq 81$ км.

Для землетрясений с известными классами K_p при отсутствии K_C была использована формула Т.Г. Раутиан:

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

Если магнитуда $MPVA$ была единственной энергетической оценкой землетрясения, то

$$M^P = (MPVA - 2.5) / 0.65. \quad (5)$$

Энергия землетрясений (в Дж) оценивалась по формуле Гуттенберга–Рихтера из [24]:

$$\lg E = 4.8 + 1.5 \cdot M^P. \quad (6)$$

В региональный каталог Сахалина за 2010 г. [27] включены параметры 298 сейсмических событий: из них 17 идентифицировано как «взрыв» или «возможно взрыв». 277 землетрясений имеют глубину $h \leq 14$ км, 4 – глубокофокусные ($h = 305–339$ км).

Карта эпицентров всех сейсмических событий приведена на рис. 3. Самое сильное ($MLH = 6.1$) в 2010 г. землетрясение (4) зафиксировано 16 марта в 09^h44^m на глубине $h = 10$ км. Для него удалось определить механизм очага [28].

Для 24 землетрясений имеются макросейсмические сведения [29]. Максимальный ($I = 6$ баллов) макросейсмический эффект наблюдался в поселке Погиби ($\Delta = 52$ км) при землетрясении 16 марта, для остальных событий максимальная интенсивность сотрясений не превышала 4–5 баллов.

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

Диаграмма, построенная для землетрясений с глубиной $h \leq 14$ км, демонстрирует максимум (20 событий в час) в 20 часов местного времени, минимум (4 события) в 10 часов. Среднее число составило: $N_{cp} = 12 \pm 8$ событий в час. Все события, идентифицированные как взрывы, произошли в период с 13 до 17 часов местного времени.

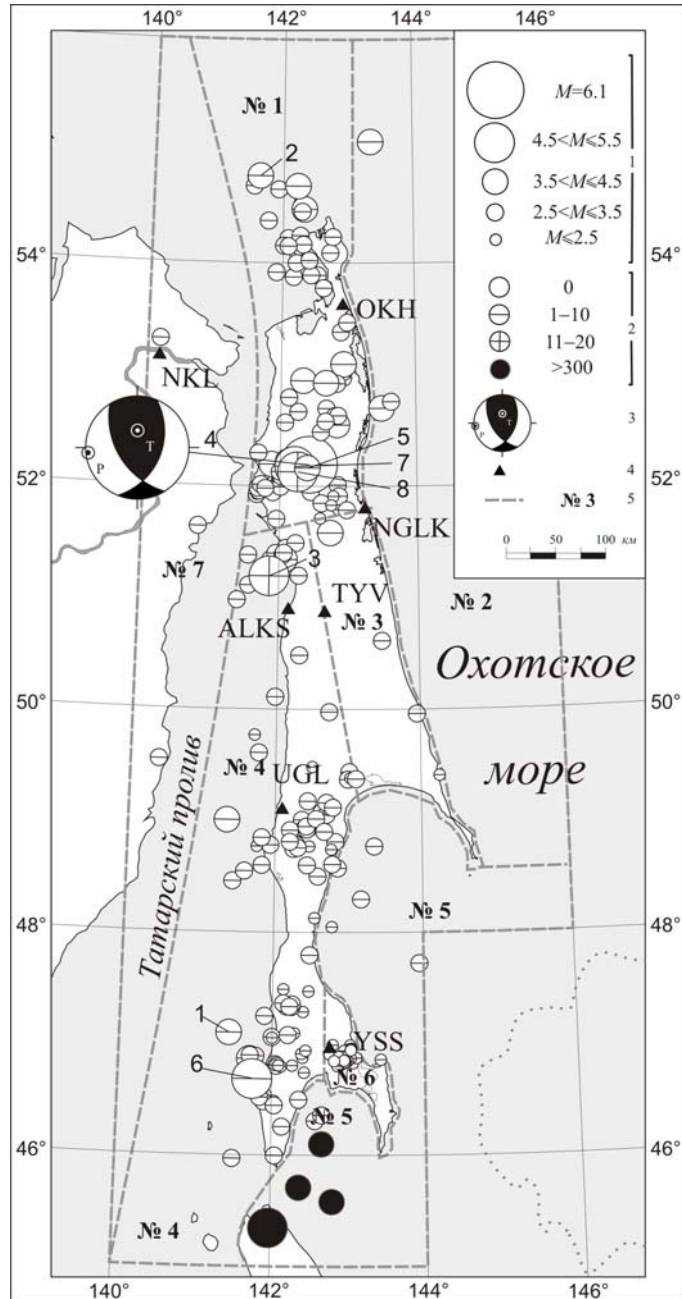


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Сахалина в 2010 г.

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.

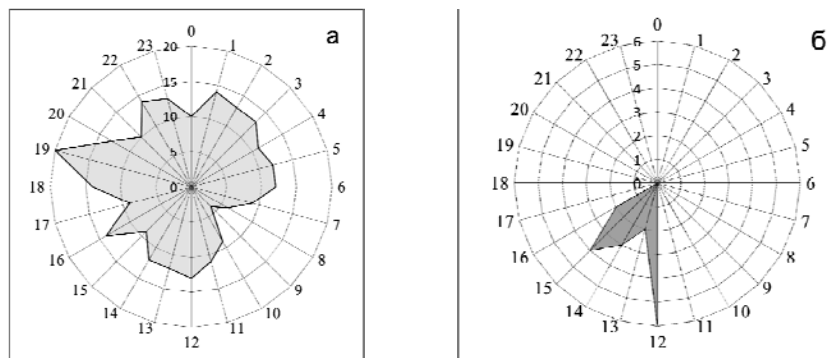


Рис. 4. Распределение числа мелкофокусных сейсмических событий Сахалина по часам суток местного времени: а – землетрясений ($h \leq 14$ км, $N = 277$), б – взрывов ($h = 0$ км, $N = 17$)

Сейсмичность региона рассматривается для мелкофокусных (табл. 1–3) и глубокофокусных (табл. 3) землетрясений. Сейсмическая активность мелкофокусных землетрясений Сахалина в 2010 г., по сравнению с таковой в 2009 г. [4], возросла в 1.66 раза по числу зарегистрированных землетрясений, и почти в 40 раз по уровню суммарной сейсмической энергии, высвобожденной в очагах землетрясений (табл. 1, рис. 5). При сравнении со средними за 2001–2009 гг. показателями в табл. 1 видно, что число ($N=277$) землетрясений в 2010 г. лишь в 1.09 раза выше среднего ($N_{cp}=254$), но выделившаяся сейсмическая энергия – в 2.2 раза выше среднего значения за указанный период.

Таблица 1. Распределение мелкофокусных ($h \leq 33$ км) землетрясений по энергетическому классу K_C и суммарная сейсмическая энергия ΣE в регионе Сахалина в 2001–2010 гг.

Год	K_C										N_Σ	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
	≤ 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
2009	60	55	39	9	4						167	2.39
Всего	527	856	660	170	53	11	4	2	1		2284	389.39
Среднее	59	95	73	19	6	1.2	0.4	0.2	0.1		254	43.27
2010	84	120	48	13	7	4	1				277	94.62

Примечание. Для построения распределения по классам K_C в случае его отсутствия применялся пересчет из класса K_P по формуле: $K_C = K_P - 1.7$ [30].

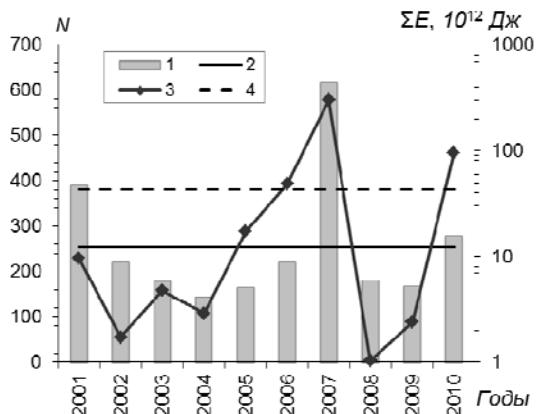


Рис. 5. Изменение ежегодного числа землетрясений N и величины суммарной сейсмической энергии ΣE , высвобожденной в регионе Сахалина мелкофокусными землетрясениями за период 2001–2010 гг.

1 – N ; 2 – среднегодовое число землетрясений за 2001–2009 гг.; 3 – ΣE ; 4 – среднегодовое значение высвобожденной энергии за 2001–2009 гг.

Сейсмичность по семи районам представлена в табл. 2 ежегодным числом мелкофокусных землетрясений и суммарной сейсмической энергией, высвобожденной в их очагах в 2001–2010 гг.

Таблица 2. Ежегодное число мелкофокусных землетрясений Сахалина в районах №№ 1–7 и суммарная сейсмическая энергия в единицах $\cdot 10^{12}$ Дж за 2001–2010 гг.

Год	Район													
	1		2		3		4		5		6		7	
	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>N</i>	<i>E</i>
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
2009	40	0.66	4	1.01	1	0.002	89	0.60	6	0.10	25	0.005	2	0.003
Всего	504	9.53	39	16.19	17	0.033	1462	341.95	52	0.32	161	2.63	49	0.31
Среднее	56	1.06	4.3	1.8	1.9	0.004	162.4	37.99	5.8	0.036	17.9	0.29	5.4	0.035
2010	135	92.30	4	0.071	4	0.057	111	2.179	9	0.014	11	0.0005	3	0.0035

В табл. 3 дано распределение землетрясений по районам Сахалина в 2010 г., а на рис. 6 – графическое представление мелкофокусной активности региона. Из табл. 2, 3 и рис. 6 видно, что закономерности сейсмического процесса, наблюдавшиеся в земной коре по районам региона в течение 2001–2009 гг., в 2010 г. нарушились, сейсмическая активность Западно-Сахалинского района (№ 4) перестала быть самой высокой в регионе из-за Уангского землетрясения 16 марта, эпицентр которого располагался в Северном районе (№ 1). Суммарное число землетрясений в этом районе, равное $N_{\Sigma}=135$, максимальное за представленные девять лет, с 2001 г. по 2009 г., составляя 27 % от общей суммы, равной 504 землетрясения. Еще более разительный контраст наблюдается по высвобожденной в 2010 г. сейсмической энергии, равной $\Sigma E=92.3 \cdot 10^{12}$ Дж, которая превышает сумму за 2001–2009 гг. почти на порядок, сконцентрировавшись в единственном очаге сильного ($MLH=6.1$) землетрясения (77%) и его афтершоков (20%) [27].

Сейсмическая активность глубокофокусных землетрясений в 2010 г. представлена четырьмя землетрясениями. Магнитуда самого сильного из них составила $MSH=5.3$, суммарная сейсмическая энергия равна $\Sigma E=6.068 \cdot 10^{12}$ Дж, что сопоставимо со значением энергии, выделившейся тринадцатью глубокофокусными очагами в 2009 г.

Таблица 3. Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу K_C , а глубокофокусных – по магнитуде M^P , и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Сахалина

$h \leq 14$ км										
№	Районы	K_C							ΣN	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж
		≤ 6.5	7	8	9	10	11	12		
1	Северный	31	58	28	9	5	3	1	135	92.299
2	Охотоморский шельф	1	1	1	1				4	0.071
3	Восточно-Сахалинский	1	1	1	1				4	0.057
4	Западно-Сахалинский	38	50	18	2	2	1		111	2.179
5	Юго-Восточный	2	7						9	0.014
6	Восточная часть Южного Сахалина	11							11	0.0005
7	Хабаровский приграничный		3						3	0.0035
	Всего	84	120	48	13	7	4	1	277	94.624
$h \geq 305$ км										
№	Районы	M^P		ΣN	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж					
		4.0	5.0							
5	Юго-Восточный	3	1	4	6.068					

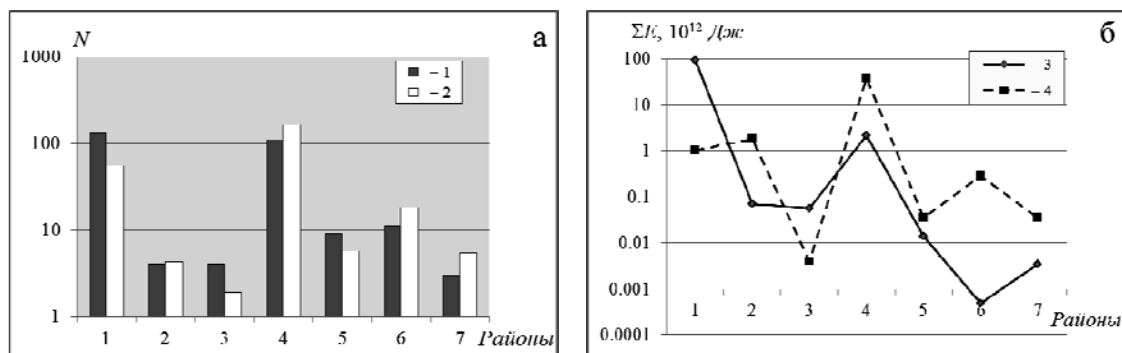


Рис. 6. Соотношение числа N (а) и суммарной сейсмической энергии ΣE (б) мелкофокусных землетрясений по районам Сахалина в 2010 г.

1 – N (2010 г.); 2 – $N_{\text{ср}}$ за 2001–2009 гг. (а); 3 – ΣE (2010 г.); 4 – среднегодовое значение высвобожденной энергии по районам Сахалина за 2001–2009 гг. (б).

Распределение ощутимых землетрясений по районам региона представлено в табл. 4. Общее их число в 2010 г. достигло значения $N=24$, что больше, чем в 2009 г., когда их было 15 [4]. Как видно из табл. 4, в районе № 1 отмечено 10 ощутимых землетрясений, максимальный макросейсмический эффект составил 6 баллов; в районе № 4 зафиксировано 13 ощутимых землетрясений, максимальная интенсивность составила 4–5 баллов; в районе №3 – одно ощутимое землетрясение, также с максимальной интенсивностью в 4–5 баллов.

Таблица 4. Распределение ощутимых землетрясений по районам Сахалина, максимальная величина класса $K_{C_{\text{max}}}$ или магнитуды MSH_{max} и максимальная интенсивность сотрясений I_{max}

№	Район	Число ощутимых землетрясений	$K_{C_{\text{max}}}$	MLH_{max}	MSH_{max}	I_{max} , балл
1	Северный	10	12.0	6.1	6.0	6
2	Охотоморский шельф		9.1			
3	Восточно-Сахалинский	1	9.0	3.9		4–5
4	Западно-Сахалинский	13	10.6	4.7	5.0	4–5
5	Юго-Восточный		7.4		5.3	
6	Восточная часть Южного Сахалина		6.3			
7	Хабаровский приграничный		7.0			
	Всего	24				

Рассмотрим сейсмичность каждого из семи районов более детально.

В **Северном районе (№ 1)** зарегистрировано 135 коровых землетрясений, что в 3.4 раза больше, чем в 2009 г., и в 2.4 раза больше среднего значения ($N=56$) за период 2001–2009 гг. (табл. 2). Суммарная сейсмическая энергия почти в 140 раз больше, чем в 2009 г., и почти в 87 раз больше среднегодовой (табл. 2 и 3, рис. 6). Самое сильное ($MLH=6.1$ [27], $Mw_{\text{GCMT}}=5.8$ [8]) землетрясение (4) в 2010 г. произошло 16 марта в 09^h44^m на глубине $h=10$ км. За инструментальный период непрерывных сейсмологических наблюдений, проводимых на Сахалине с 1905 г., оно явилось сильнейшим в северо-западной части острова. Землетрясение произошло в верховьях рек Уанг и Погиби и было названо Уангским. Землетрясение сопровождалось афтершоками, наиболее сильный ($K_C=11.0$, $Mw_{\text{GCMT}}=5.0$) из них произошел 9 июля в 15^h17^m. Как уже отмечалось выше, макросейсмический эффект Уангского землетрясения был максимальным в регионе и достигал интенсивности $I=6$ баллов в с. Погиби на расстоянии $\Delta=52$ км [27]. Еще четыре афтершока ощущались на территории региона с интенсивностью $I=2-3$ балла [27, 29].

Детальному изучению сейсмичности очага Уангского землетрясения посвящена статья [31], основанная на материалах, полученных локальной сетью цифровых сейсмических станций, принадлежащих Институту морской геологии и геофизики ДВО РАН. В наст. сб. также имеется ред. статья по этому землетрясению [32].

На **Охотоморском шельфе (№ 2)** произошло четыре толчка, что практически равно среднему числу за период 2001–2009 гг. Ощутимых землетрясений не отмечено. Суммарная энергия четырех толчков, равная $0.071 \cdot 10^{12}$ Дж, в 25 раз меньше среднегодового значения за указанный период (табл. 2, 3, рис. 6).

В **Восточно-Сахалинском районе (№ 3)** также зарегистрировано четыре землетрясения, одно из них, произошедшее 21 января в $01^{\text{h}}01^{\text{m}}$ на глубине $h=10$ км ($K_C=9.0$), проявило макросейсмический эффект в 4–5 баллов в пос. Арги-Паги ($\Delta=26$ км) [27, 29].

Западно-Сахалинский район (№ 4) перешел по уровню сейсмической активности на второе место в регионе: здесь зарегистрировано 111 землетрясений (табл. 1, 2), что в 1.5 раза меньше среднего значения за период 2001–2009 гг., сейсмическая энергия в 17 раз меньше среднего за этот период.

В районе № 4 в 2000–2007 гг. происходили наиболее сильные землетрясения региона, такие как Углегорско-Айнское 4(5) августа 2000 г. с $M_{\text{HRVD}}=6.8$ [33], Такойское 1 сентября 2001 г. с $M_{\text{HRVD}}=5.2$ [34], Горнозаводское 17 августа 2006 г. с $M_{\text{HRVD}}=5.7$ [35], Невельские 2 августа 2007 г. с $M_{\text{GCMT}}=6.2$ и 5.8 [16, 36]. В 2008 г. сейсмическая активность района снизилась, в 2009 г. снижение активности по числу зарегистрированных землетрясений продолжилось, по суммарной сейсмической энергии осталось практически на прежнем уровне. В 2010 г. сейсмическая активность несколько возросла – суммарная сейсмическая энергия стала в 3.6 раза больше, чем в 2009 г.

Самое сильное ($K_C=10.5$, $MLH=4.7$) землетрясение района (6 на рис. 3) произошло 22 марта в $17^{\text{h}}23^{\text{m}}$ на юге острова, на глубине $h=10$ км. В г. Невельск и пос. Горнозаводск ($\Delta=9$ и 14 км соответственно) интенсивность сотрясений составила 4 балла [27, 29].

Почти такое же по величине ($K_C=10.7$, $MLH=4.6$) землетрясение произошло в северо-западной части района 24 февраля в $00^{\text{h}}07^{\text{m}}$ на глубине $h=14$ км [27]. Максимальный макросейсмический эффект составил 4–5 баллов в пос. Хоэ ($\Delta=26$ км).

Всего в районе произошло 13 ощутимых землетрясений [29] (табл. 4). Ни одного глубокофокусного землетрясения в 2010 г. зафиксировано не было.

Юго-Восточный район (№ 5) представлен девятью мелкофокусными и четырьмя глубокофокусными землетрясениями, суммарная сейсмическая энергия первых, равная $\Sigma E=0.014 \cdot 10^{12}$ Дж, в 2.6 раза меньше среднегодового значения за период 2001–2009 гг. (табл. 2).

Глубокофокусные землетрясения, зарегистрированные сетью СФ ГС РАН, находятся в диапазоне глубин $h=305$ – 339 км [27] с эпицентрами в акватории зал. Анива (рис. 3). Ощутимых среди них не было.

По данным Международного сейсмологического центра (ISC), в Юго-Восточном районе произошло еще 13 землетрясений с $M_{\text{JMA}}=2.8$ – 3.6 на глубинах $h=295$ – 347 км [37]. Существующая в настоящее время сеть сейсмических станций СФ ГС РАН не позволяет регистрировать слабые глубокие землетрясения, поэтому упомянутые выше землетрясения не вошли в каталог [27].

В **Восточной части Южного Сахалина (№ 6)** в 2009 г. было зарегистрировано 11 слабых ($K_C \leq 6.5$) мелкофокусных землетрясений, что в 1.6 раза меньше среднегодового значения за период 2001–2009 гг. (табл. 2), суммарная сейсмическая энергия в 580 раз меньше среднегодового значения. Ощутимых землетрясений не было (табл. 4).

В **Хабаровском приграничном районе (№ 7)** зарегистрировано три мелкофокусных землетрясения, что в 1.8 раза меньше среднего значения за период 2001–2009 гг., а их суммарная сейсмическая энергия в 10 раз меньше среднегодового значения.

В целом в 2010 г. сейсмическая активность Сахалина возросла, особенно в Северном районе.

Л и т е р а т у р а

1. **Михайлов В.И. (сост.)**. Стационарные сейсмические станции Сахалина в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. **Михайлов В.И. (сост.)**. Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. **Михайлов В.И. (сост.)**. Сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

4. **Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Кислицына И.П., Михайлов В.И.** Сахалин // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 160–168.
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 2010 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2010–2011. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010.
8. **International Seismological Centre**, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
9. **Фокина Т.А., Паршина И.А., Сафонов Д.А., Сен Рак Се, Ким Чун Ун.** Сахалин // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 148–158.
10. **Михайлов В.И.** Юг о. Сахалин // Землетрясения России в 2010 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 79–81.
11. **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.
12. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
13. **Паршина И.А. (отв. составитель), Децик И.В., Рунова А.И., Ферчева В.Н.** Каталог юга о. Сахалин // Землетрясения России в 2010 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – На CD.
14. **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.
15. **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.
16. **Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин** / Ред. Б.В. Левин, И.Н. Тихонов. – М.: Янус-К, 2009. – 204 с.
17. **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.
18. **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.
19. **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.
20. **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.
21. **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.
22. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
23. **Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л.** Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
24. **Гутенберг Б., Рихтер К.Ф.** Магнитуда, интенсивность, энергия и ускорение как параметры землетрясений (II) // Слабые землетрясения. – М.: ИЛ, 1961. – С. 72–119.
25. **Габсатарова И.П.** Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.

26. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 272 с.
27. Кислицына И.П. (отв. сост.), Сохатюк А.С., Децик И.В. (сост.). Каталог землетрясений Сахалина за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
28. Гладырь Ж.В. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
29. Сохатюк А.С. (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Сахалина в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
30. 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.
31. Коновалов А.В., Семенова Е.П., Сафонов Д.А. Результаты детального изучения очаговой зоны землетрясения 16 марта 2010 года ($M_w=5.8$) на северо-западе о. Сахалин // Вулканология и сейсмология – М.: Наука, 2012. – С. 243–253. <http://elibrary.ru/item.asp?id=17845660>.
32. Михайлова Р.С., Левина В.И., Петрова Н.В. Уангское землетрясение 16 марта 2010 г. с $MLH=6.1$, $I_0=7-8$ (Северо-Западный Сахалин). (См. раздел (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
33. 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-Айнское землетрясение 4(5) августа 2000 года на Сахалине // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 265–284.
34. 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.
35. 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.
36. 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.
37. Артёмова Е.В. (сост.). Дополнение к каталогу землетрясений Сахалина по данным ISC за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).