

САХАЛИН

Т.А. Фокина, И.П. Кислицына, Д.А. Сафонов, В.И. Михайлов

Сахалинский филиал Учреждения Российской академии наук Геофизической службы РАН,
г. Южно-Сахалинск, fokina@seismo.sakhalin.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 2007 г. [4], не изменилась.

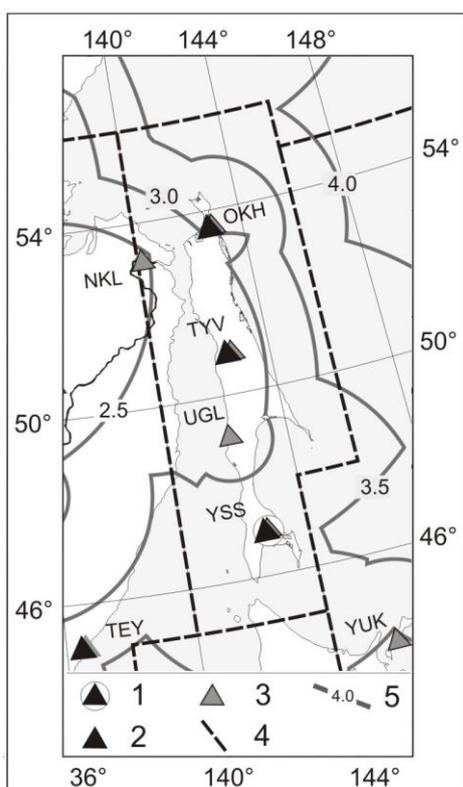


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} Сахалина

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

ДАТ Японского производства [10]. Все временные станции имеют одинаковые характеристики аппаратуры: частотный диапазон – 1–80 Гц, частота опроса данных – 100 Гц, разрядность АЦП – 16, чувствительность – $3 \cdot 10^8$ отсчет/(м/с). Сведения о станциях приведены в табл. 1. В марте 2008 г. шесть станций ДАТ с накопителями на магнитной ленте были вывезены в Японию, где была произведена их модернизация (установлены накопители на флеш-карте емкостью 8 Гб). Станция «Лесное» была закрыта 30 октября, а 1 ноября открыта новая станция «Фирсово». На

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. 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]. Обеспечиваемая этой сетью карта энергетической представительности землетрясений дана на рис. 1.

Локальная сеть, создаваемая с 1999 г. для наблюдений за сейсмичностью в южной, наиболее заселенной части о. Сахалин [9], в 2008 г. продолжала функционировать. Она состоит из временных полевых цифровых станций типа

протяжении 2008 г. число одновременно работающих полевых станций колебалось от шести до девяти, восемь станций были оставлены работать в зимних условиях [10].

Таблица 1. Временные цифровые станции на юге Сахалина в 2008 г. по [10]

№	Станция		Координаты			Дата открытия–закрытия
	Название	Код	φ°, N	λ°, E	h _y , м	
1	Белые Скалы	BSKL	46.839	142.318	50	02.06.1999
2	Загорское	ZGR	47.303	142.493	120	05.06.2001
3	Колхозное	KKHR	46.656	141.907	18	14.08.2006
4	Корсаков	KSKV	46.610	142.801	100	25.07.2002
5	Лесное	LSNR	46.958	143.031	30	31.05.2002–30.10.2008
6	Мальково	MLKV	46.769	143.354	10	04.07.2003
7	Ожидаево	OJD	47.029	142.399	230	02.06.1999
8	Остромысовка	OSMR	47.245	143.010	30	10.11.2004
9	Фирсово	FRSV	47.639	142.558	10	01.11.2008
10	Холмск	KHLM	47.076	142.076	15	29.06.2006

Конфигурация локальной сети на юге Сахалина и обеспечиваемая ею карта магнитудной представительности землетрясений изображены на двух фрагментах рис. 2 для двух периодов наблюдений: с 1 января по 30 октября (рис. 2 а) и с 1 ноября до конца 2008 г. (рис. 2 б). 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]:

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

В частности, 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).

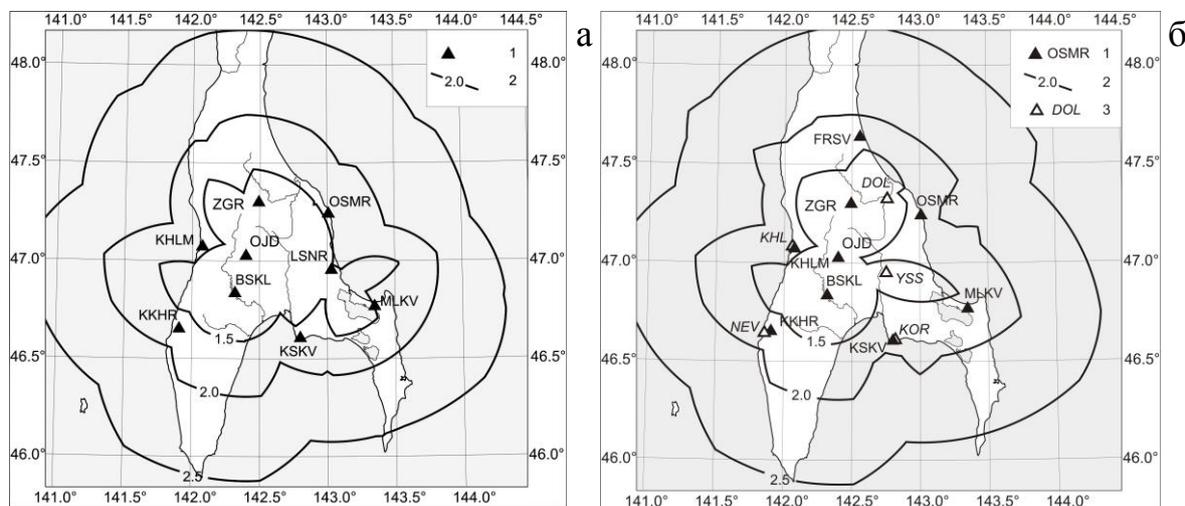


Рис. 2. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} и временная сеть локальных сейсмических станций на юге о. Сахалин в январе–октябре (а) и ноябре–декабре (б) 2008 г.

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

Каталог землетрясений по данным локальной сети юга о. Сахалин, помещенный в Приложении [13] к наст. сб. на CD, содержит параметры 1471 землетрясения и 28 событий категории «возможно взрыв», обзор сейсмичности юга Сахалина по данным локальной сети представлен в [10].

Служба предупреждения о цунами. В октябре 2008 г. на сейсмической станции «Южно-Сахалинск» был запущен в опытную эксплуатацию программно-технический комплекс опорной

широкополосной цифровой сейсмической станции для службы предупреждения о цунами (ПТК ОШЦСС «Южно-Сахалинск»). Комплекс представляет собой группу, состоящую из пяти пунктов наблюдений: центральный, оборудованный широкополосным велосиметром CMG-3 с регистратором GSR-24 и расположенный на сейсмической станции «Южно-Сахалинск», и четыре выносных пункта, оборудованных акселерометрами CMG-5T и теми же регистраторами GSR-24, размещенных в городах Корсаков, Невельск, Холмск и Долинск. Координаты всех пунктов приведены в табл. 2, конфигурация сети – на рис. 2 б. На значение представительной магнитуды эта группа влияния не оказывает, поскольку регистрирует только сильные землетрясения.

Таблица 2. Сведения о пунктах наблюдения ПТК ОШЦСС «Южно-Сахалинск» (код сети d0)

№	Станция			Координаты			Дата открытия
	Название	Код региональный	Тип аппаратуры	φ°, N	λ°, E	h, м	
1	Южно-Сахалинск	SSH	CMG-3 + GSR-24	46.959	142.760	99	10.10.2008
2	Холмск	KHL	CMG-5T + GSR-24	47.055	142.052	46	11.10.2008
3	Невельск	NEV	CMG-5T + GSR-24	46.676	141.858	25	12.10.2008
4	Корсаков	KOR	CMG-5T + GSR-24	46.646	142.766	41	13.10.2008
5	Долинск	DOL	CMG-5T + GSR-24	47.321	142.787	18	14.10.2008

Методы обработки сейсмологических данных описаны в [14–24]. Схема деления региона на отдельные сейсмоактивные районы не изменилась и осталась такой же, как в [25]. Классификация землетрясений по региональной сети проводится 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].

Для единой классификации всех землетрясений в регионе внедрена еще графа расчетных магнитуд M^P . Расчетная магнитуда M^P равнялась магнитуде MLH при наличии таковой в каталоге, а при ее отсутствии вычислялась по формулам из [14, 15, 22, 23]:

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

$$M^P = (MSH - 1.71) / 0.75 \text{ при } h \geq 81 \text{ км,} \quad (3)$$

$$M^P = (MSHA - 1.71) / 0.75 \text{ при } h \geq 81 \text{ км.} \quad (4)$$

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,

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

Кроме того, ред. еще дополнила каталог [27] магнитудами MS_{MOS} , $MPSP_{MOS}$ из Сейсмологического бюллетеня [7], магнитудами Ms_{ISC} , m_b_{ISC} , m_b_{IDC} , Mw_{GCMT} , Mw_{NIED} и сейсмическими моментами M_0_{GCMT} , M_0_{NIED} из бюллетеня ISC [8]. 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 2008 г. [27] включены параметры 209 сейсмических событий: из них 198 – мелкофокусных ($h \leq 14$ км), 11 – глубокофокусных ($h = 294–335$ км) и 16 имеют пометку «возможно взрыв». Взрывы зарегистрированы в пределах малой площадки ($\varphi = 46.81^\circ–46.97^\circ$, $\lambda = 142.93^\circ–142.99^\circ$) с 2 до 8 ч Гринвичского времени, что соответствует периоду с 12 до 19 ч местного времени.

Карта эпицентров всех сейсмических событий приведена на рис. 3. Самое сильное ($MSH = 5.9$, $Mw_{GCMT} = 5.4$) в 2008 г. землетрясение (4) зафиксировано 18 сентября в 09^h29^m на глубине $h = 328 \pm 21$ км.

Для пяти землетрясений – одного корового и четырех глубоких – определены механизмы очагов по региональным данным [28]. Еще для семи землетрясений имеются решения механизмов очагов по данным агентства NIED из [8], приведенные *ред.* на CD [29].

Для 27 землетрясений имеются макросейсмические сведения [30]. Максимальный ($I=4-5$ баллов) макросейсмический эффект наблюдался в поселках Синегорье ($\Delta=10$ км) и Быков ($\Delta=18$ км) на юге острова при землетрясении 4 октября в 09^h20^m с $MLH=4.1$, $h=10$ км.

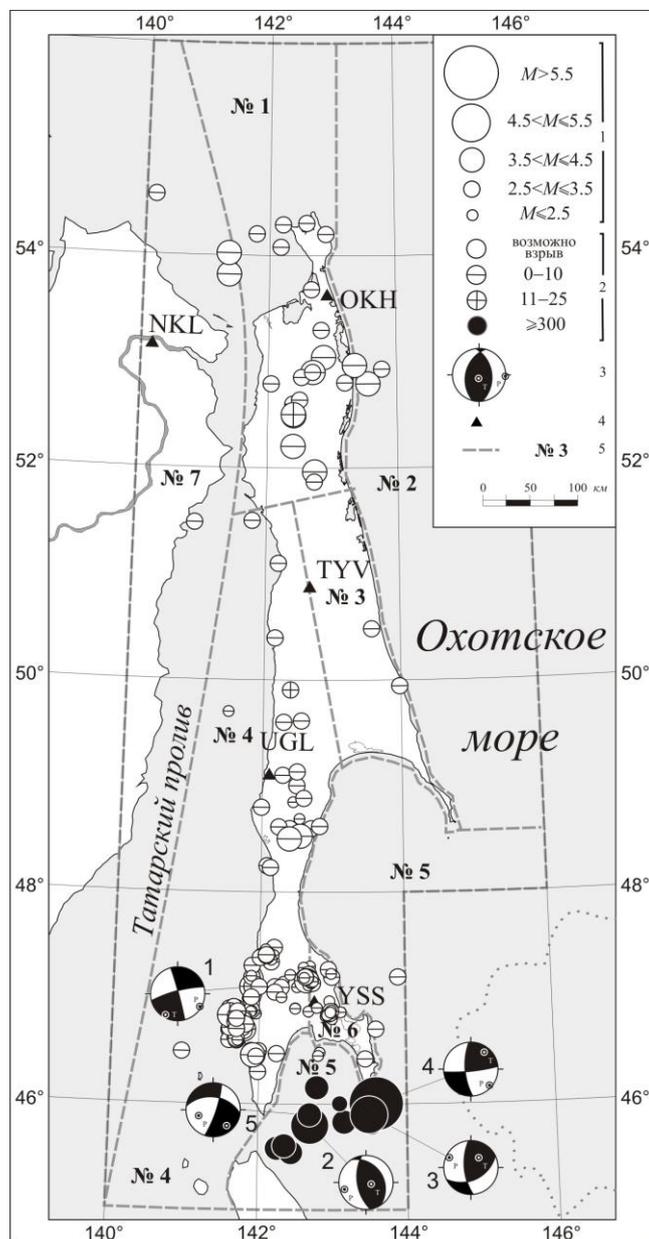


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Сахалина в 2008 г.

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

Распределение мелкофокусных землетрясений Сахалина по часам суток местного времени представлено на рис. 4. Диаграмма, построенная для всех сейсмических событий (рис. 4 а), демонстрирует отсутствие четко выраженного максимума, но на диаграмме, построенной для событий с пометкой «возможно взрыв», есть максимум (8 событий в час) в 6 часов по Гринвичу (рис. 4 б), что соответствует 16 и 17 часам местного времени, зимнего и летнего соответственно. Аналогичную диаграмму для землетрясений с $M \geq 4$ построить не удалось из-за малого их числа ($N=6$).

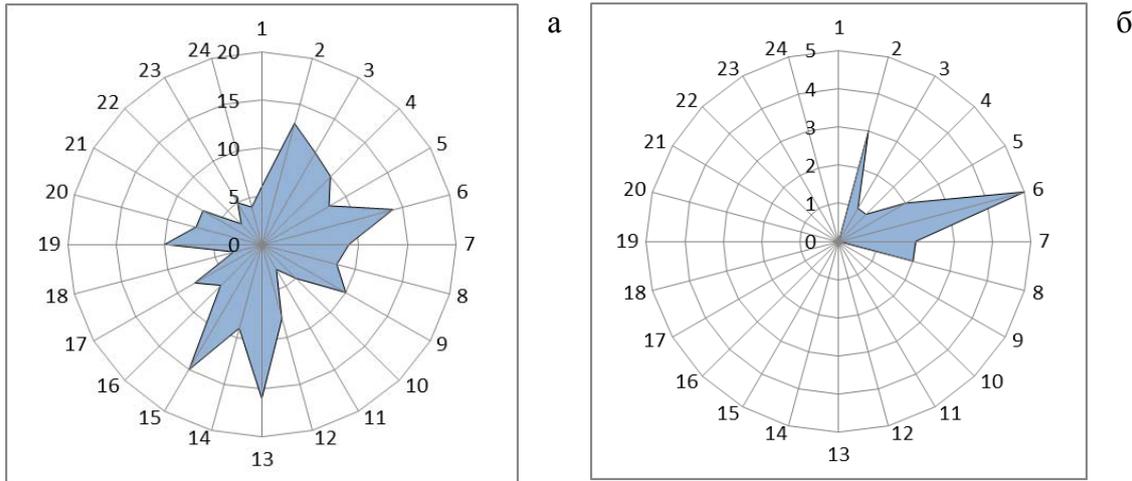


Рис. 4. Распределение числа мелкофокусных сейсмических событий Сахалина по часам суток
 а – все зарегистрированные сейсмические события с $h \leq 14$ км ($N=198$); б – взрывы ($N=16$).

Сейсмичность региона рассматривается для мелкофокусных (табл. 3) и глубокофокусных землетрясений (табл. 4). Сейсмическая активность мелкофокусных землетрясений Сахалина в 2008 г., по сравнению с таковой в 2007 г. [31], снизилась как по числу зарегистрированных землетрясений, так и по уровню суммарной сейсмической энергии, высвобожденной в очагах землетрясений (табл. 3, рис. 5 а). При сравнении со средними за 2001–2007 гг. показателями в табл. 3 видно, что число ($N=198$) землетрясений в 2008 г. в 1.4 раза ниже среднего ($N_{cp}=280$), а выделившаяся сейсмическая энергия – самая низкая за последние восемь лет, и более чем в 60 раз ниже среднего значения.

Таблица 3. Распределение мелкофокусных ($h \leq 67$ км) землетрясений по энергетическому классу K_C и суммарная сейсмическая энергия ΣE в регионе Сахалина в 2001–2008 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	2	1	617	301.33
Всего	398	735	585	152	47	11	4	2	2	1	1935	385.96
Среднее	57	105	84	22	7	1.6	0.6	0.3	0.1		280	62.99
2008	69	66	36	9	2						182	1.04

Примечание. Для построения распределения землетрясений по классам K_C в случае его отсутствия применялся пересчет из класса K_p по формуле: $K_C = K_p - 1.7$ [32].

Сейсмическая активность глубокофокусных землетрясений в 2008 г., представленная совокупностью из 11 землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E = 21.5 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$, совпадает с таковой в 2007 г. по числу событий, но на порядок выше по величине суммарной энергии, выделившейся в их очагах (табл. 4, рис. 5). Следовательно, можно констатировать тенденцию к повышению сейсмичности глубоких землетрясений после глубокого минимума в 2006 г., когда зарегистрировали только 4 толчка с суммарной энергией $\Sigma E = 1.5 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$. Суммарная сейсмическая энергия в 4.2 раза меньше среднего значения за указанный период, однако ее значение за указанный период – второе по величине, уступая лишь величине сейсмической энергии, высвобожденной глубокофокусными очагами в 2004 г.

Таблица 4. Распределение глубокофокусных ($h > 200$ км) землетрясений по магнитуде MSH и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Сахалинском регионе в 2001–2008 гг.

Год	MSH				Всего	ΣE , 10^{12} Дж
	≤ 4.0	5	6	7		
2001	7	7			14	1.1
2002	11	9	1		21	15.36
2003	7	7			14	4.08
2004	8	5		1	14	603.52
2005	7	6			13	4.66
2006	3	1			4	1.49
2007	2	9			11	2.14
Сумма	45	44	1	1	91	632.35
Среднее	6.4	6.3	0.1	0.1	13	90.34
2008	8	2	1		11	21.50

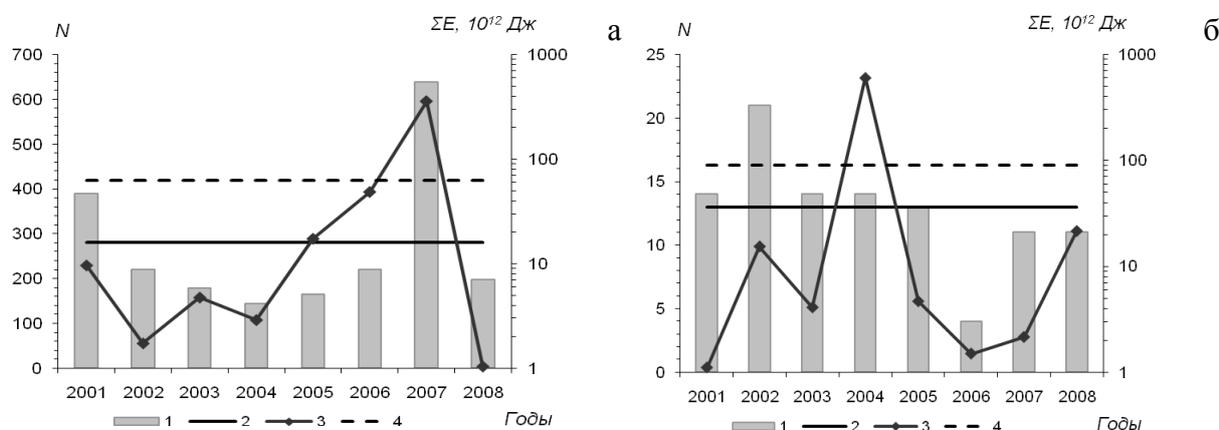


Рис. 5. Изменение ежегодного числа N и величины суммарной сейсмической энергии ΣE , высвобожденной в регионе Сахалина поверхностными (а) и глубокими (б) землетрясениями за период 2001–2008 гг.

1 – N ; 2 – среднегодовое число землетрясений за 2001–2007 гг.; 3 – ΣE ; 4 – среднегодовое значение высвобожденной энергии за 2001–2007 гг.

Сейсмичность по семи районам представлена в табл. 5 ежегодным числом мелкофокусных землетрясений и суммарной сейсмической энергией, высвобожденной в их очагах в 2001–2008 гг.

Таблица 5. Ежегодное число мелкофокусных землетрясений и суммарная сейсмическая энергия ΣE , высвобожденная в их очагах в 2001–2008 гг. по районам региона Сахалина

Год	Район													
	1		2		3		4		5		6		7	
	N	ΣE , 10^{12} Дж	N	ΣE , 10^{12} Дж	N	ΣE , 10^{12} Дж	N	ΣE , 10^{12} Дж	N	ΣE , 10^{12} Дж	N	ΣE , 10^{12} Дж	N	ΣE , 10^{12} 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
Всего	444	8.59	32	15.11	14	0.027	1248	340.76	41	0.22	113	2.63	43	0.22
Среднее	63.43	1.23	4.57	2.16	2	0.004	178.29	48.68	5.86	0.03	16.14	0.37	6.14	0.03
2008	20	0.28	3	0.07	2	0.004	125	0.59	5	0.003	23	0.007	4	0.086

В табл. 6 дано распределение землетрясений по районам Сахалина в 2008 г., а на рис. 6 – графическое представление мелкофокусной активности региона. Из табл. 5, 6 и рис. 6 видно, что закономерности сейсмического процесса, наблюдающиеся в земной коре по районам региона в течение 2001–2007 гг., сохранились и в 2008 г., а именно, сейсмическая активность Западно-Сахалинского района (№ 4) оставалась самой высокой в регионе.

Таблица 6. Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу K_c , а глубокофокусных – по магнитуде MSH , и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Сахалина

$h \leq 30$ км								
№	Районы	K_c					ΣN	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж
		≤ 6.5	7	8	9	10		
1	Северный		6	11	3		20	0.281
2	Охотоморский шельф			2	1		3	0.066
3	Восточно-Сахалинский		2				2	0.004
4	Западно-Сахалинский	46	52	22	3	2	125	0.591
5	Юго-Восточный	3	2				5	0.001
6	Восточная часть южного Сахалина	20	3				23	0.007
7	Хабаровский приграничный		1	1	2		4	0.086
	Всего	69	61	42	10	2	182	1.036

$h \geq 294$ км						
№	Районы	$MSHA$			ΣN	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж
		4.0	5.0	6.0		
4	Западно-Сахалинский					
5	Юго-Восточный	2	8	1	11	15.849

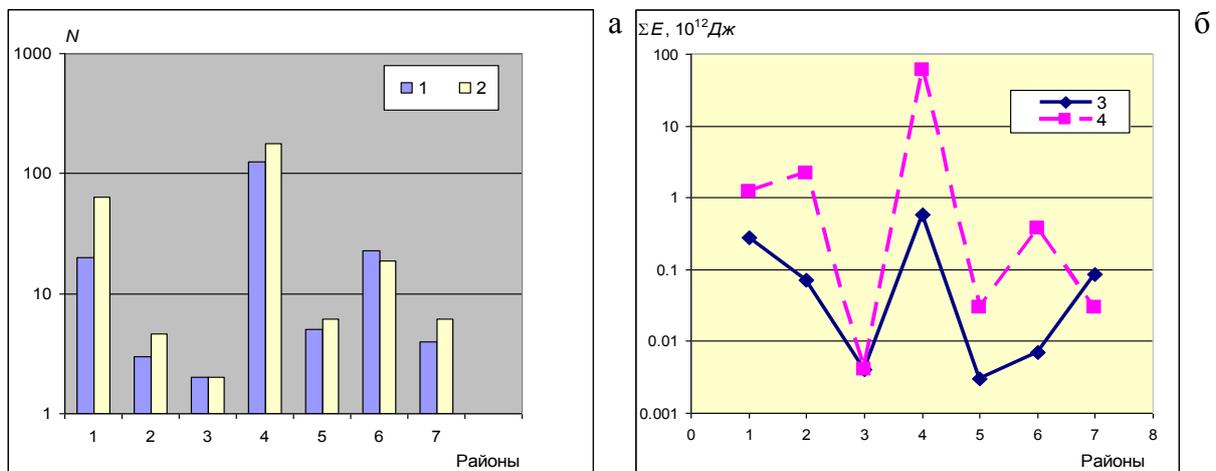


Рис. 6. Соотношение числа N (а) и суммарной сейсмической энергии ΣE (б) мелкофокусных землетрясений по районам Сахалина в 2008 г.

1 – N (2008 г.); 2 – N_{cp} за 2001–2007 гг. (а); 3 – ΣE (2008 г.); 4 – среднегодовое значение высвобожденной энергии по районам Сахалина за 2001–2007 гг. (б).

Распределение ощутимых землетрясений по районам региона представлено в табл. 7. Общее их число в 2008 г. составило 27, что меньше, чем в 2007 г., когда их было 46 [31], в связи с реализацией двух сильных ($M_w=6.3$ и 6.0) Невельских землетрясений 02.08.2007 г. в акватории Татарского пролива (с афтершоками) [16]. Как видно, в районе № 4 зафиксировано 85 % ощутимых в населенных пунктах острова землетрясений. Здесь же 4 октября в 09^h20^m произошло землетрясение с $MLH=4.1$, вызвавшее максимальную в регионе интенсивность сотрясений $I=4-5$ баллов [30], о чем было сказано выше. Макросейсмический эффект остальных землетрясений не превышал 4 баллов.

Таблица 7. Распределение осязаемых землетрясений по районам Сахалина, максимальная величина класса K_{Cmax} или магнитуды MSH_{max} и максимальная интенсивность сотрясений I_{max}

№	Район	Число осязаемых землетрясений	K_{Cmax}	MLH_{max}	MSH_{max}	I_{max} , балл
1	Северный	3	9.1	4.0	4.7	3–4
2	Охотоморский шельф	1	9.0			2
3	Восточно-Сахалинский		7.2			
4	Западно-Сахалинский	23	10.4	4.1		4–5
5	Юго-Восточный		6.8	4.7	5.9	
6	Восточная часть Южного Сахалина		7.1			
7	Хабаровский приграничный		9.0			
	Всего	27				

Рассмотрим сейсмичность каждого из семи районов более детально.

В **Северном районе (№ 1)** зарегистрировано 20 коровых землетрясений, что чуть больше (20 вместо 18), чем в 2007 г., но в 3.2 раза меньше среднего значения ($\bar{N}=63$) за период 2001–2007 гг. (табл. 5). В то же время суммарная сейсмическая энергия чуть меньше ($0.28 \cdot 10^{12}$ Дж вместо $0.33 \cdot 10^{12}$ Дж), чем в 2007 г.; более того, это самое низкое по величине значение энергии за указанный период, являясь в 4.4 раза меньше среднегодового (табл. 5 и 6, рис. 6). Осязаемыми были три землетрясения с $K_p \div 10$: 25 января в $12^h 16^m$ с $K_p=10.4$, $K_C=9.1$ (3–4 балла в пос. Сабо ($\Delta=12$ км)); 7 июня в $01^h 33^m$ с $K_p=10.5$, $K_C=8.7$ (2–3 балла в пос. Ноглики ($\Delta=33$ км)); 13 июля в $15^h 47^m$ с $K_p=9.9$, $K_C=8.2$ (2 балла в пос. Тунгор ($\Delta=17$ км)) [27, 30].

На **Охотоморском шельфе (№ 2)** возникло два толчка с $K_p \div 10$ (28 января в $23^h 17^m$ с $K_p=9.7$, $K_C=8.4$; 31 января в $15^h 47^m$ с $K_p=10.3$, $K_C=9.0$ и один – с $K_p \div 9$ (13 мая в $20^h 02^m$ с $K_p=8.7$, $K_C=7.7$ [27]). Максимальное ($K_p=10.3$) из них вызвало в г. Оха ($\Delta=75$ км) слабые ($I=2$ балла) сотрясения [30]. Суммарная энергия трех толчков, равная $0.07 \cdot 10^{12}$ Дж, в 30 раз меньше среднегодового значения за период 2001–2007 гг., хотя число землетрясений меньше среднего лишь в 1.5 раза (табл. 5 и 6, рис. 6).

В **Восточно-Сахалинском районе (№ 3)** зарегистрировано два землетрясения с $K_p \div 9$ (19 мая в $05^h 07^m$ с $K_p=8.7$, $K_C=7.1$; 16 октября в $13^h 14^m$ с $K_p=8.8$, $K_C=7.2$) [27]. Как следует из табл. 5, в этом районе и число землетрясений, и суммарная сейсмическая энергия равны среднегодовым значениям этих величин.

Западно-Сахалинский район (№ 4) – самый сейсмически активный район Сахалина и по числу ($N=125$) землетрясений, и по их суммарной энергии ($\Sigma E=0.59 \cdot 10^{12}$ Дж), хотя относительно других лет эта энергия минимальна (табл. 5). В районе № 4 в 2000–2007 гг. происходили наиболее сильные землетрясения региона, такие как Углегорско-Айское 4(5) августа 2000 г. с $Mw_{HRVD}=6.8$ [33], Такойское 1 сентября 2001 г. с $Mw_{HRVD}=5.2$ [34], Горнозаводское 17 августа 2006 г. с $Mw_{HRVD}=5.7$ [35], Невельские 2 августа 2007 г. с $Mw_{GCM1}=6.2$ и 5.8 [16, 36]. Но в 2008 г. максимальным ($K_p=12.0$, $MLH=4.1$) явилось землетрясение 15 декабря в $10^h 25^m$, вызвавшее сотрясения с интенсивностью $I=3–4$ балла в Красногорском (25 км) и Макарове (30 км), 3 балла – в Туманово (29 км) и Горном (42 км), 2–3 балла – в Углегорском (69 км) и Шахтёрске (79 км). Еще с большей интенсивностью ($I=4–5$ баллов) проявилось упомянутое выше землетрясение 4 октября в $09^h 20^m$ такой же магнитуды $MLH=4.1$ [27, 30].

Следует отметить, что 60 из 125 толчков 2008 г. являются афтершоками Невельских землетрясений [36]. Для одного из них (1), произошедшего 17 марта в $06^h 01^m$ в афтершоковой области Невельских землетрясений 2007 г. на глубине $h=10$ км с $MLH=4.0$, $K_p=11.5$ и ощущавшегося до 4 баллов в г. Холмск ($\Delta=13$ км) и пос. Яблочное ($\Delta=14$ км), удалось определить механизм очага [28], согласно которому тип сейсмодислокации по близвертикальной ($DP_1=87^\circ$) плоскости $NP1$ север–северо-западного ($STK_1=345^\circ$) простирания – чистый левосторонний сдвиг, по крутой ($DP_2=80^\circ$) плоскости $NP2$ запад–юго-западного ($STK_2=255^\circ$) простирания – правосторонний сдвиг с незначительной взбросовой составляющей. Такой механизм очага отличается от механизмов основных толчков Невельской серии землетрясений [36] и противоречит данным агентства NIED [29].

Всего в районе произошло 23 ощутимых землетрясения [30] (табл. 7). Ни одного глубокофокусного землетрясения в 2008 г. зафиксировано не было.

Юго-Восточный район (№ 5) представлен пятью коровыми и 11 глубокофокусными землетрясениями, суммарная сейсмическая энергия первых, равная $\Sigma E = 0.003 \cdot 10^{12}$ Дж, в 10 раз меньше среднегодового значения ($\Sigma E_{\text{ср}} = 0.03 \cdot 10^{12}$ Дж) за период 2001–2007 гг. (табл. 5).

Глубокофокусные землетрясения зарегистрированы в диапазоне глубин $h = 294\text{--}335$ км [27] с эпицентрами в акватории зал. Анива (рис. 3). Число глубоких ($N = 11$) землетрясений мало отличается от среднегодового ($\bar{N} = 13$) значения за период 2001–2007 гг., но суммарная сейсмическая энергия в 4 раза меньше среднегодового значения (табл. 4).

Механизмы очагов определены для четырех глубокофокусных землетрясений, произошедших 27 марта в $21^{\text{h}}10^{\text{m}}$ с $MSH = 5.2$, $M_w(\text{NIED}) = 4.5$, $h = 320$ км; 26 апреля в $00^{\text{h}}57^{\text{m}}$ с $MSH = 5.6$, $M_w(\text{NIED}) = 4.5$, $h = 310$ км; 18 сентября в $09^{\text{h}}29^{\text{m}}$ с $MSH = 5.9$, $M_w(\text{NIED}) = M_w(\text{GCMT}) = 5.4$, $h = 325$ км; 21 декабря в $05^{\text{h}}02^{\text{m}}$ с $MSH = 5.0$, $M_w(\text{NIED}) = 4.5$, $h = 316$ км.

Самое сильное ($MSH = 5.9$, $M_w = 5.4$) из них (4 на рис. 3) произошло 18 сентября в $09^{\text{h}}29^{\text{m}}$ на глубине $h = 325 \pm 21$ км. Тип подвижки в его очаге – сдвиго-взброс, одна из плоскостей ($NP1$) меридионального ($STK = 176^\circ$) простирания круто ($DP = 71^\circ$) падает на запад, подвижка вдоль нее – левосторонний сдвиг с незначительными компонентами взброса; альтернативная нодальная плоскость ($NP2$) с широтным ($STK = 84^\circ$) простиранием, с правосторонним сдвигом и незначительными компонентами взброса – субвертикальна ($DP = 83^\circ$) [28].

Землетрясения (3) и (5) 26 апреля и 21 декабря имеют, напротив, заметную сдвиговую составляющую в их подвижках, но в очаге события (5) подвижка типа сбросо-сдвиг, а в очаге (3) – взбросо-сдвиг. В очаге землетрясения (2), зарегистрированного 27 марта, наблюдается практически чистый взброс.

В Восточной части Южного Сахалина (№ 6) в 2008 г. было зарегистрировано 39 мелкофокусных сейсмических событий, 16 из которых являются «возможно взрывами» [27]. Число землетрясений равно $N = 23$, что в 1.2 раза больше среднегодового значения за период 2001–2007 гг. (табл. 5), однако суммарная сейсмическая энергия в 54 раза меньше среднегодового значения. Все землетрясения слабые – $K_p = 5.8\text{--}8.8$, самое сильное ($K_p = 8.8$, $K_c = 7.1$) реализовалось 12 октября в $13^{\text{h}}13^{\text{m}}$ с $h = 10$ км [27]. Ощутимых землетрясений нет (табл. 7).

В Хабаровском приграничном районе (№ 7) зарегистрировано четыре коровых землетрясения, из которых одно зафиксировано 13 июня в $23^{\text{h}}33^{\text{m}}$ с $K_p = 8.4$, $K_c = 7.1$; группа из двух более сильных ($K_p = 10.3$ и 10.7) толчков возникла 18 июня в $15^{\text{h}}03^{\text{m}}$ и $15^{\text{h}}05^{\text{m}}$ соответственно. Четвертое землетрясение отмечено 28 июля в $13^{\text{h}}12^{\text{m}}$ с $K_p = 9.4$, $K_c = 7.9$. Всем им в каталоге [27] поставлена фиксированная глубина $h = 10$ км. Из (табл. 5) следует, что указанное число землетрясений ($N = 4$) в 1.5 раза меньше среднего значения за период 2001–2007 гг., но их суммарная сейсмическая энергия почти в 3 раза больше среднегодового значения.

В целом в 2008 г. сейсмическая активность Сахалина пошла на спад после нескольких сейсмически высокоактивных лет.

Л и т е р а т у р а

1. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Сахалина в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Коваленко Н.С. (сост.). Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. Коваленко Н.С., Фокина Т.А., Сафонов Д.А. Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 170–181.
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 2008 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2008–2009. – URL: ftp://ftp.gsr.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2008.
8. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2008**. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010. – 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 2008 году. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – 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. **Сен Рак Се (отв. сост.), Паршина И.А., Урбан Н.А. (сост.)** Каталог юга о. Сахалин // Землетрясения России в 2008 году. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – 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.), Децик И.В. (сост.)** Каталог землетрясений ($N=193$) и взрывов ($N=16$) Сахалина за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
28. **Гладырь Ж.В. (отв. сост.)** Каталог механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2008 г. ($N=5$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).

-
29. **Левина В.И.** Дополнение к каталогу механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2008 г. ($N=12$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
 30. **Кислицына И.П. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений ($N=27$) в населенных пунктах Сахалина в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
 31. **Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Кислицына И.П., Михайлов В.И.** Сахалин // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 182–190.
 32. **Оскорбин Л.С., Волкова Л.Ф.** Параметры основного толчка и сейсмический режим афтершоков Монеронского землетрясения 5(6) сентября 1971 г. // Обработка сейсмологических наблюдений и поиск предвестников землетрясений на Дальнем Востоке. – Южно-Сахалинск, 1978. – С. 68–87.
 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.