

САХАЛИН

Т.А. Фокина, И.А. Паришина, М.И. Рудик, Д.А. Сафонов

Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск, fokina@seismo.sakhalin.ru

Параметры землетрясений региона, включающего территорию о. Сахалин с шельфом и восточную часть Приамурья, определены на основе материалов наблюдений, полученных на четырех сейсмических станциях Сахалина: «Южно-Сахалинск» (YSS), «Тымовское» (TYV), «Углегорск» (UGL) и «Оха» (OKH) (рис. 1). На юге острова работала локальная сеть из двенадцати полевых станций японского производства Datamark (DM) и «DAT» (табл. 1). В обработке использовались также данные сейсмических сетей Приамурья и Приморья [1], Курильских островов [2], бюллетени ГС РАН [3], JMA, ISC [4]. Методы обработки данных [5–10], схема деления региона на отдельные сейсмоактивные районы и параметры аппаратуры сейсмических станций, по сравнению с таковыми в 2001 г. [11], не изменились.

Таблица 1. Сведения о временных цифровых станциях Datamark (DM) и DAT на юге Сахалина в 2002 г.

№	Станции			Координаты			Период наблюдений
	Название	Код	Тип	φ°, N	λ°, E	$h, м$	
1	Белые скалы	BSK	DM	46°50.368′	142°19.105′	50	25.07.2002 – 17.10.2002
2	Успенское	USP	DM	46°52.706′	142°36.203′	170	04.06.2002 – 17.10.2002
3	Сокол	SKL	DAT	47°14.4360′	142°46.8449′	40	04.01.2002 – 10.07.2002 01 ^h 30 ^m 35 ^s 23 ^h 40 ^m 34 ^s
4	Загорское	ZGR	DAT	47°18.1771′	142°29.5783′	110	07.11.2002 – 14.08.2002 03 ^h 11 ^m 02 ^s 03 ^h 59 ^m 35 ^s
5	Быков	BKV	DAT	47°19.8724′	142°34.2978′	40	14.08.2002 – 22.10.2002 06 ^h 05 ^m 34 ^s 01 ^h 36 ^m 33 ^s
6	Ожидаево	OJD	DAT	47°01.7163′	142°23.9311′	230	25.12.2001 – 01.03.2002 04 ^h 05 ^m 01 ^s 07 ^h 32 ^m 02 ^s
7	Ясноморский	YSM	DAT	46°44.8331′	141°55.1358′	5	30.05.2002 – 13.01.2003 01 ^h 39 ^m 36 ^s 03 ^h 47 ^m 59 ^s
8	Симаково	SMK	DAT	47°06.9808′	142°05.5231′	10	30.05.2002 – 25.07.2002 05 ^h 16 ^m 59 ^s 00 ^h 53 ^m 19 ^s
				47°06.9922′	142°05.4655′	30	16.07.2002 – 15.10.2002 04 ^h 13 ^m 55 ^s 04 ^h 44 ^m 30 ^s
9	Корсаков	KRS	DAT	46°40.7220′	142°51.1964′	30	31.05.2002 – 25.07.2002 02 ^h 37 ^m 03 ^s 03 ^h 00 ^m 39 ^s
9а	Маяк «Корсаковский»			46°36.5514′	142°48.1116′	100	25.07.2002 – 04.10.2002 06 ^h 20 ^m 47 ^s
							17.10.2002 – 23.12.2002 17 ^h 01 ^m 53 ^s 02 ^h 36 ^m 37 ^s
10	Лесное	LSN	DAT	46°57.4797′	143°01.8682′	30	31.05.2002 – 21.11.2002 06 ^h 07 ^m 21 ^s 00 ^h 41 ^m 29 ^s

В региональный каталог [12] Сахалина за 2002 г. вошли параметры 241 землетрясений, из которых 220 – с очагом в земной коре с $h \leq 30$ км и 21 – глубокофокусных с $h = 270$ –610 км. Для семи землетрясений, пяти коровых и двух глубокофокусных определены механизмы очагов [13].

Коровая сейсмическая активность Сахалина в 2002 г. продолжала снижаться: зарегистрировано 220 землетрясений, что в 1.8 раза меньше, чем в 2001 г. [11]. Суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений в регионе (табл. 2) составила $\Sigma E = 1.5 \cdot 10^{12}$ Дж, что в 4.7 раза меньше таковой в 2001 г. Энергетический класс самого сильного мелкофокусного ($h = 27 \pm 4$ км) землетрясения, произошедшего 3 января в 15^h48^m, равен $K_C = 9.6$ (2 на рис. 1).

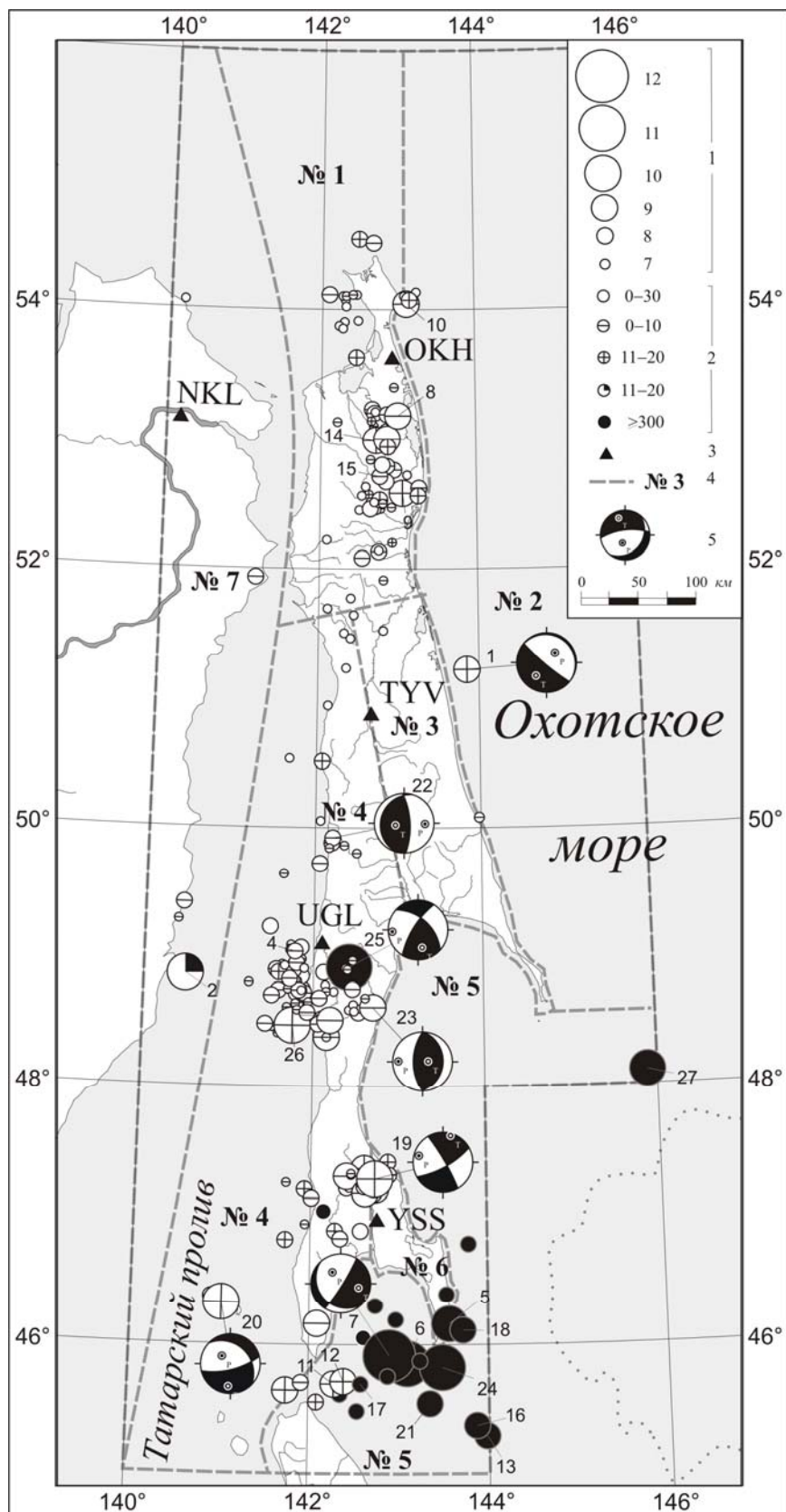


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Сахалина за 2002 г.

1 – энергетический класс K_C ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция; 4 – номер и граница района; 5 – диаграмма механизма очага в проекции на нижнюю полусферу (зачернена область сжатия); числа 1–27 соответствуют номерам землетрясений в графе 1 каталога [12].

Таблица 2. Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу K_C , глубокофокусных – по магнитуде MSH и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Сахалина

$h \leq 30 \text{ км}$								
№	Районы	K_C					N_Σ	$\Sigma E,$ <i>Дж</i>
		6	7	8	9	10		
1	Северный	7	37	17	5	–	66	$0.345 \cdot 10^{12}$
2	Охотоморский шельф	–	2	1	2	1	6	$0.062 \cdot 10^{12}$
3	Восточно-Сахалинский	–	1	–	–	–	1	$0.001 \cdot 10^{12}$
4	Западно-Сахалинский	25	50	48	6	–	129	$0.753 \cdot 10^{12}$
5	Юго-Восточный	–	–	2	2	–	4	$0.068 \cdot 10^{12}$
6	Восточная часть Южного Сахалина	–	1	6	1	–	8	$0.122 \cdot 10^{12}$
7	Хабаровский приграничный	–	3	2	–	1	6	$0.147 \cdot 10^{12}$
	Всего	32	94	76	16	2	220	$0.499 \cdot 10^{12}$

$h \geq 270 \text{ км}$						
№	Районы	MSH			N_Σ	$\Sigma E,$ <i>Дж</i>
		4.0	5.0	6.0		
4	Западно-Сахалинский	–	1	–	1	$2.399 \cdot 10^{12}$
5	Юго-Восточный	10	8	1	19	$12.945 \cdot 10^{12}$
6	Восточная часть Южного Сахалина	1	–	–	1	$0.010 \cdot 10^{12}$
	Всего	11	9	1	21	$15.356 \cdot 10^{12}$

Примечание. Энергия оценивалась по формуле Гуттенберга–Рихтера: $\lg E = 11.8 + 1.5 MLH$ [14], для чего величина всех землетрясений приводилась к магнитуде MLH путем пересчета из классов K_C для землетрясений с глубиной $h \leq 80 \text{ км}$ и из магнитуд MSH с $h \geq 81 \text{ км}$ по следующим соотношениям: $MLH = (K_C - 1.2)/2$ и $MLH = (MSH - 1.71)/0.75$. Для второго соотношения вводилась поправка за глубину очага.

Глубокофокусная сейсмическая активность, напротив, возросла: зарегистрировано 21 землетрясение с $3.8 \leq MSH \leq 5.8$, что в 1.5 раза больше, чем в 2001 г. [11]. Суммарная сейсмическая энергия (табл. 2) увеличилась в 14 раз.

22 землетрясения ощущались в населенных пунктах о. Сахалин, Приморья и о. Хоккайдо с интенсивностью сотрясений от 2 до 5 баллов (табл. 3, [12]). Наибольшее число ощутимых землетрясений ($N_{\text{ощ}} = 14$) зарегистрировано в Западно-Сахалинском районе (№ 4), наибольшая интенсивность сотрясений $I_{\text{max}} = 5$ баллов отмечена в Северном районе (№ 1) и в Восточной части южного Сахалина (№ 6).

Таблица 3. 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	$K_{C\text{max}}$ (MSH_{max})	I_{max} , балл
1	Северный	3	8.9	5
2	Охотоморский шельф	–	8.7	–
3	Восточно-Сахалинский	–	6.6	–
4	Западно-Сахалинский	14	9.4	4
5	Юго-Восточный	1	(5.8)	2
6	Восточная часть Южного Сахалина	3	9.3	5
7	Хабаровский приграничный	1	9.6	3
	Всего	22		

В Северном районе (№ 1) продолжалось снижение сейсмической активности: зарегистрировано 66 коровых землетрясений, что в 1.5 раза меньше, чем в 2001 г. [11], их энергетический класс не превышал $K_C \leq 8.9$, суммарная сейсмическая энергия (табл. 2) уменьшилась в 1.5 раза.

Следует отметить сильное ($K_C = 8.9$) землетрясение района (8 на рис. 1), которое произошло 26 марта в 07^h00^m на глубине $h = 10 \pm 2 \text{ км}$. Интенсивность вызванных им сотрясений составила 5 баллов в пос. Сабо ($\Delta = 4 \text{ км}$), 3 балла – в пос. Тунгор (23 км), 2–3 балла – в г. Оха (45 км).

В пос. Сабо вызвали меньшие сотрясения – в 3 балла – еще два землетрясения, произошедшие 24 апреля в $22^{\text{h}}36^{\text{m}}$ с $K_C=8.8$ и 25 июля в $00^{\text{h}}48^{\text{m}}$ с $K_C=9.1$ на удалении 24 и 18 км, соответственно.

Охотоморский шельф (№ 2) представлен тремя землетрясениями, суммарная сейсмическая энергия которых в 6.7 раз ниже соответствующего уровня в 2001 г. [11]. Энергетический класс двух более сильных толчков (1 и 10 на рис. 1), зарегистрированных 3 января в $10^{\text{h}}49^{\text{m}}$ и 1 апреля в $12^{\text{h}}49^{\text{m}}$, составил $K_C=8.7$ [12].

Для первого землетрясения, зарегистрированного на глубине $h=14\pm 2$ км, определен механизм очага: землетрясение реализовалось под воздействием преобладающего напряжения растяжения. Одна из нодальных плоскостей имела северо-западное простирание с падением на северо-восток, другая, альтернативная ей плоскость, круто падала на юго-запад. Тип подвижки – взрез [13].

В **Восточно-Сахалинском районе (№ 3)** в самом начале года (18 января в $23^{\text{h}}57^{\text{m}}$) зарегистрировано единственное землетрясение с $K_C=6.6$.

Сейсмическая активность **Западно-Сахалинского района (№ 4)**, на территории которого в 2000 г. произошло Углегорско-Айнское землетрясение с $MLH=7.0$ [15], а в 2001 г. – рой землетрясений с $MLH_{\text{max}}=5.2$ [11, 16], резко снизилась. Здесь зарегистрировано 129 коровых землетрясений, что в 1.7 раза меньше, чем в 2001 г. [11]. Суммарная сейсмическая энергия (табл. 2) уменьшилась почти в 7.1 раза. Энергетический класс самого сильного корового землетрясения 26, произошедшего 1 декабря в $03^{\text{h}}10^{\text{m}}$ на глубине $h=11\pm 1$ км, составил $K_C=9.4$, макросейсмический эффект в г. Углегорск, г. Макаров и пос. Горное не превышал 2–3 баллов ($\Delta=62, 70, 77$ км соответственно). Всего в районе зарегистрировано 14 ощутимых землетрясений (табл. 3), лишь одно из них (4 на рис. 1), произошедшее 29 января в $03^{\text{h}}16^{\text{m}}$ проявило макросейсмический эффект в 4 балла в пос. Никольское (29 км), в остальных случаях интенсивность сотрясений не превышала 3–4 баллов.

На территории района 5 ноября в $08^{\text{h}}47^{\text{m}}$ локализовано единственное глубокофокусное землетрясение (25 на рис. 1), гипоцентр которого находился на глубине $h=610\pm 34$ км (максимальная глубина гипоцентра для региона в 2002 г.), магнитуда $MSH=5.5$ [12]. В очаге землетрясения реализовался сдвиг. Нодальная плоскость $NP1$ имеет северо-восточное простирание ($STK=212^\circ$), $NP2$ – северо-западное ($STK=312^\circ$), обе – круто падающие ($DP_1=75^\circ$, $DP_2=56^\circ$) [13].

Определены механизмы очагов для трех коровых землетрясений 20, 22 и 23, зарегистрированных 13 августа в $22^{\text{h}}17^{\text{m}}$ с $K_C=9.3$, 26 сентября в $05^{\text{h}}00^{\text{m}}$ с $K_C=8.8$, 2 октября в $05^{\text{h}}03^{\text{m}}$ с $K_C=8.5$ соответственно. В очаге землетрясения 20, эпицентр которого находился в Татарском проливе, в южной части района, произошел сброс под воздействием близгоризонтального напряжения растяжения. Одна из возможных плоскостей разрыва имела северо-западное простирание с падением на северо-восток. Вторая плоскость – субширотное простирание с падением на юго-восток. Движение в очаге землетрясения 22 с эпицентром на западном побережье Сахалина, в 94 км севернее г. Углегорск, произошло под действием преобладающих напряжений сжатия, ориентированных субширотно. Обе нодальные плоскости имеют субмеридиональное простирание: первая залегает полого, вторая – круто. Тип движения – пологий надвиг. Для землетрясения 23, с эпицентром на восточном побережье острова, в 7 км от г. Макаров, установлен характер подвижки типа взброс. Ось сжатия близгоризонтальна, ось растяжения близвертикальна. Обе нодальные плоскости имели субмеридиональное простирание [13].

Юго-Восточный район (№ 5) представлен четырьмя коровыми и 19 глубокофокусными землетрясениями, суммарная сейсмическая энергия первых превысила соответствующий уровень энергии в 2001 г. в 8.5 раз, вторых – почти в 18 раз (табл. 2). Глубокофокусные землетрясения зарегистрированы в интервале глубины $h=270\text{--}530$ км. Самое сильное ($MSH=5.8$) землетрясение 7 произошло 9 февраля в $16^{\text{h}}56^{\text{m}}$ на глубине $h=350\pm 34$ км. Оно ощущалось на о. Хоккайдо с интенсивностью сотрясений в I балл по шкале JMA [17], или около 2 баллов по шкале MSK [18]. Очаг этого землетрясения реализовался под воздействием близгоризонтальных напряжений растяжения. Одна из нодальных плоскостей – крутопадающая на юго-восток, вторая плоскость – пологая с падением на юго-запад. Движение в очаге – сброс [13].

В **Восточной части Южного Сахалина (№ 6)** произошло восемь коровых землетрясений, что в 7.5 раз меньше, чем в 2001 г., когда на юге о. Сахалин наблюдался рой землетрясений [16]. Суммарная сейсмическая энергия (табл. 2) уменьшилась в 6.1 раза. Макросейсмический эффект отмечен для трех землетрясений (табл. 4).

Самое сильное ($MLH=4.2$, $K_C=9.3$) землетрясение 19 зарегистрировано в районе 4 августа в 22^h40^m на глубине $h=13\pm 4$ км. Результаты детального макросейсмического обследования представлены в табл. 4 и на рис. 2.

Таблица 4. Макросейсмические данные о землетрясении 4 августа 2002 г. в 22^h40^m с $MLH=4.2$

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>5 баллов</u>		14	пос. Тепловодское	21
1	пос. Сосновка	4		<u>3 балла</u>	
2	пос. Покровка	5	15	пос. Стародубское	18
3	пос. Углезаводск	7		<u>2-3 балла</u>	
	<u>4-5 баллов</u>		16	п/р Новоалександровск	26
4	пос. Быков	12	17	г. Южно-Сахалинск	36
5	пос. Загорское	17	18	пос. Костромское	51
	<u>4 балла</u>			<u>2 балла</u>	
6	пос. Октябрьское	7	19	пос. Березняки	17
7	пос. Ручьи	9	20	пос. Ключи	22
	<u>3-4 балла</u>		21	пос. Фирсово	42
8	пос. Такое	4	22	пос. Пятиречье	45
9	пос. Сокол	5	23	пос. Яблочный	50
10	г. Долинск	8	24	пос. Бамбучки	50
11	пос. Старорусское	12	25	пос. Чапланово	51
12	пос. Синегорск	18	26	пос. Красноярское	56
13	пос. Санаторный	21	27	г. Холмск	57
			28	г. Чехов	58

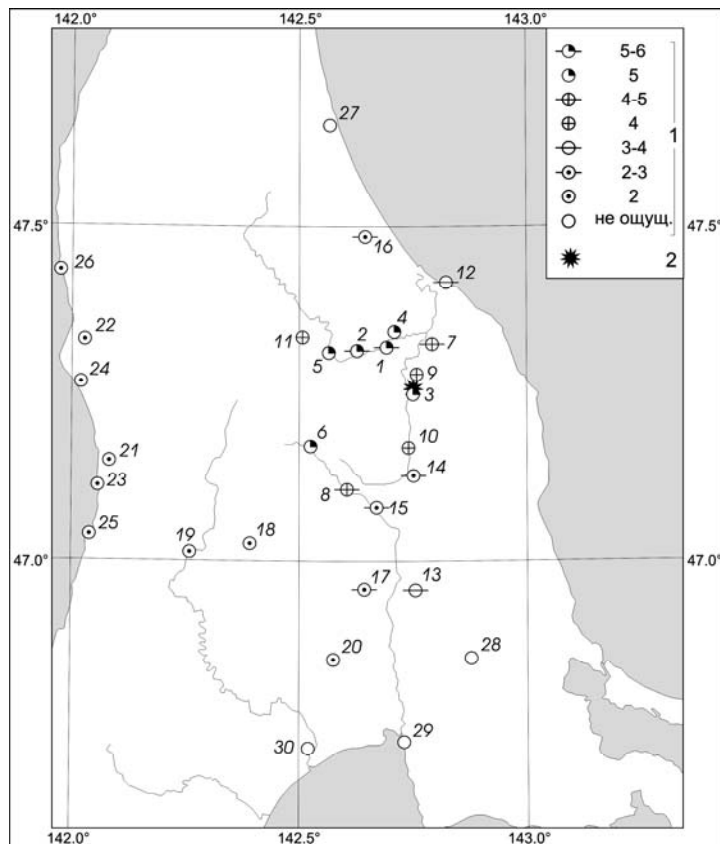


Рис. 2. Карта пунктов-баллов для землетрясения 4 августа в 22^h40^m с $MLH=4.2$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64; 2 – инструментальный эпицентр.

Очаг землетрясения находился под воздействием близгоризонтально ориентированных напряжений растяжения и сжатия, с незначительным превосходством растягивающих напряжений. Обе плоскости разрыва круто наклонены. Подвижка по обеим возможным плоскостям – сдвиг.

Это землетрясение предварялось форшоком 4 августа в 09^h36^m с $K_C=7.9$, т.е. за 13 часов до основного толчка, в 11 км от его эпицентра на глубине $h=13\pm 5$ км. Его макросейсмический эффект составил 3 балла в пос. Покровка и Углезаводск ($\Delta=11$ и 16 км соответственно).

Единственный глубокофокусный $h=350\pm 21$ км толчок района с $MSHA=4.3$ зарегистрирован 30 августа в 19^h55^m [12].

В Хабаровском Приграничном районе (№ 7) зарегистрировано шесть коровых землетрясений, суммарная сейсмическая энергия которых (табл. 2) почти в 150 раз больше таковой в 2001 г. [11].

Самое сильное ($K_C=9.6$) землетрясение региона (2 на рис. 1) произошло под акваторией Татарского пролива 3 января в 15^h48^m на глубине $h=27\pm 4$ км. Оно оказалось единственным ощутимым землетрясением района с интенсивностью сотрясений $I=3$ балла в г. Советская Гавань ($\Delta=17$ км).

Л и т е р а т у р а

1. Фокина Т.А., Коваленко Н.С., Рудик М.И., Сафонов Д.А. Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 186–162.
2. Фокина Т.А., Брагина Г.И., Рудик М.И., Сафонов Д.А. Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 204–212.
3. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2002 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2002–2003.
4. Bulletin of the International Seismological Centre for 2002. – Berkshire: ISC, 2003–2004.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.: ГС РАН, 2001. – С. 95–99.
10. 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.
11. Фокина Т.А., Паршина И.А., Рудик М.И., Сафонов Д.А. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 193–203.
12. Паршина И.А., (отв. сост.), Кузнецова В.Н., Малашенко Ю.А. Сахалин (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
13. Паршина И.А. (отв. сост.). Сахалин. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
14. Гутенберг Б., Рихтер К.Ф. Магнитуда, интенсивность, энергия и ускорение как параметры землетрясений (II) // Слабые землетрясения. – М.: ИЛ, 1961. – С. 72–119.

-
15. 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.Я., Рудик М.И., Оскорбин Л.С. Углегорско-Айинское землетрясение 4 августа 2000 года, $MLH=7.0$, $I_0=8-9$ (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 265–284.
 16. 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.
 17. Hisada T., Nakagawa K. Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildinge. – Japan: 1958.
 18. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.