

КОСТРОМСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ**30 мая 2004 года с $MLH=4.8$, $I_0=5-6$ (Сахалин)****Л.Н. Поплавская¹, Т.В. Нагорных¹, Т.А. Фокина², Д.А. Сафонов^{1,2}, М.И. Рудик²**¹Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск,
*nagornyh@imgg.ru*²Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск, *fokina@seismo.sakhalin.ru*

30 мая 2004 г. в 02^h52^m по Гринвичскому времени в районе пос. Костромское Сахалинской области произошло землетрясение, ощущавшееся в близлежащих населенных пунктах с интенсивностью до $I=6$ баллов. Название ему дано по ближайшему ($\Delta=8$ км) к эпицентру пос. Костромское. В сборе и анализе инструментальных и макросейсмических сведений о землетрясении участвовал коллектив ведущих специалистов ИМГиГ ДВО РАН и Сахалинского филиала ГС РАН.

Эпицентр главного толчка определен авторами (табл. 1) по совокупности наблюдений локальных, региональных и глобальных сетей сейсмических станций. Были детально изучены основной толчок и два его афтершока (30 мая в 04^h51^m и 12 июня в 14^h49^m), для них заново переопределены параметры, и эти изменения не внесены в региональный каталог [1]. Имеются также решения Сахалинского филиала ГС РАН (SHKL) и других сейсмологических центров, сведенные в табл. 1 и представленные в плане на рис. 1.

Таблица 1. Основные параметры Костромского землетрясения 30 мая 2004 г. с $MLH=4.8$ по данным авторов (1) в сопоставлении с определениями агентств (2–8)

№	Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источ- ник
				φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
1	Авторы	02 52 11.8		47.32	0.04	142.19	0.07	13	3	$MLH=4.8$, $MPVA=4.7$	
2	SHKL	02 52 10.7	0.5	47.40	0.06	142.16	0.13	15	3	$MLH=4.8/9$, $MPVA=4.7/12$, $K_C=10.1$, $K_P=12.0$	[1]
3	MOS	02 52 10.5	0.88	47.384	0.08	142.123	0.08	12		$MS=4.3/15$, $MPSP=4.9/21$	[2]
4	NEIC	02 52 12.3		47.31		142.12		14		$m_b=4.9/90$	[3]
5	JMA	02 52 10.6		47.57		142.31		57		$M_{JMA}=5.3$	[3]
6	HRVD	02 52 12.3	0.4	47.34		142.01		19	1	$M_W=4.9/50$	[3]
7	ISC	02 52 09.7	0.5	47.38	0.01	142.19	0.03	5 13*	2 0.5*	$M_S=4.4$, $m_b=4.8 * h_{pp}$	[3]
8	IDC	02 52 12.3	0.5	47.32		142.11		14	2	$M_S=3.8/5$, $m_b=4.5/24$	[3]

Примечание. MOS – Геофизическая служба РАН (Обнинск); NEIC – Национальный сейсмологический информационный центр США; JMA – Японское метеорологическое агентство; HRVD – Гарвардский центр, США; ISC – Международный сейсмологический центр, Великобритания; IDC – Международный центр данных, США.

Следует отметить хорошее совпадение решения авторов с определениями агентств NEIC, отклонение равно $\delta=5$ км для ISC, 6 км – IDC, 8 км – MOS, 15 км – HRVD. Исключение составляет решение JMA, чей эпицентр смещен с наибольшей разницей $\delta=29$ км на северо-восток (рис. 1).

Еще одно уточнение координат гипоцентров основного толчка и двух его афтершоков выполнено по данным локальной сети цифровых сейсмических станций DAT и DATAMARK

производства Японии, действующих сезонно на о. Сахалин с 1995 г. Для уточнения параметров был использован метод гипоинверсий. Параллельно выполнено переопределение параметров по совместным данным локальных, региональных и глобальных сетей в ИМГиГ и СФ ГС РАН по стандартному комплексу программ MGP (магнитуда, глубина, положение эпицентра) [4], базового для СФ ГС РАН. Результаты определения координат эпицентра обоими методами совпали между собой в пределах точности локализации (рис. 2, табл. 2).

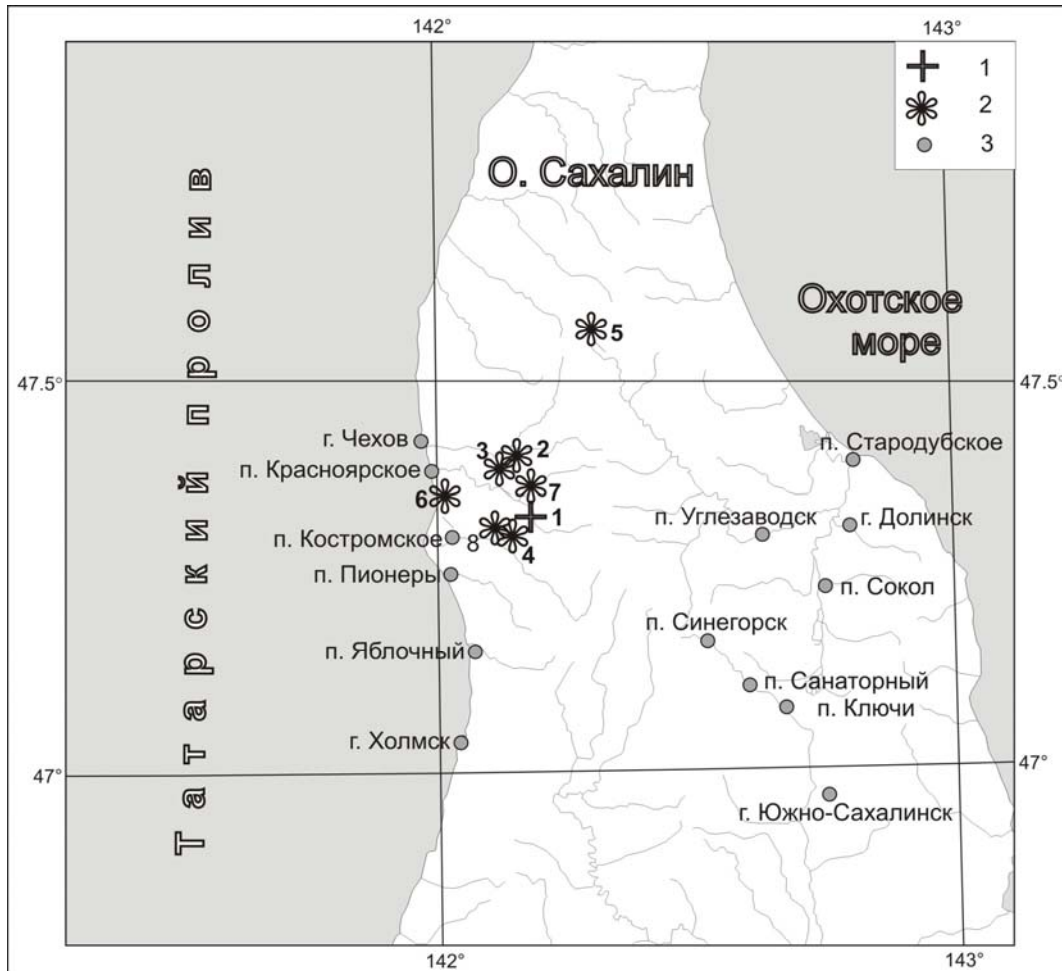


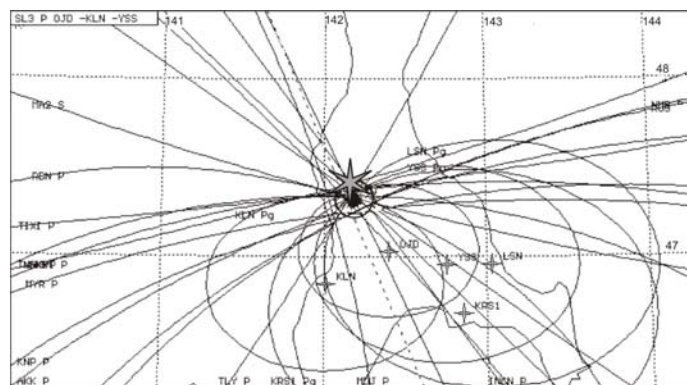
Рис. 1. Разные решения эпицентра Костромского землетрясения 2004 г.

1 – инструментальный эпицентр (1); 2 – то же, по данным (2–8) из табл. 1; 3 – населенный пункт.

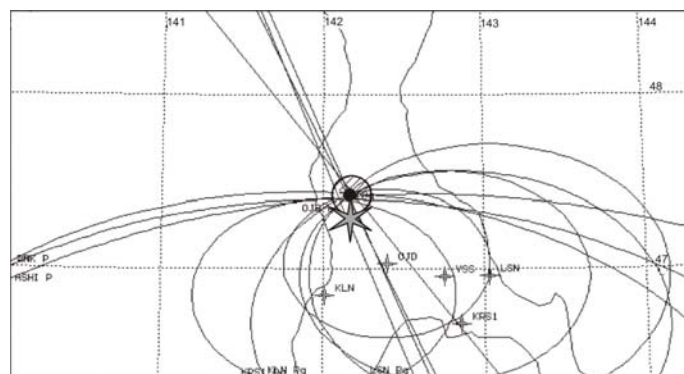
Таблица 2. Уточненные параметры основного толчка Костромского землетрясения и двух его афтершоков по стандартному комплексу программ MGP и методу гипоинверсий

Дата, д м	t_0 , ч мин с	Метод определения гипоцентра						Магнитуда	
		стандартный			гипоинверсий*			m_b	MLH
		φ°, N	λ°, E	$h, км$	φ°, N	λ°, E	$h^*, км$		
30.05	02 52 11.8	47.32	142.19	13	47.33*	142.13*	13.3*	4.7	4.8
30.05	04 51 35.9	47.32	142.18	11	47.32*	142.13*	9*		3.9
12.06	14 49 46.4	47.34	142.13	8	47.32*	142.14*	6*		2.9

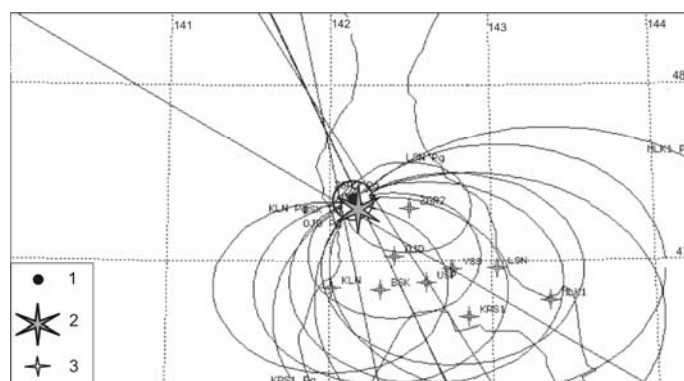
Глубина очага изучаемых землетрясений была определена по фазам pP , sP sS , отраженным вблизи эпицентра, с использованием таблиц Л.Н. Поплавской для расстояний $\Delta \approx 1-14^\circ$ [5], Н.В. Кондорской – для $\Delta \geq 15^\circ$ [6]. В табл. 3 приводятся определения глубины гипоцентра основного толчка.



30.05.2004 г.:
 $t_0=02^h52^m$,
 $h=13$ км,
 $MLH=4.8$



30.05.2004 г.:
 $t_0=04^h51^m$,
 $h=11$ км,
 $MLH=3.9$



12.06.2004 г.:
 $t_0=14^h49^m$,
 $h=8$ км,
 $MLH=2.9$

Рис. 2. Результаты определения эпицентров Костромского землетрясения 30 мая в 02^h52^m и двух его афтершоков: 30 мая в 04^h51^m и 12 июня в 14^h49^m

1 – эпицентр определен по программе MGP [4] по совокупности методов прямых волн и средних линий по трем и (или) двум станциям; 2 – эпицентр определен методом гипоинверсий; 3 – цифровая станция DAT, DATAMARK производства Японии.

Таблица 3. Определение глубины очага Костромского землетрясения 30 мая в 02^h52^m

Станция		Δ°	$t_p,$ c	$t_s,$ c	h_{pP}	h_{sP}	h_{sS}
Название	Код				($pP-P$)	($sP-P$)	($sS-S$)
Южно-Сахалинск	YSS	0.6	4.7		12		
Корсаков	KRS	0.8	3.5		10		
Rebun (Japan)	RBN	2.0	3.0	5.0	8		13
Kunneppu (Japan)	KNP	3.7	4.4	5.1	12		13
*(Japan)	RUS	3.9	5.6			13	
*(Japan)	SKB	4.1	6.5			13	
Akkeshi (Japan)	AKK	4.7	4.0		10		
			6.0			12	
Nemuro (Japan)	NMR	4.7	3.5	7.2		17	17
			6.8		9		
Moyori (Japan)	MYR	5.1	4.1		10		

Станция		Δ°	$t_p,$ с	$t_s,$ с	h_{pP} ($pP-P$)	h_{sP} ($sP-P$)	h_{sS} ($sS-S$)
Название	Код						
Mudanjiang (China)	MDJ	9.1	4.0		12		
Matsusiro (Japan)	MAJO	11.2	7.4			17	
Hidaka-cho (Japan)	HIA	15	6.4			16	
Inchon (Korea)	INCN	15	3.7		13		
Якутск	YAK	16	3.9		13	14	
			7.5			17	
Vaijatan (China)	VJT	20		6.8			17
Билибино	BILL	24		6.5			16
Тикси	TIXI	25	4.9		13		
Среднее					11	14.9	15
Среднее					13±3 км		

Примечание. Знаком * отмечены станции Хоккайдовского университета.

Среднее значение глубины гипоцентра по выделенным глубинным фазам pP , sP , sS составило $h=13\pm 3$ км.

Афтершоки после основного толчка составили значительную совокупность. В первые и в последующие сутки они были обработаны по данным четырех региональных станций («Южно-Сахалинск», «Тымовское», «Углегорск» и «Оха») и десяти автономных цифровых станций типа DAT и DATAMARK локальной сети, которая работала в рассматриваемый период времени на юге острова и позволила регистрировать в очаговой зоне без пропусков землетрясения с магнитудой $M \geq 2.5$ (рис. 3) [7, 8].

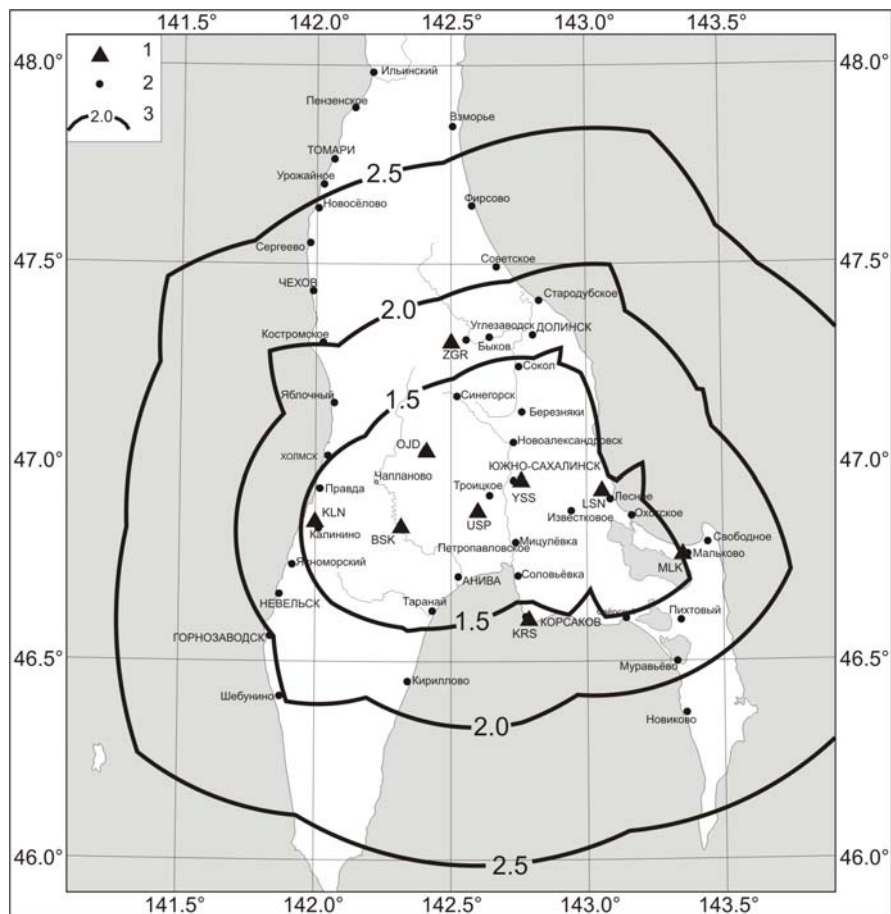


Рис. 3. Карта магнитудной представительности землетрясений на юге о. Сахалин

1 – сейсмическая станция; 2 – населенный пункт; 3 – изолиния M_{\min} .

Напомним, что исходные данные, которыми располагали авторы, – это записи цифровой аппаратурой DATAMARK с 1-Гц датчиками. Аналогов DATAMARK среди отечественной аппаратуры нет. Поэтому классификация землетрясений по их величине возможна только каким-либо пересчетом. Найденная формула пересчета к MLH имеет вид [9]:

$$M \pm 0.2 = 0.96 \lg A, mV + 2.41 \lg R(\text{км}) - 1.91.$$

С этой целью авторы построили также номограмму (рис. 4), позволяющую осуществить переход к отечественным магнитудам MLH , что разумно, т.к. позволяет сильные и более слабые афтершоки унифицировать по магнитуде [9].

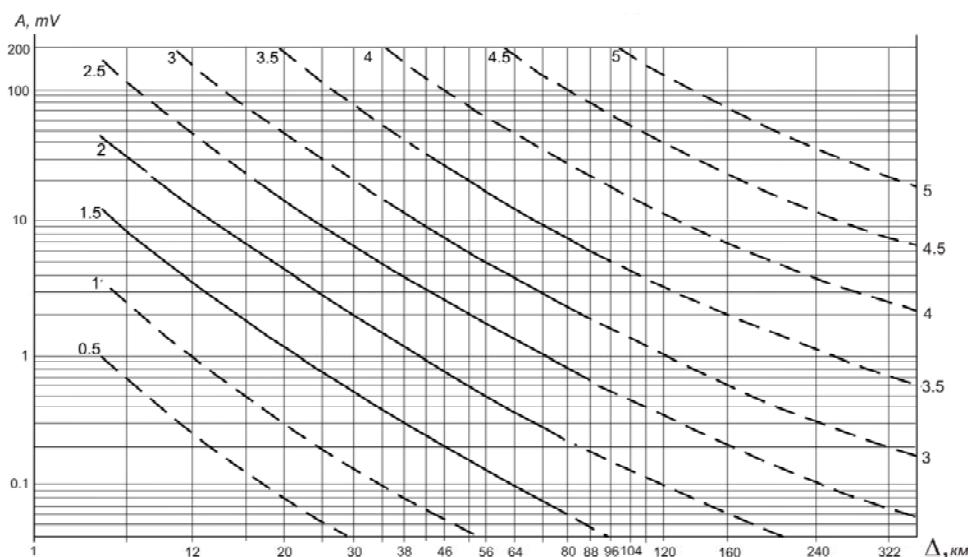


Рис. 4. Номограмма по определению магнитуд землетрясений, записанных автономными цифровыми сейсмическими станциями DATAMARK с 1-Гц датчиками [9]; A, mV – максимальная амплитуда в милливольтгах; $\Delta, км$ – эпицентральное расстояние.

Общее число афтершоков за период наблюдения с $02^{\text{h}}52^{\text{m}}$ 30 мая по 21 декабря составило 176 событий с $MLH \geq 1.3$ [8]. Карта их эпицентров приведена на рис. 5.

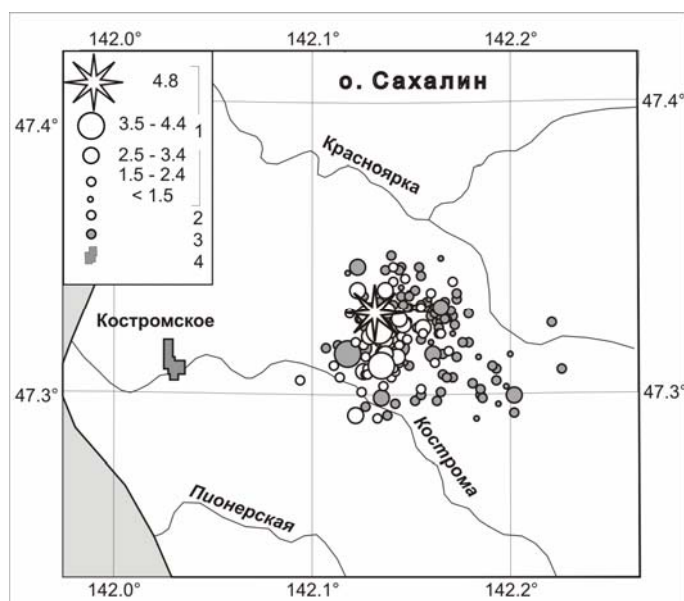


Рис. 5. Карта эпицентров афтершоков Костромского землетрясения 2004 г. с $MLH > 1.3$

1 – магнитуда MLH [9] (звездой изображен главный толчок; 2, 3 – афтершоки первых и последующих суток соответственно; 4 – населенный пункт.

Определение механизмов очагов (рис. 6) осуществлялось по методике [10], разработанной группой авторов под руководством Л.Н. Поплавской для малоинформативных систем сейсмологических наблюдений. Использовались базовые алгоритмы программы «МЕХАНИЗМ» [11]. В качестве исходной информации служили сведения о знаках первых смещений в волнах P_n, P^*, P_g, P, pP . Для уточнения полученного решения привлекались знаки первых движений в волнах S, S_n, S^*, S_g (рис. 6, табл. 4).

30.05.2004 г. $t_0=02^h52^m, h=13 \text{ км}, MLH=4.8$

30.05.2004 г. $t_0=04^h51^m, h=11 \text{ км}, MLH=3.9$

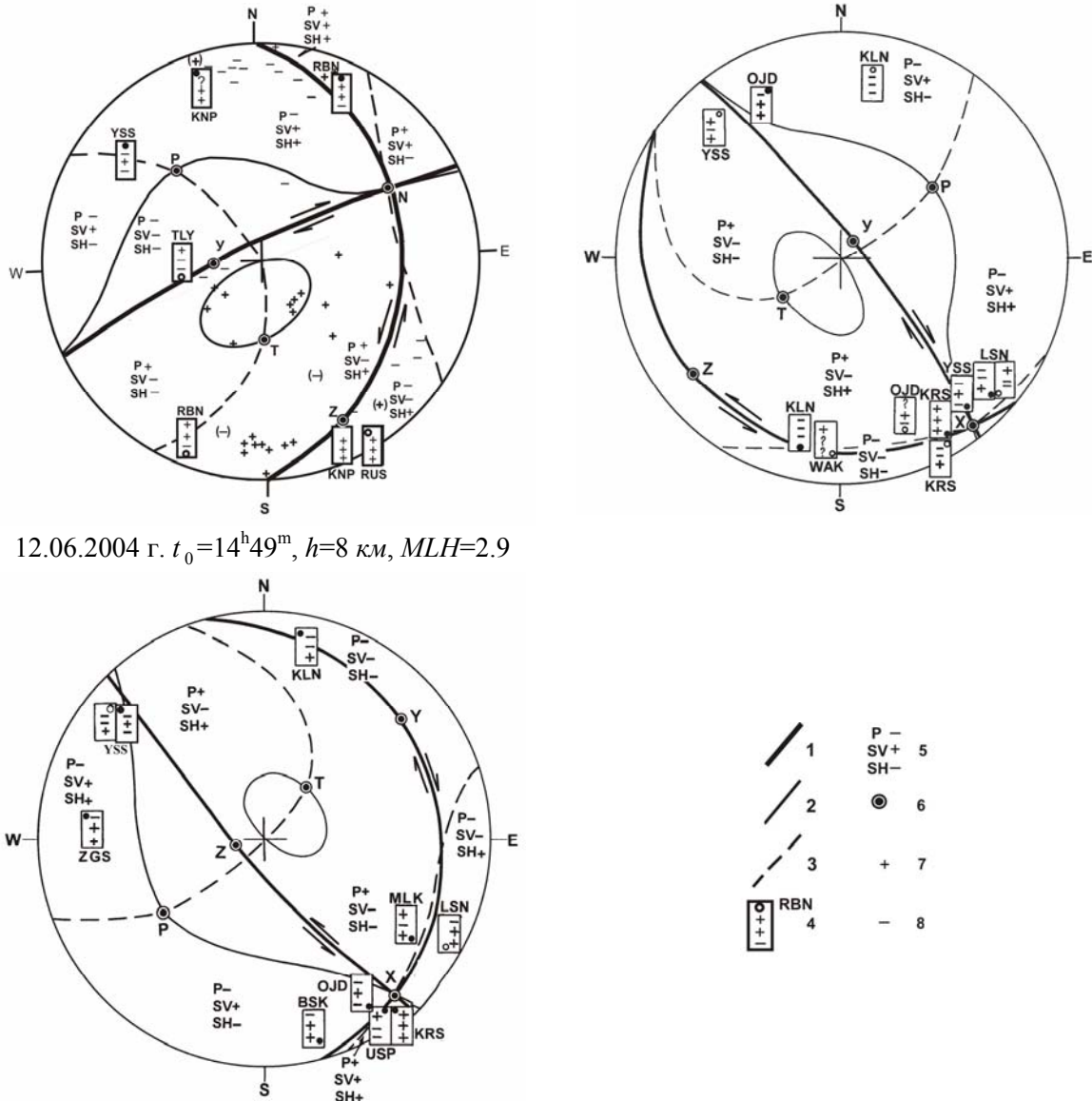


Рис. 6. Стереограммы механизмов очагов Костромского землетрясения 30 мая в 02^h52^m и двух его афтершоков: 30 мая в 04^h51^m и 12 июня в 14^h49^m (верхняя полусфера)

1–3 – нодальные линии $P=0, SV=0, SH=0$ соответственно; 4–5 – знаки первых смещений в $P-, SV-, SH$ -волнах: 4 – экспериментальные данные (пустой кружок соответствует волне, распространяющейся от очага вниз, зачерненный – волне, распространяющейся от очага вверх); 5 – теоретические данные; 6 – оси P, T, X, Y, Z (верхняя полусфера); 7, 8 – знаки первых движений в P -волне.

Землетрясение 30 мая в 02^h52^m произошло под действием преобладающих напряжений сжатия, ориентированных в юго-восточном направлении (табл. 4). Ось промежуточного напряжения близгоризонтальна и ориентирована диагонально островным структурам. Одна из нодальных плоскостей разрыва (NPI) имеет северо-восточное простирание и крутое падение на

юго-восток (правосторонний сдвиг). При этом юго-восточное крыло разрыва поднялось и сдвинулось на юго-запад. Вторая возможная плоскость разрыва ($NP2$) имеет юго-восточное простирание и падает довольно полого к горизонту на запад. В результате западное крыло разрыва поднялось и сдвинулось на юг. Сейсмодислокация в очаге главного толчка типа взброс. Левосторонняя подвижка вдоль плоскости $NP2$.

Таблица 4. Параметры механизмов очагов Костромского землетрясения 30.05.2004 г. и двух афтершоков

№	Дата, д м ч	t_0 , мин с	Эпицентр		h , км	MLH	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости				Сейсмодислокации		
			φ°, N	λ°, E			T		N		P		$NP1$		$NP2$				
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK		DP	$SLIP$
1	30.05	02 52 11.8	47.32	142.19	13	4.8	50	3	22	243	31	139	67	80	113	181	25	25	взброс
					± 2	± 0.3													
2	30.05	04 51 35.9	47.42	142.18	11	3.9	55	58	04	322	35	229	143	80	94	300	11	67	пологий надвиг
					± 2	± 0.2													
3	12.06	14 49 46.4	47.34	142.13	7	2.9	57	218	07	320	32	54	170	15	121	318	77	82	пологий надвиг
					± 2	± 0.2													

Примечание. Классификация по типу механизма очага (сейсмодислокаций): сдвиги – $PLN \geq 45^\circ$; взбросы и сбросы – $PLN < 45^\circ$, $DP1 > 20^\circ$, $DP2 < 70^\circ$; поддвиги и пологие надвиги – $PLN < 45^\circ$; $DP1 \geq 70^\circ$, $DP2 \leq 20^\circ$. Здесь PLN , $DP1$, $DP2$ – углы с горизонтом оси промежуточного напряжения и нодальных плоскостей соответственно.

Таблица 4 (продолжение). Информация о достоверности определения механизмов очагов Костромского землетрясения 30.05.2004 г. и двух его афтершоков

№	Использованы знаки								Рассеяние			Число решений	
	Всего				Не согласованы				ЭВМ- решения			с LN max	согласованы с SV, SH
	P		S		P		S		T	N	P		
	+	-	+	-	+	-	+	-					
1	49	61	20	10	11	4	6	3	13	13	9	4	2
2	4	6	20	10	1	0	2	0	26	43	40	5	1
3	5	8	19	11	0	0	1	0	8	4	8	7	1

В очаге афтершока 30 мая в $04^h 51^m$ преобладали близгоризонтальные напряжения сжатия, ориентированные на юго-запад, и более крутые растягивающие напряжения северо-восточного простирания. Промежуточное напряжение направлено под небольшим углом к горизонту. Одна из нодальных плоскостей ($NP1$) имеет юго-восточное простирание и крутое падение на юго-запад. При этом юго-западное крыло разрыва поднялось и сдвинулось на северо-запад (правосторонний сдвиг). Альтернативная плоскость разрыва ($NP2$) имеет северо-западное простирание с падением под небольшим углом на северо-восток. Северо-восточное крыло разрыва поднялось и сдвинулось на северо-запад (правосторонний сдвиг). В очаге, таким образом, наблюдалась сейсмодислокация типа пологого надвига.

Очаг афтершока 12 июня в $14^h 49^m$ реализовался под воздействием преобладающих напряжений сжатия северо-восточного простирания и более крутых растягивающих напряжений юго-западного простирания. Одна из возможных плоскостей разрыва ($NP1$) имеет северо-западное простирание с крутым падением на северо-восток. Восточное крыло разрыва поднялось и сдвинулось на север-северо-запад (левосторонний сдвиг). Вторая возможная плоскость разрыва ($NP2$) имеет юго-восточное простирание с пологим падением на юго-запад (правосторонний сдвиг). В случае этой плоскости западное крыло разрыва поднялось и сдвинулось также на северо-запад. Сейсмодислокация в очаге – пологий надвиг.

Макросейсмическое обследование территории южного Сахалина в первые дни после землетрясения было проведено силами СФ ГС РАН. Результаты обследования представлены в табл. 5.

Таблица 5. Макросейсмические данные о землетрясении 30 мая 2004 г. в 02^h52^m с $MLH=4.8$

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>5–6 баллов</u>		38	Черемшанка	64
1	Костромское	8	39	Придорожное	71
2	Пионеры	11	40	Огоньки	74
	<u>5 баллов</u>		41	Таранай	81
3	Красноярское	13		<u>2–3 балла</u>	
4	Чехов	17	42	Чистоводное	38
5	Яблочный	19	43	Санаторный	43
	<u>4–5 баллов</u>		44	Сокол	47
6	Садовники	16	45	Такое	47
7	Байково	20	46	Ключи	49
8	Антоново	22	47	Долинск	50
9	Симаково	24	48	Стародубское	53
10	Загорское	26	49	Елочки	54
	<u>4 балла</u>		50	Новоалександровск	54
11	Быков	33	51	Луговое	55
12	Холмск	33	52	Дудино	56
13	Пятиречье	36	53	Неводское	56
14	Новоселово	37	54	Высокое	58
15	Углезаводск	37	55	Троицкое	58
16	Чапаново	41	56	Новотроицкое	62
	<u>3–4 балла</u>		57	Успенское	62
17	Синегорск	34	58	Взморье	64
18	Поляково	35	59	Петропавловское	67
19	Сосновка	40	60	Воскресенское	69
20	Покровка	42	61	Ловецкое	71
21	Советское	42	62	Ильинский	73
22	Правда	44	63	Анива	74
23	Бамбучки	44	64	Зеленодольск	74
24	Зырянское	48	65	Ватутино	90
25	Томари	49		<u>2 балла</u>	
26	Калинино	52	66	Березняки	52
27	Заветы Ильича	62	67	Новая деревня	53
28	Ясноморский	67	68	Дальнее	55
29	Лопатино	85	69	Лиственичное	70
30	Заречье	87	70	Соловьевка	80
31	Горнозаводск	87	71	Третья Падь	83
	<u>3 балла</u>		72	Первая Падь	84
32	Октябрьское	43	73	Корсаков	91
33	Фирсово	49		<u>1–2 балла</u>	
34	Пожарское	51	74	Мицулевка	65
35	Колхозное	61	75	Хомутово	67
36	Южно-Сахалинск	62	76	Тамбовское	78
37	Пензенское	63	77	Дачное	78

Землетрясение ощущалось жителями 77 населенных пунктов юга Сахалина, включая областной центр. Максимум макросейсмического воздействия пришелся на поселки Костромское и Пионеры, где интенсивность сотрясений достигала $I=5-6$ баллов. Наблюдались сильные сотрясения зданий, падение предметов и движение мебели, трещины в штукатурке, массовые разрушения печных труб.

В результате аппроксимации зависимости зарегистрированного макросейсмического балла от расстояния получено уравнение макросейсмического поля для Костромского землетрясения:

$$I = 9 - 3.52 \lg r,$$

где I – макросейсмическая интенсивность, r – гипоцентрального расстояние.

Так же, согласно формуле Н.В. Шебалина [12, 13], были рассчитаны и построены теоретические изосейсты (рис. 7), хорошо отражающие реальное затухание макросейсмической интенсивности.

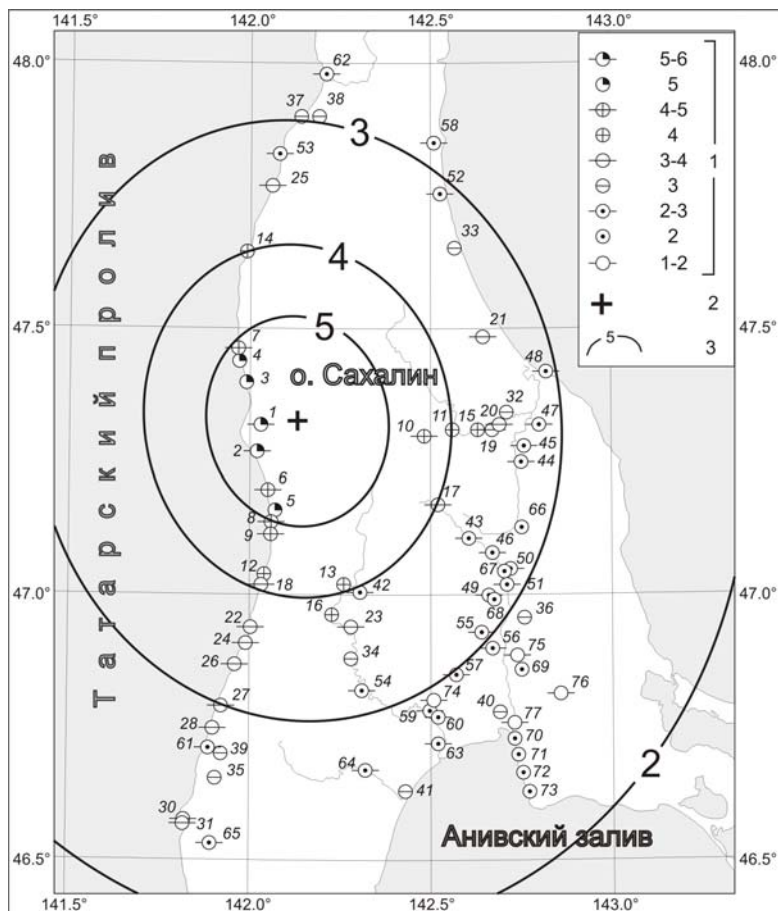


Рис. 7. Карта изосейст Костромского землетрясения 30 мая в 02^h52^m с $MLH=4.8$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64 [14]; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – изосейста.

Стоит отметить несколько завышенную интенсивность сотрясений вдоль западного побережья острова, особенно к югу от эпицентра. При этом в населенных пунктах центральной части южного Сахалина наблюдаемая интенсивность несколько ниже расчетной. Возможно, это является следствием экранирующего действия зоны Центрально-Сахалинского разлома, проходящего вдоль восточных склонов Западно-Сахалинских гор.

По историческим данным, землетрясения в рассматриваемом районе происходили и ранее [15, 16]. Недавно исторические землетрясения были пересмотрены и составлен измененный каталог [17]. Так, в конце 1923 г.– начале 1924 г. рой из пяти ощутимых землетрясений с $M=3.75-4.5$ был зарегистрирован в районе пос. Синегорск [17]. Первое из них отмечено 08.01.1924 г. (табл. 6, рис. 8). Второе землетрясение произошло 13.03.1938 г. и ощущалось с интенсивностью $I=5-6$ баллов в пос. Загорское [17]. 27.02.1969 г. в 50 км северо-восточнее г. Холмск на глубине $h=20$ км зарегистрировано землетрясение с $M=4.5$. По интенсивности это землетрясение должно было бы ощущаться населением, однако никаких сведений об этом не поступало [17]. 2 августа 1999 г. в 00^h22^m произошло землетрясение на глубине $h=14$ км с $MLH=4.9$, которое ощущалось в пос. Синегорск ($\Delta=14$ км) с интенсивностью 5–6 баллов [18].

Точность определения эпицентров в 1924–1969 гг. была невелика: $\delta\varphi=0.5-0.2^\circ$, $\delta\lambda=0.5-0.2^\circ$. Глубина очага является, скорее всего, фиксированной. Лишь с открытием временных локальных сетей цифровых станций DATAMARK и DAT японского производства увеличилась точность определения основных параметров землетрясений до $\delta\varphi=0.02^\circ$ и $\delta\lambda=0.04^\circ$. Глубина очага определялась по фазам, отраженным вблизи эпицентра [5, 6].

Таблица 6. Параметры исторических землетрясений за период 1924–1999 гг. в районе эпицентра Костромского землетрясения 30 мая 2004 г. с $MLH=4.8$

№	Дата, д м год	t_0 , ч мин с $\pm\delta t_0$	Эпицентр		h , км $\pm\delta h$	K_C	M $\pm\delta M$	I_0 , баллы $\pm\delta I_0$	Примечания	Источ- ник
			φ°, N $\pm\delta\varphi^\circ$	λ°, E $\pm\delta\lambda^\circ$						
1	08.01.1924	13 48 47 ± 10 с	47.3 ± 0.5	142.4 ± 0.5	(15) 7–30		4.5 MLH ± 0.7	(5.4)*	$M_w=5.1^*$	[16, 17]
2	13.03.1938	20 50 ± 1 с	47.3 ± 0.2	142.3 ± 0.2	(10) 5–20		4.0 MLH ± 0.7	(5–6) ± 0.5 (5.4)*	$M_w=4.7^*$	[16, 17]
3	27.02.1969	20 54 41 5 с	47.4 ± 0.2	142.4 ± 0.2	(20) ± 20		4.5 MLH ± 0.5	(4.9)*	$M_w=5.1^*$	[16, 17]
4	02.08.1999	00 22 13.3	47.17 ± 0.02	100.0 ± 0.04	6 ± 1	7.7	4.9 MLH	(7.8)*	$M_w=5.3^*$	[19]

Примечание. Знаком * отмечены новые параметры из [17] относительно «Нового каталога ...» [16].

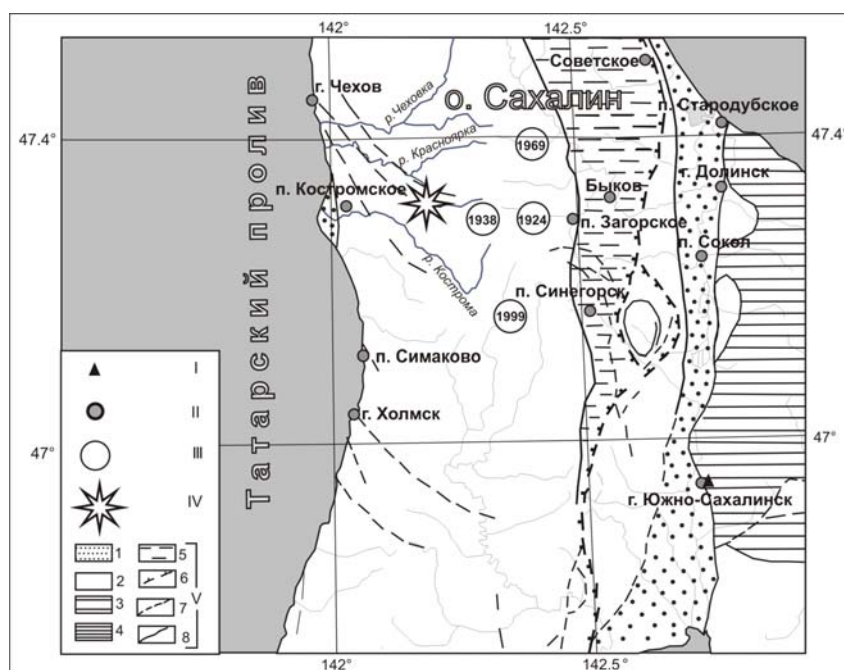


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений в очаговой зоне Костромского землетрясения и прилегающих районах за 1924–2004 гг.

I – сейсмическая станция; II – населенный пункт; III – эпицентры землетрясений; IV – эпицентр Костромского землетрясения 30.05.2004 г.; V – структурно-тектонический план (по О.А. Мельникову [20]): 1, 2 – геологические надформации: 1 – седиментитовая четвертичная; 2 – литолитовая палеоген-неогеновая; 3–5 – геологические мегаформации метаморфитовой палеозой-мезозойской надформации: 3 – метаморфитовая (сланцевая) палеозой-мезозойская; 4 – металитовая (известняк–яшма–вулканит–глинисто сланцевая) палеозой-мезозойская; 5 – метаобломочно-литолитовая меловая; 6, 7 – наиболее существенные дизъюнктивные дислокации (разрывы или разломы) разных модификаций: 6 – главный сместитель Тымь-Поронайского (Центрально-Сахалинского) взбросо-надвига; 7 – прочие, более мелкие разрывы; 8 – границы надформаций и мегаформаций.

Рассматривая положение всех эпицентров, время возникновения и точность определения основных параметров землетрясений (рис. 8, табл. 6), достаточно сложно говорить о направлении миграции сильных землетрясений рассматриваемого района, тем не менее особый интерес представляет тот факт, что Костромское землетрясение 2004 г. локализовано значительно западнее всех предыдущих событий. Все эпицентры землетрясений расположены в районе Южно-Камышового хребта, относящегося к Западно-Сахалинским горам (рис. 7). Рассматриваемый район сложен палеоген-неогеновыми породами, нарушенными многочисленными разломами юго-восточного простирания, прослеженными от западного побережья вглубь острова, как правило, лишь на первые десятки километров [20].

Л и т е р а т у р а

1. Паршина И.А. (отв. сост.), Малащенко Ю.А. Каталог землетрясений Сахалина за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2004 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2004–2005.
3. Bulletin of the International Seismological Centre for 2004. – Berkshire: ISC, 2006–2007.
4. Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Кузнецова В.Н. и др. Принципы формирования и состав алгоритмического обеспечения регионального центра обработки сейсмологических наблюдений (на примере Дальнего Востока) (Методические работы ЕССН) // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. – М.: Наука, 1989. – С. 32–51.
5. Поплавский А.А., Куликов Е.А., Поплавская Л.Н. Методы и алгоритмы автоматизированного прогноза цунами. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
6. Сейсмологические таблицы. – М.: ИФЗ АН СССР, 1962. – С. 75–80.
7. Сафонов Д.А. Динамика сейсмичности Южного Сахалина на основе современных инструментальных и макросейсмических данных: автореф. канд. физ.-мат. наук. – Южно-Сахалинск, 2008. – 24 с.
8. Паршина И.А., Ким Чун Ун, Сен Рак Се, Михайлов В.М., Урбан Н.А. (сост.). Каталог афтершоков с $MLH \geq 1.4$, сопровождавших Костромское землетрясение 30 мая 2004 г. с $MLH = 4.8$. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. Ким Чун Ун, Сен Рак Се. Результаты сейсмических исследований в окрестности Южно-Сахалинска с использованием цифровой сейсмической станции DATAMARK // Очаги сильных землетрясений Дальнего Востока. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; т. V). – Южно-Сахалинск: 1997. – С. 163–175.
10. 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.
11. 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.
12. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. – М.: Наука, 1974. – 54 с.
13. Шебалин Н.В. Проблемы макросеймики (Вычислительная сейсмология; Вып. 34). – М.: Геос, 2003. – 233 с.
14. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
15. Соловьёв С.Л., Оскорбин Л.С., Ферчев М.Д. Землетрясения на Сахалине. – М.: Наука, 1967. – 179 с.
16. Оскорбин Л.С., Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. VIII. Сахалин [1906–1974 гг.; $M \geq 4.5$; $I_0 \geq 5$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 358–373.
17. Поплавская Л.Н., Ивашенко А.И., Оскорбин Л.С., Нагорных Т.В., Пермикин Ю.Ю., Поплавский А.А., Фокина Т.А., Ким Чун Ун, Краева Н.В., Рудик М.И., Сафонов Д.А., Дорошкевич Е.Н., Паршина И.А., Жердева О.А. Региональный каталог землетрясений острова Сахалин. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2006. – 104 с.
18. 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.
19. Паршина И.А. Фокина Т.А. (отв. сост.). Сахалин // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. (На CD).
20. Мельников О.А. Структура и геодинамика Хоккайдо-Сахалинской складчатой области. – М.: Наука, 1987. – 95 с.