

ПРИАМУРЬЕ И ПРИМОРЬЕ**Н.С. Коваленко, Т.А. Фокина, Д.А. Сафонов***Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск, fokina@seismo.sakhalin.ru*

В 2006 г. непрерывная регистрация землетрясений на территории Приамурья и Приморья продолжала осуществляться сетью из восьми аналоговых станций: «Николаевск-на-Амуре», «Бомнак», «Кировский», «Ясный», «Зея», «Горный», «Экимчан», «Герней». Данные о станциях и параметры аппаратуры приведены в табл. 1.

Таблица 1. Аналоговые сейсмические станции Приамурья и Приморья (в хронологии их открытия), работавшие в 2006 г., и их параметры

№	Станция		Дата открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код		φ°, N	λ°, E	$h, м$	Тип прибора	КомпONENTА	$V_{max}/$ чувствительность	$\Delta T_{max}, c$	
межд.		рег.									
1	Николаевск-на-Амуре	NKL	НКЛ	01.07.1970	53.15	140.68	15	СКМ-3	N, E, Z	60000	0.27–0.65
									N, E, Z	29000	0.28–0.64
									N, E, Z	11500	0.27–0.63
								СКД	N, E, Z	1043	0.2–20
									N, E, Z	500	0.15–17
									N, E, Z	200	0.15–15
									N, E, Z	100	0.016–4.58
								Велосиграф	N, E, Z	27.2 c	0.047–4.58
									C-5-C		
								ССРЗ-М	N	0.00215 c ²	0.06–1.0
									E	0.00201 c ²	0.06–1.0
Z	0.00220 c ²	0.06–1.0									
ОСП-2М	N, E, Z	0.04 c ²	0.02–2.1								
2	Бомнак	BMKR	БМН	01.11.1974	54.71	128.85	342	СКМ-3	E, Z	281000	0.50–0.66
									E, Z	98940	0.40–0.67
									N	67670	0.37–0.67
								Велосиграф	N	26140	0.35–0.66
									N, E, Z	27.2 c	0.014–4.6
								C-5-C	N, E, Z	2.72 c	0.014–4.6
									N, Z	0.03 c ²	0.02–3.0
								ОСП-2М	E	0.03 c ²	0.02–2.0
									N	0.00208 c ²	0.067–11.0
								ССРЗ-М	E	0.00203 c ²	0.064–11.0
									Z	0.00209 c ²	0.052–10.9
3	Кировский	KROS	КРС	01.04.1974	54.433	126.971	455	СКМ-3	N, E, Z	158200	0.45–0.72
									N, E, Z	67450	0.37–0.72
								Велосиграф	N, E, Z	27.2 c	0.014–4.6
									C-5-C		
								ОСП-2М	N, E, Z	2.72 c	0.014–4.6
									N	0.03 c ²	0.019–3.3
E	0.03 c ²	0.019–2.9									
Z	0.03 c ²	0.019–3.5									
4	Ясный	YASR	ЯСН	01.12.1974	53.29	127.98	330	СКМ-3	N, E, Z	160000	0.45–0.67
									N, E, Z	67920	0.37–0.67

№	Станция		Дата открытия	Координаты			Аппаратура					
	Название	Код		φ°, N	λ°, E	$h, м$	Тип прибора	КомпONENTА	$V_{max}/$ чувствительность	$\Delta T_{max}, c$		
межд.		рег.										
5	Зея*	ZEA	ЗЕЯ	01.06.1976	53.76	127.30	273	СКМ-3	Z	20700	0.3–0.8	
									N, E, Z	10300	0.3–0.7	
									N, E	5150	0.3–0.7	
									СКД	N, E, Z	1040	0.2–18
										N, E, Z	500	0.2–18
									Велосиграф C-5-C	N, E, Z	27.2 c	0.014–4.6
										N, E, Z	2.72 c	0.014–4.6
									ОСП-2М	N	0.05 c ²	0.02–2.3
										E	0.05 c ²	0.02–2.1
									P33 СБМ	Z	0.05 c ²	0.02–3.4
N, E, Z	50.1	0.2–18.0										
6	Горный	GRNR	ГРН	01.12.1978	50.769	136.422	450	СКМ-3	N, E, Z	87360	0.28–0.64	
									N, E, Z	52940	0.25–0.63	
									N, E, Z	26135	0.24–0.61	
									Велосиграф C-5-C	N, E, Z	27.5 c	0.05–4.59
										N, E, Z	2.75 c	0.05–4.59
									ОСП-2М	N	0.04 c ²	0.02–1.92
										E	0.04 c ²	0.02–1.84
									ССРЗ-М	Z	0.04 c ²	0.019–2.6
										N	0.0029 c ²	0.067–11.0
										E	0.0029 c ²	0.066–11.0
Z	0.0029 c ²	0.061–11.0										
7	Экимчан	EKMR	ЭКМ	01.12.1979	53.072	132.95	543	СКМ-3	N, E, Z	131600	0.37–0.67	
									N, E, Z	59025	0.29–0.65	
									Велосиграф C-5-C	N, E, Z	27.2 c	0.085–4.6
										N, E, Z	2.72 c	0.014–4.6
									ОСП-2М	N, E	0.04 c ²	0.02–1.1
Z	0.04 c ²	0.02–2.0										
8	Терней	TEY	ТРН	01.02.1982	45.036	136.603	50	СКМ-3	N, E, Z	60700	0.3–0.6	
									N, E, Z	28900	0.28–0.6	
									N, E, Z	11500	0.27–0.6	
									СКД	N, E, Z	1043	0.2–20
										N, E, Z	501	0.15–17
									Велосиграф C-5-C	N, E, Z	200	0.15–15
										N, E, Z	27.2 c	0.045–4.5
									ОСП-2М	N, E, Z	2.72 c	0.045–4.5
										N, E, Z	0.04 c ²	0.02–2.6

Примечание. Знаком * отмечена опорная станция; сейсмографы C-5-C и P33, велосиграфы C-5-C и акселерографы ОСП-2М и ССРЗ-М, а также сейсмометры балльности СБМ работают в ждущем режиме регистрации.

В рамках научного сотрудничества между сообществом университетов Японии и ГС РАН по проекту «Исследование сейсмоструктуры Охотоморской плиты» расширилась сеть цифровых сейсмических станций на базе регистраторов Datamark LS-7000XT с короткопериодными сейсмометрами L4C-3D и длиннопериодными – STS-2. В мае 2006 г. возобновили свою работу цифровые станции «Хабаровск», «Горный», «Терней», установленные в августе–сентябре 2005 г. [1] и закрытые в ноябре–декабре того же года. В июле–августе 2006 г. подобные регистраторы были установлены еще на двух сейсмических станциях: «Зея» и «Горнотаежное» (табл. 2).

Таблица 2. Цифровые сейсмические станции Приморья и Приамурья в 2006 г.

№	Станция			Дата пуска	Координаты			Тип станции
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h, m	
		межд.	рег.					
1	Хабаровск	KNBR		17.05.2006	48.474	135.056	81	Datamark LS-7000XT
2	Горный	GRNR	ГРН	12.05.2006	50.769	136.422	450	Datamark LS-7000XT
3	Терней	TEY	ТРН	10.05.2006	45.036	136.603	50	Datamark LS-7000XT
4	Зея	ZEA	ЗЕЯ	29.07.2006	53.757	127.290	273	Datamark LS-7000XT
5	Горнотаежное	GRTR	ГРТ	23.08.2006	43.707	132.156	263	Datamark LS-7000XT

Данные о параметрах цифровых сейсмических станций на территории Приамурья и Приморья в 2006 г. приведены в табл. 3.

Таблица 3. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2006 г.

Название станции	Тип датчика	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосигграф – отчет/(м/с)
Хабаровск	L4C-3D	LH (N, E, Z) v	1.0–20	100	24	$2.57 \cdot 10^7$
	STS-2	BH (N, E, Z) v	0.00833–50	100	24	$1.96 \cdot 10^8$
Горный	L4C-3D	LH (N, E, Z) v	1.0–20	100	24	$2.57 \cdot 10^7$
	STS-2	BH (N, E, Z) v	0.00833–50	100	24	$1.96 \cdot 10^8$
Терней	L4C-3D	LH (N, E, Z) v	1.0–20	100	24	$2.57 \cdot 10^7$
	STS-2	BH (N, E, Z) v	0.00833–50	100	24	$1.96 \cdot 10^8$
Зея	L4C-3D	LH (N, E, Z) v	1.0–20	100	24	$2.57 \cdot 10^7$
	STS-2	BH (N, E, Z) v	0.00833–50	100	24	$1.96 \cdot 10^8$
Горнотаежное	L4C-3D	LH (N, E, Z) v	1.0–20	100	24	$2.57 \cdot 10^7$
	STS-2	BH (N, E, Z) v	0.00833–50	100	24	$1.96 \cdot 10^8$

К сожалению, эти станции не были оснащены удовлетворительными программами обработки сигнала. Можно было использовать лишь японскую программу визуализации для выделения вступлений сейсмических волн. Записи на всех станциях имели достаточно большой фон помех и выделить слабые вступления землетрясений на их фоне было невозможно без использования фильтров. В результате в 2006 г. записи цифровых станций Datamark использовались лишь для обработки более сильных ($K_p \geq 8.6$) землетрясений, улучшив надежность определения их эпицентров, но не внося существенных изменений в снижение энергетической представительности землетрясений K_{min} в регионе.

Расположение сейсмических станций показано на рис. 1. В сводной обработке также были использованы данные сейсмических сетей Сахалина [2], Курильских островов [3], бюллетени Прибайкалья, Якутии, ГС РАН [4], JMA, NEIC, ISC [5]. Методика обработки данных [6–12], границы региона и сейсмоактивных районов [13], по сравнению с таковыми в 2005 г. [1], не изменились.

Карта энергетической представительности K_{min} , рассчитанная с учетом конфигурации сети сейсмических станций, изображена на рис. 1. Из нее следует, что на значительной территории Приморья и Приамурья представительными являются землетрясения с $K_{min}=9$, но в южной его части без пропусков могут регистрироваться лишь события с $K_{min} \geq 10$. В 2006 г. по причине остановки станции «Ясный» с третьей декады июня по конец июля, а также ремонта станции «Бомнак» в течение первой декады августа представительный класс в районе Зейского водохранилища возрос до $K_{min}=7$. Сейсмические станции «Кировский», «Ясный», «Бомнак» являются самыми высокоинформативными в регионе, и если одна из них не работает, то представительность класс в районе водохранилища ухудшается на порядок.

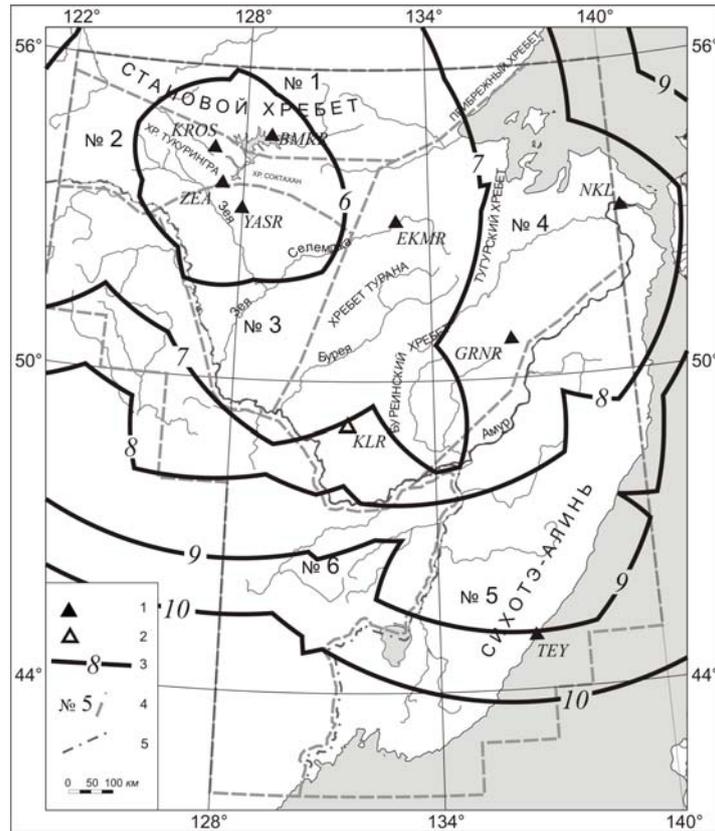


Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений K_{min} Приморья и Приамурья в 2006 г.

1, 2 – сейсмическая станция региональная и ГС РАН соответственно; 3 – изолиния K_{min} ; 4 – номер и граница района; 5 – государственная граница.

В региональный каталог [14] включены основные параметры 587 сейсмических событий, из них 374 являются коровыми землетрясениями ($h \leq 30$ км), 6 – глубоководными ($h = 335\text{--}576$ км), а 207 событий отнесены к категории «возможно взрыв». На рис. 2 представлено ежемесячное распределение сейсмических событий, зарегистрированных в регионе в 2006 г. Отдельно даны распределения взрывов и землетрясений во времени. Согласно рис. 2, наибольшее число ($N=42$) землетрясений зарегистрировано в марте, наименьшее ($N=13$) – в июле, что напрямую связано с отсутствием регистрации на станции «Ясный» в течение всего июля.

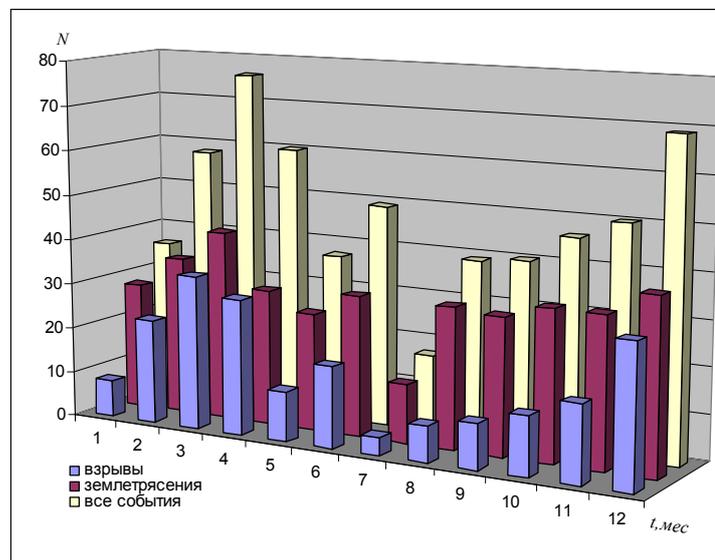


Рис. 2. Распределение ежемесячных чисел взрывов, землетрясений и всех сейсмических событий Приморья и Приамурья в 2006 г.

Карта эпицентров землетрясений дана на рис. 3, где лишь десять землетрясений находятся вне зоны ответственности сети СФ ГС РАН. Самое сильное ($K_r=11.9$) коровое землетрясение 2006 г. (4 на рис. 3) произошло в Становом районе 17 октября в 12^h56^m на глубине $h=9$ км. Среди глубоководных наиболее значительным ($MPVA=4.7$) явилось землетрясение (3), произошедшее 9 октября в 19^h46^m в Сихотэ-Алинском районе на глубине $h=335$ км. Максимальная глубина $h=576$ км отмечена для земле-

трясения 26 июля в 20^h51^m с $MSHA=4.5$. Для трех землетрясений имеются макросейсмические данные по одному населенному пункту: 19 августа в 13^h14^m с $K_p=10.1$ – Кульдур (29 км) 3 балла; 3 сентября в 02^h06^m с $K_p=8.6$ – Токур (14 км) 3 балла; 17 октября в 12^h56^m с $K_p=11.9$ – Юктали (215 км) 2 балла [14]. Следовательно, максимальная интенсивность сотрясений в 2006 г. не превышала $I=3$ баллов. Для двух глубокофокусных землетрясений (3 марта в 15^h39^m с $h=347$ км, $MSHA=4.6$; 9 октября в 19^h46^m с $h=335$ км, $MSHA=5.1$) определены механизмы очагов [15]. Еще один механизм добавлен *ред.* [16] для глубокого землетрясения 12 сентября в 06^h39^m с $h=418$ км, $MSHA=4.7$ [14] (по данным из [5], с $M_w=4.5$).

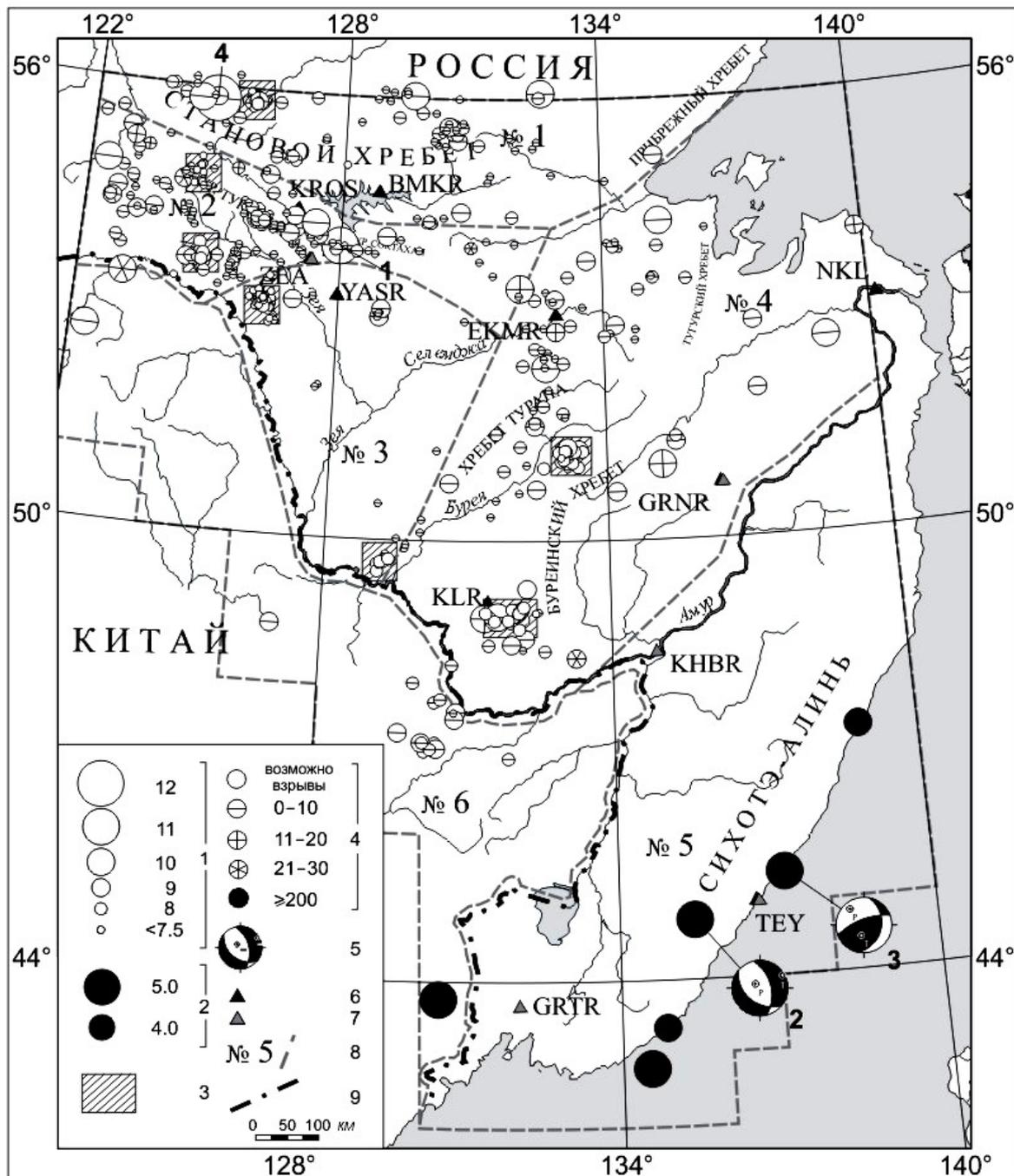


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Приамурья и Приморья в 2006 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – магнитуда $MPVA$; 3 – площадка промышленных взрывов; 4 – глубина h гипоцентра, км; 5 – стереограмма механизма очага, нижняя полусфера, зачернена область волн сжатия; 6, 7 – аналоговая и цифровая сейсмическая станция соответственно; 8 – номер и граница условного района; 9 – государственная граница.

В течение 2006 г. продолжалась работа по распознаванию записей промышленных взрывов по методике [17]. Число основных площадок проведения взрывных работ увеличилось до семи (рис. 4). Возможно, это связано с началом промышленного освоения территории Амурской области, по которой прокладывается трубопроводная система «Восточная Сибирь–Тихий океан». Увеличивается и число карьеров для выработки полезных ископаемых. Как указано выше, в 2006 г. суммарное число взрывов равно $N=207$ (в 2005 г. $N=203$ [1]), их энергетический диапазон составил $K_p=5.7-9.0$. Наибольшее число ($N=34$) взрывов зарегистрировано в марте, наименьшее ($N=4$) – в июле (рис. 2). Суммарная сейсмическая энергия всех событий каталога [14] с индексом «возможно взрыв» равна $\Sigma E_{\text{взр}}=0.016 \cdot 10^{12}$ Дж, что составляет менее 4% годовой суммарной сейсмической энергии коровых землетрясений.

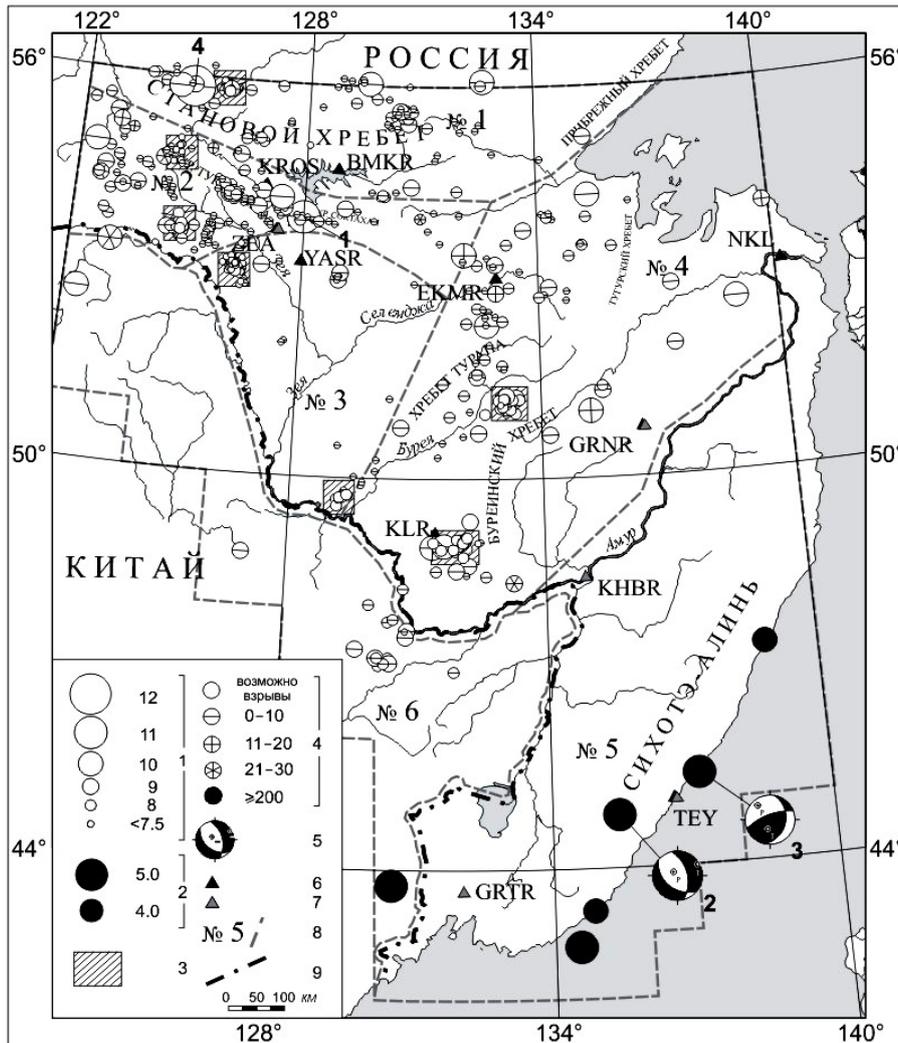


Рис. 4. Площадки взрывных работ и эпицентры взрывов на территории региона в 2006 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – магнитуда $MPVA$; 3 – площадка промышленных взрывов; 4 – знак взрыва и глубины гипоцентров соответственно; 5 – стереограмма механизма очага в проекции нижней полусферы; 6, 7 – аналоговая и цифровая сейсмическая станция соответственно; 8 – номер и граница условного района; 9 – государственная граница.

В табл. 4 приведено распределение коровых землетрясений по энергетическому классу K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по данным каталогов Приморья и Приамурья за 2000–2006 гг., а на рис. 5 показано изменение ежегодных чисел коровых землетрясений и количества сейсмической энергии в течение 2000–2006 гг. Сравнение значений N_{Σ} и ΣE за 2000–2006 гг. проводится для землетрясений с $K_p \geq 7.6$, поскольку область представительной регистрации $K_{\min}=8$ на протяжении последних 6 лет практически не менялась и охватывает значительную часть региона. Однако следует заметить, что в число землетрясений с $K_p=7.6-8.5$ могут входить и взрывы, которые не удалось выявить при обработке.

Таблица 4. Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу и суммарная сейсмическая энергия ΣE региона Приамурья и Приморья за период 2000–2006 гг.

Год	K_p						N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{12} Дж
	8	9	10	11	12	13		
2000	142	48	13	3	3		209	1.68
2001	183	37	10	3	2		235	0.92
2002	190	36	7	4	1		238	1.01
2003	193	44	17	1	6		261	2.58
2004	185	46	16	8	2	1	258	6.55
2005	138	53	15	5	5		216	2.54
Сумма	1031	264	78	24	19	1	1417	15.28
Среднее	171.83	44.00	13.00	4.00	3.17	0.17	236	2.55
2006	112	36	12	1	1		162	0.397

Как видно из табл. 4 и рис. 5, число коровых землетрясений, регистрируемых в регионе в 2006 г., на треть меньше среднегодового числа за период наблюдений 2000–2005 гг. Уровень сейсмической активности, достигший своего промежуточного максимума в 2004 г., в 2006 г. был минимальным. Суммарная сейсмическая энергия, высвобожденная коровыми землетрясениями в 2006 г., почти в 6 раз меньше среднего значения за последние шесть лет наблюдений.

Число всех зарегистрированных коровых землетрясений в регионе в 2006 г. составило $N=364$, что на 10.8% меньше, чем соответствующее значение для 2005 г. [1]. Суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений (табл. 4, 5, рис. 5) достигла величины $\Sigma E=0.397 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$, что в 6.4 раза меньше такового значения в 2005 г. [1].

В 2006 г. было зарегистрировано шесть глубокофокусных землетрясений, их магнитуда $MPVA$ не превысила величину $M=5.0$, суммарная сейсмическая энергия составила $\Sigma E=0.249 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$, что в 6 раз больше энергии глубокофокусных землетрясений 2005 г. (табл. 5) [1].

Далее приводится обзор сейсмичности по районам.

В табл. 5 дано распределение числа коровых землетрясений по энергетическому классу K_p , а глубокофокусных – по магнитуде $MPVA$, а также рассчитана суммарная сейсмическая энергия по районам региона за 2006 г.

Наибольшее число ($N=166$) землетрясений с очагами в земной коре произошло в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2). Ни одного корового землетрясения в 2006 г. не было зарегистрировано в Сихотэ-Алинском районе (№ 5). К сожалению, существующая в 2006 г. малочисленная сеть сейсмических станций не позволила повысить уровень представительности землетрясений в этом районе (рис. 1).

На рис. 6 приведено распределение числа коровых землетрясений и суммарной сейсмической энергии по районам региона, а на рис. 7 дано сравнение величины сейсмической энергии по районам за 2005–2006 гг.

Максимальное количество (66%) высвобожденной сейсмической энергии коровых землетрясений отмечено в Становом районе (табл. 5, рис. 6, 7).

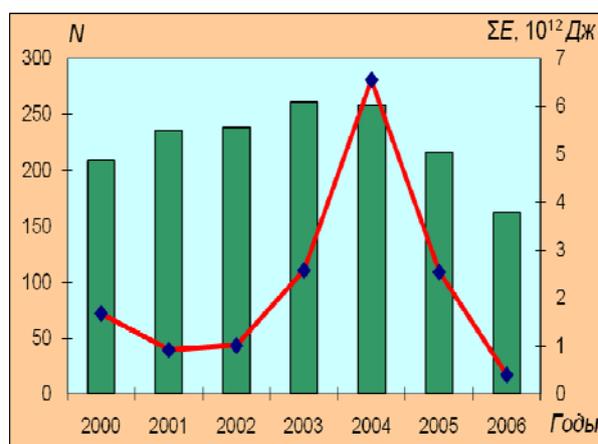


Рис. 5. Изменение ежегодного числа коровых землетрясений Приамурья и Приморья и суммарной сейсмической энергии ΣE за 2000–2006 гг.

Таблица 5. Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу K_p , глубоко-фокусных – по магнитуде $MPVA$ и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Приамурья и Приморья в 2006 г.

$h \leq 30 \text{ км}$											
№	Районы	K_p								N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
		5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Становой		6	42	28	6	1		1	84	0.261
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	8	35	65	40	14	3	1		166	0.065
3	Зейско-Селемджинский		4	13		3				20	0.002
4	Турано-Буреинский		3	28	30	12	4			77	0.051
5	Сихотэ-Алинский									0	0
6	Приграничный			1	13	1	2			17	0.018
	Всего	8	48	149	111	36	10	1	1	364	0.397
	Вне зоны ответственности		1	6	1		2			10	0.006

$h \geq 300 \text{ км}$					
№	Районы	$MPVA$		N_{Σ}	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
		4	5		
5	Сихотэ-Алинский	3	2	5	0.218
6	Приграничный		1	1	0.031
	Всего	3	3	6	0.249

Примечание. При составлении таблицы величина всех землетрясений приводилась к магнитуде M путем пересчета из классов K_p для коровых землетрясений и из магнитуд $MPVA$ – для глубокофокусных по следующим соотношениям: $M=(K_p-4)/1.8$; $M=1.77 \cdot MPVA-5.2$ ($70 \text{ км} < h \leq 390 \text{ км}$); $M=1.85 \cdot MPVA-4.9$ ($h > 390 \text{ км}$) [18].

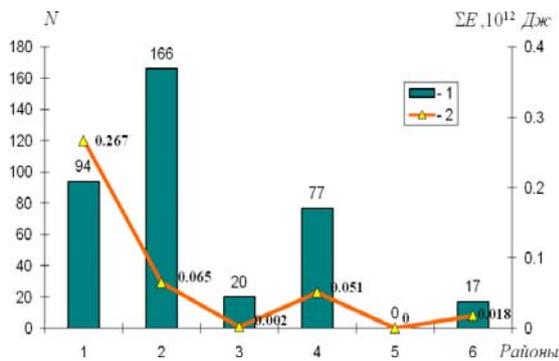


Рис. 6. Распределение числа коровых землетрясений и суммарной сейсмической энергии ΣE по районам Приамурья и Приморья в 2006 г.

1 – число землетрясений; 2 – энергия $\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$.

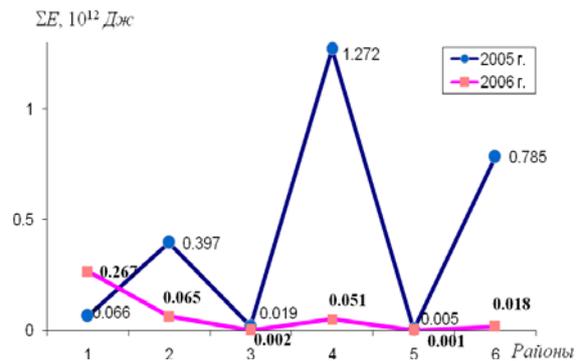


Рис. 7. Изменение суммарной сейсмической энергии ΣE по районам Приамурья и Приморья в 2005–2006 гг.

Распределение взрывов по районам региона представлено в табл. 6.

Таблица 6. Распределение числа взрывов в регионе Приморья и Приамурья в 2006 г.

№	Район	ΣN	ΔK_p
1	Становой	9	6.4–8.4
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	34	6.3–8.3
3	Зейско-Селемджинский	86	5.7–8.4
4	Турано-Буреинский	78	6.6–9.0

Примечание. В районах № 5, № 6 взрывы не зафиксированы.

В Становом районе (№ 1) в 2006 г. зарегистрировано 84 коровых землетрясения, т.е. почти столько же, как и в 2005 г. [1], хотя суммарная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=0.261 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$, в 4.4 раза выше соответствующей величины в 2005 г. (табл. 5, рис. 6, 7).

Самое сильное ($K_p=11.9$, $MLH=4.2$) землетрясение (4) зарегистрировано в западной части Станового хребта 17 октября в 12^h56^m с $h=9\pm 1$ км. Землетрясение ощущалось на расстоянии $\Delta=215$ км в пос. Юктали с интенсивностью сотрясений $I=2$ балла. Оно сопровождалось пятью афтершоками в течение октября–декабря 2006 г., наиболее сильный ($K_p=10.1$) из которых зарегистрирован 30 ноября в 18^h04^m (табл. 6). Чуть восточнее эпицентральной области землетрясения располагается карьер, где с некоторым разбросом регистрируются взрывы с $K_p=6.4\text{--}8.4$ (рис. 3, 4, табл. 6).

Таблица 7. Основные параметры главного толчка и афтершоков землетрясения 17 октября в 12^h56^m с $K_p=11.9$, $MLH=4.2$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	MLH	K_p
			φ° , N	λ° , E			
Главный толчок							
	17.10	12 56 49.3	55.83	124.84	9	4.2	11.9
Афтершоки							
1	20.10	04 20 46.3	55.86	124.85	8		9.2
2	10.11	05 20 42.2	55.79	124.34	10		7.4
3	26.11	01 29 01.3	55.88	124.07	10		7.6
4	30.11	18 04 12.5	55.83	124.48	8		10.1
5	12.12	22 40 02.7	55.87	124.77	10		6.7

Как и в 2005 г. [1], в верховье р. Зeya, в районе хр. Токинский Становик, продолжали регулярно происходить землетрясения с $K_p < 9.0$ (рис. 3). Природа этих событий пока не выяснена, они были отнесены к естественным землетрясениям, поскольку было замечено, что эти землетрясения происходят в основном в ночные часы, в то время как взрывы регистрируются, как правило, днем.

В непосредственной близости от северной части Зейского водохранилища, так же как и в 2005 г. [1], наблюдалась крайне слабая сейсмическая активность. Восточная окраина района продолжает находиться в спокойном состоянии. Лишь одно землетрясение с $K_p=9.1$ (рис. 3) зарегистрировано в отрогах Прибрежного хребта 6 декабря в 15^h50^m [14].

Янкан-Тукурингра-Джагдинский район (№ 2) в 2006 г., как и в 2005 г. [1], являлся самым активным по числу зарегистрированных коровых землетрясений. Представительным классом на большей части территории этого района является $K_{\min}=6.0$, что обусловлено наличием высокочувствительной, хотя и устаревшей, аналоговой аппаратуры. С возможностями сети, по-видимому, связано значительное число зарегистрированных здесь слабых землетрясений (табл. 5). Отличительной особенностью этого района является наличие высокого уровня слабой сейсмичности – на протяжении многих лет здесь фиксируется максимальное число слабых землетрясений, при этом величина суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E=0.065 \cdot 10^{12}$ Дж) в 2006 г. в шесть раз меньше таковой в 2005 г. (табл. 5, рис. 6, 7), главным образом из-за отсутствия землетрясений с $K_p > 11$.

Умеренная сейсмическая активность наблюдалась вдоль всего Тукурингра-Джагдинского разлома. Эпицентр наиболее сильного ($K_p=10.9$) землетрясения (1), произошедшего 11 января в 23^h21^m с $h=13\pm 2$ км, располагался в районе хр. Соктахан, к востоку от Зейского водохранилища. Наибольшая плотность эпицентров землетрясений с $K_p=5.3\text{--}9.9$ наблюдалась к западу от Зейского водохранилища, вдоль всего хр. Тукурингра.

На территории района выделяются две активные площадки, где производятся промышленные взрывы (рис. 4). В течение 2006 г. к западу от Зейского водохранилища (рис. 4) зарегистрировано 34 сейсмических события с $K_p=6.3\text{--}8.3$ (табл. 6), идентифицированных как «возможно взрыв».

В Зейско-Селемджинском районе (№ 3) в 2006 г. продолжалось снижение сейсмической активности после ее всплеска в 2004 г. [1, 19], когда на территории района 16 января 2004 г. произошло сильное ($MLH=5.0$) для этих мест землетрясение с активным развитием афтершокового процесса, наблюдавшегося в 2004–2005 гг. [1, 19]. В течение 2006 г. в эпицентральной области этого землетрясения зарегистрировано пять афтершоков с $K_p=6.9\text{--}8.7$.

Суммарная сейсмическая энергия района, равная $\Sigma E=0.002 \cdot 10^{12}$ Дж, снизилась на порядок, по сравнению с таковой в 2005 г. (табл. 5, рис. 6, 7) [1], несмотря на то, что число зарегистрированных землетрясений почти не изменилось. Наиболее сильным на данной территории оказалось землетрясение с $K_p=9.0$, которое произошло 4 августа в 14^h41^m западнее пос. Ясный. Вся центральная и южная части района асейсмичны.

В районе зарегистрировано самое большое число ($N=86$) взрывов с $K_p=5.7-8.4$. Площадки взрывных работ располагаются в северо-западной части района и на крайнем юге (рис. 4, табл. 6).

В **Турано-Буреинском районе (№ 4)** зарегистрировано 77 коровых землетрясений, что на треть меньше, чем в 2005 г. Суммарная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=0.051 \cdot 10^{12}$ Дж, в 25 раз ниже соответствующей величины в 2005 г. (табл. 5, рис. 6, 7). Наиболее сильное ($K_p=10.3$) землетрясение с $h=15 \pm 3$ км произошло 5 января в 02^h58^m южнее пос. Кульдур, рядом с площадкой проведения промышленных взрывов (рис. 3, 4). Здесь необходимо заметить, что проблема наведенной сейсмичности в регионе не изучена и остается актуальной на сегодняшний день. Эпицентр этого землетрясения приурочен к Хинганскому глубинному разлому, входящему в систему разломов Тан-Лу [20]. Активность этого разлома, простирающегося с территории Китая вдоль хр. Малый Хинган и Баджальского хребта к г. Николаевску-на-Амуре, в 2006 г. подтверждается тремя произошедшими здесь землетрясениями с $K_p=9.9-10.3$, одно из которых (19 августа в 13^h14^m) ощущалось, как отмечено выше, в пос. Кульдур с интенсивностью сотрясений $I=3$ балла.

На северо-западе района, в полосе $\lambda=132-134^\circ E$, наблюдалась умеренная сейсмическая активность с $K_p < 9.9$. Здесь обращает на себя внимание землетрясение с $K_p=8.6$ и $h=6$ км, которое произошло 3 сентября в 02^h06^m и ощущалось в пос. Токур ($\Delta=14$ км) с интенсивностью сотрясений $I=3$ балла.

На территории района в течение 2006 г., как и в 2005 г., продолжалась регистрация взрывов с $K_p=6.6-9.0$ в окрестностях пос. Кульдур и пос. Чегдомын (рис. 3, 4), число которых составило $N=78$ (табл. 6).

В **Сихотэ-Алинском районе (№ 5)** в 2006 г. не зарегистрировано ни одного корового землетрясения. На данный момент для всей территории района представительными являются лишь землетрясения с $K_{min}=10$ (рис. 1). Одной из причин низкой представительности является слабая оснащённость района регистрирующей аппаратурой.

Число глубокофокусных землетрясений с $h=341-461$ км в районе составило $N=5$, а суммарная сейсмическая энергия – $\Sigma E=0.22 \cdot 10^{12}$ Дж, что более чем в 5 раз превышает таковое значение в 2005 г. (табл. 5). Основная часть эпицентров располагалась в акватории Японского моря, вдоль побережья Приморского края (рис. 3). Распределение глубокофокусных землетрясений во времени представлено на рис. 8 (включая одно землетрясение из района № 6). Наибольшее число глубоких землетрясений пришлось на весенне-осеннее время года. Магнитудная оценка глубоких землетрясений варьировалась в пределах $MPVA=4.3-5.0$. Для двух глубокофокусных землетрясений (2, 3) удалось определить механизм очага [15].

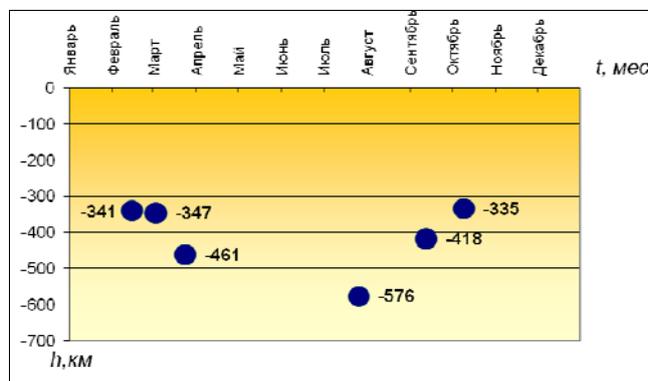
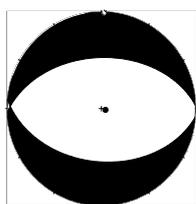


Рис. 8. Пространственно-временное распределение глубокофокусных землетрясений Приамурья и Приморья в 2006 г.

Землетрясение (2) с $MPVA=4.5$ произошло на территории Приморского края (под хр. Сихотэ-Алинь) 3 марта в 15^h39^m на глубине $h=347 \pm 6$ км. Землетрясение реализовалось под воздействием преобладающего близгоризонтального напряжения растяжения и близвертикального напряжения сжатия. Одна из возможных плоскостей разрыва имеет северное простирание с довольно крутым ($DP=54^\circ$) падением на восток. Другая возможная плоскость разрыва, имеющая юго-восточное простирание, менее круто ($DP=43^\circ$) падает на юго-запад. Тип подвижки в очаге – сброс.

Второе землетрясение (3) с $MPVA=4.7$, зарегистрировано в шельфовой зоне Японского моря северо-восточнее пос. Терней 9 октября в $19^{\text{h}}46^{\text{m}}$ на глубине $h=335\pm 10$ км. Анализ механизма его очага позволяет установить, что оно произошло под воздействием близгоризонтально ориентированных напряжений сжатия и более крутых напряжений растяжения. Одна из возможных плоскостей разрыва имеет запад–юго-западное ($STK=249^\circ$) простирание и крутое ($DP=71^\circ$) падение на северо-запад. Другая возможная плоскость разрыва имеет субмеридиональное простирание ($STK=11^\circ$) с довольно пологим ($DP=33^\circ$) падением на восток. Тип подвижки по крутой плоскости – взброс с компонентами правостороннего сдвига, по пологой – левосторонний сдвиг с компонентами надвига.

Добавленный *ред.* [16] механизм очага землетрясения 12 сентября в $06^{\text{h}}39^{\text{m}}$ с $h=418$ км, $MPVA=5.0$ [14] изображен на рис. 9. В его очаге абсолютно преобладали напряжения растяжения, ориентированные на север. Обе нодальные плоскости близширотны ($STK_1=268^\circ$, $STK_2=95^\circ$), примерно равного наклона ($DP_1=46^\circ$, $DP_2=44^\circ$). Тип подвижки по обеим плоскостям – чистый сброс.



\times – 1
 \circ – 2
 \bullet – 3

Рис. 9. Стереодиаграмма механизма очага землетрясения 12 сентября 2006 г. с $M_w=4.5$ в проекции нижней полусферы

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

В Приграничном районе (№ 6) общий уровень сейсмической активности снизился. Несмотря на то, что число коровых землетрясений ($N=17$) лишь на 19% меньше, чем в 2005 г., суммарная сейсмическая энергия составила $\Sigma E=0.018 \cdot 10^{12}$ Дж (табл. 5, рис. 6, 7), что в 43 раза ниже такового значения в 2005 г. Самое сильное ($K_p=10.3$) коровое землетрясение зарегистрировано в западной части района, на границе с Китаем 28 сентября в $02^{\text{h}}17^{\text{m}}$ на глубине $h=22\pm 2$ км. Эпицентры более слабых землетрясений с $K_p=7.4-8.5$ сгруппировались к югу от Еврейской автономной области, характеризуя умеренную сейсмическую активность северной части системы разломов Тан-Лу (рис. 3) [19].

Единственное глубокофокусное землетрясение в 2006 г. на территории Китая, западнее г. Уссурийск, было зарегистрировано 26 июля в $20^{\text{h}}51^{\text{m}}$ с $MPVA=4.7$ на глубине $h=576\pm 9$ км (рис. 3), в результате которого выделилась сейсмическая энергия, равная $E=0.018 \cdot 10^{12}$ Дж (табл. 5).

Л и т е р а т у р а

1. Коваленко Н.С., Фокина Т.А., Сафонов Д.А. Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 168–179.
2. Фокина Т.А., Кислицына И.П., Сафонов Д.А. Сахалин. (См. раздел (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
3. Фокина Т.А., Дорошкевич Е.Н., Сафонов Д.А. Курило-Охотский регион. (См. раздел (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
4. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2006 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2006–2007. – [Электронный ресурс]. – ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2006.
5. Bulletin of the International Seismological Centre for 2006. – Berkshire: ISC, 2008.
6. 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.
7. 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.

8. Шолохова А.А., Оскорбин Л.С., Рудик М.И. Землетрясения Приамурья и Приморья // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1987. – С. 135–139.
9. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Габсатарова И.П. Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
14. Коваленко Н.С. (отв. сост.), Величко Л.Ф., Донова Т.Я. Каталог землетрясений ($N=380$) и взрывов ($N=207$) Приамурья и Приморья за 2006 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
15. Коваленко Н.С. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Приамурья и Приморья за 2006 г. ($N=2$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
16. Левина В.И. (сост.). Дополнение к каталогу механизмов очагов землетрясений Приамурья и Приморья за 2006 г. ($N=1$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
17. Годзиковская А.А. Местные взрывы и землетрясения. – Личный архив, 2000. – 108 с.
18. Каталоги землетрясений по различным регионам России // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 52–53.
19. Фокина Т.А., Коваленко Н.С., Рудик М.И., Сафонов Д.А. Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 164–172.
20. Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий / Отв. ред. Г.А. Шатков, А.С. Вольский – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. – 190 с.