

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

В 2007 г. непрерывная регистрация землетрясений на территории Приамурья и Приморья осуществлялась сетью из восьми аналоговых станций: «Николаевск-на-Амуре», «Бомнак», «Кировский», «Ясный», «Зея», «Горный», «Экимчан», «Терней». Данные о станциях и параметры аппаратуры приведены в [1], их положение показано на рис. 1.

Длительные перерывы в регистрации землетрясений на сейсмической станции «Ясный» (11 февраля–10 марта и 11 мая–28 октября) и значительные простои, связанные с техническими неисправностями регистрирующей аппаратуры на станциях «Кировский», «Николаевск-на-Амуре», «Бомнак» (22, 27, 15 дней соответственно), крайне негативно повлияли как на число зарегистрированных землетрясений, так и на качество обработки в целом.

В рамках научного сотрудничества по проекту «Исследование сейсмотектоники Охотоморской плиты» между Сообществом университетов Японии и ГС РАН дополнительно к уже открытым в 2006 г. пяти цифровым сейсмическим станциям («Хабаровск», «Горный», «Терней», «Зея», «Горнотаежное» [1]) в пос. Охотск Хабаровского края 15 августа запущена в опытную эксплуатацию стационарная цифровая сейсмическая станция «Охотск» (ОКНТ). Сведения об этой станции приведены в табл. 1 и 2.

**Таблица 1.** Новая цифровая сейсмическая станция «Охотск»

№	Станция			Дата пуска	Координаты			Тип станции
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h, м	
		межд.	рег.					
1	Охотск	ОКНТ	ОХТ	15.08.2007	59.357	143.240	2	Datamark LS-7000XT

**Таблица 2.** Данные об аппаратуре цифровой станции «Охотск»

Название станции	Тип сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с)
Охотск	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	$1.96 \cdot 10^8$

Сейсмические станции Приморья и Приамурья (код сети – SKHL) входят в состав общей сети Сахалинского филиала ГС РАН, представленной на рис. 1. Для локации землетрясений региона привлекались данные всех сейсмических станций сети SKHL [2, 3], сейсмической станции «Кульдур» (KLR), входящей в состав сети агентства MOS<sup>1</sup>, а также стационарные бюллетени Прибайкалья, Якутии, ГС РАН (MOS) [4], JMA, NEIC, ISC [5]. Методика обработки данных [6–12], границы региона и сейсмоактивных районов [13], по сравнению с таковыми в 2006 г. [1], не изменились. Карта энергетической представительности  $M_{\min}$ , рассчитанная с учетом конфигурации сети сейсмических станций, принимавших участие в обработке, изображена на рис. 1.

Кроме того, как указано в [1], в рамках научного сотрудничества между упомянутым выше сообществом университетов Японии и ГС РАН на юге Сахалина работает сеть сезонных

<sup>1</sup> Расшифровка кодов агентств дана в условных обозначениях к наст. сб.

цифровых сейсмических станций на базе регистраторов Datamark LS-7000XT с короткопериодными сейсмометрами L4C-3D и длиннопериодными – STS-2. Математическое обеспечение обработки записей цифровых станций Datamark позволяет использовать их для локации землетрясений с  $K_p \geq 8.6$ . По этой причине дополнение сети цифровыми станциями лишь несколько повышает надежность определения эпицентров, располагающихся вблизи станций, не улучшая энергетическую представительность землетрясений в регионе. Как следует из рис. 1, на значительной территории Приморья и Приамурья представительными являются землетрясения с  $M_{\min}=3$  ( $K_{\min} \div 9$ ), а в южной части региона могут регистрироваться лишь события с  $M_{\min}=3.5$  ( $K_{\min} \div 10$ ).

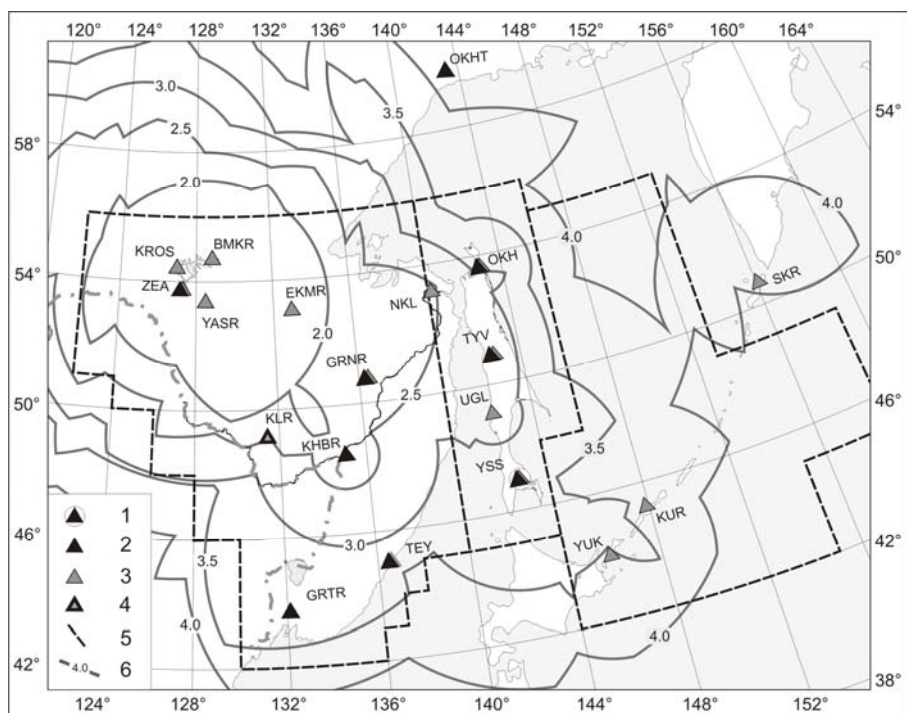


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений  $M_{\min}$  Приморья и Приамурья, Сахалина и Курило-Охотского регионов в 2007 г.

1 – опорная сейсмическая станция; 2, 3 – цифровая и аналоговая сейсмическая станция сети SKHL соответственно; 4 – аналоговая сейсмическая станция ГС РАН «Кульдур»; 5 – граница региона; 6 – изолиния  $M_{\min}$ .

В региональный каталог [14] включены основные параметры 778 сейсмических событий, из них 453 коровых землетрясений с  $h \leq 30$  км, 9 – глубокофокусных с  $h=312-563$  км, а 316 событий отнесены к категории «возможно взрыв». Шестнадцать землетрясений находятся вне зоны ответственности сети СФ ГС РАН и в обзоре не анализируются. На рис. 2 дано ежемесячное распределение взрывов, землетрясений и всех событий вместе. Как видим, наибольшее число ( $N=73$ ) землетрясений зарегистрировано в марте, наименьшее ( $N=14$ ) – в июне.

Карта эпицентров землетрясений представлена на рис. 3. Два наиболее сильных коровых землетрясения

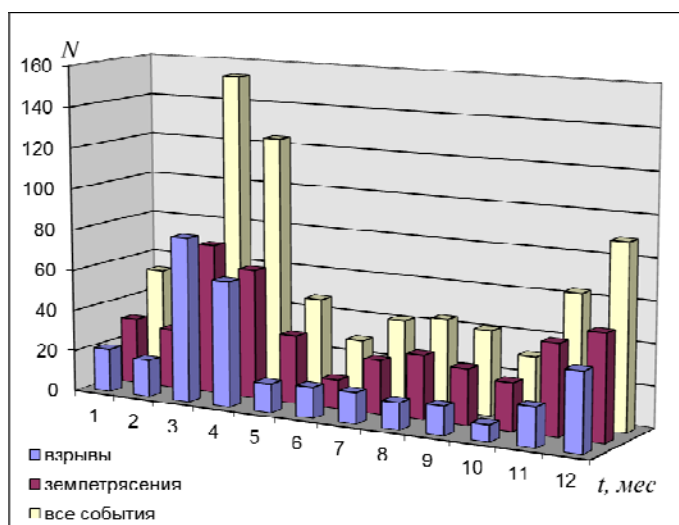


Рис. 2. Распределение ежемесячных чисел взрывов, землетрясений и всех сейсмических событий Приморья и Приамурья в 2007 г.

(1) и (8) по [14] произошли в пределах северной части разветвленной системы глубинного разлома Тан-Лу. Первое (1<sup>2</sup>) ( $K_p=13.5$ ,  $MLH=4.7$ ) локализовано севернее Комсомольска-на-Амуре 12 января в 23<sup>h</sup>28<sup>m</sup> на глубине  $h=20\pm 5$  км, второе (8) ( $K_p=13.0$ ,  $MLH=4.8$ ) – юго-западнее Николаевска-на-Амуре 20 мая в 13<sup>h</sup>23<sup>m</sup> на глубине  $h=19\pm 5$  км. Оба землетрясения вызвали в ближайших к эпицентру населенных пунктах сотрясения с интенсивностью  $I=5$  баллов [15] (описание см. ниже).

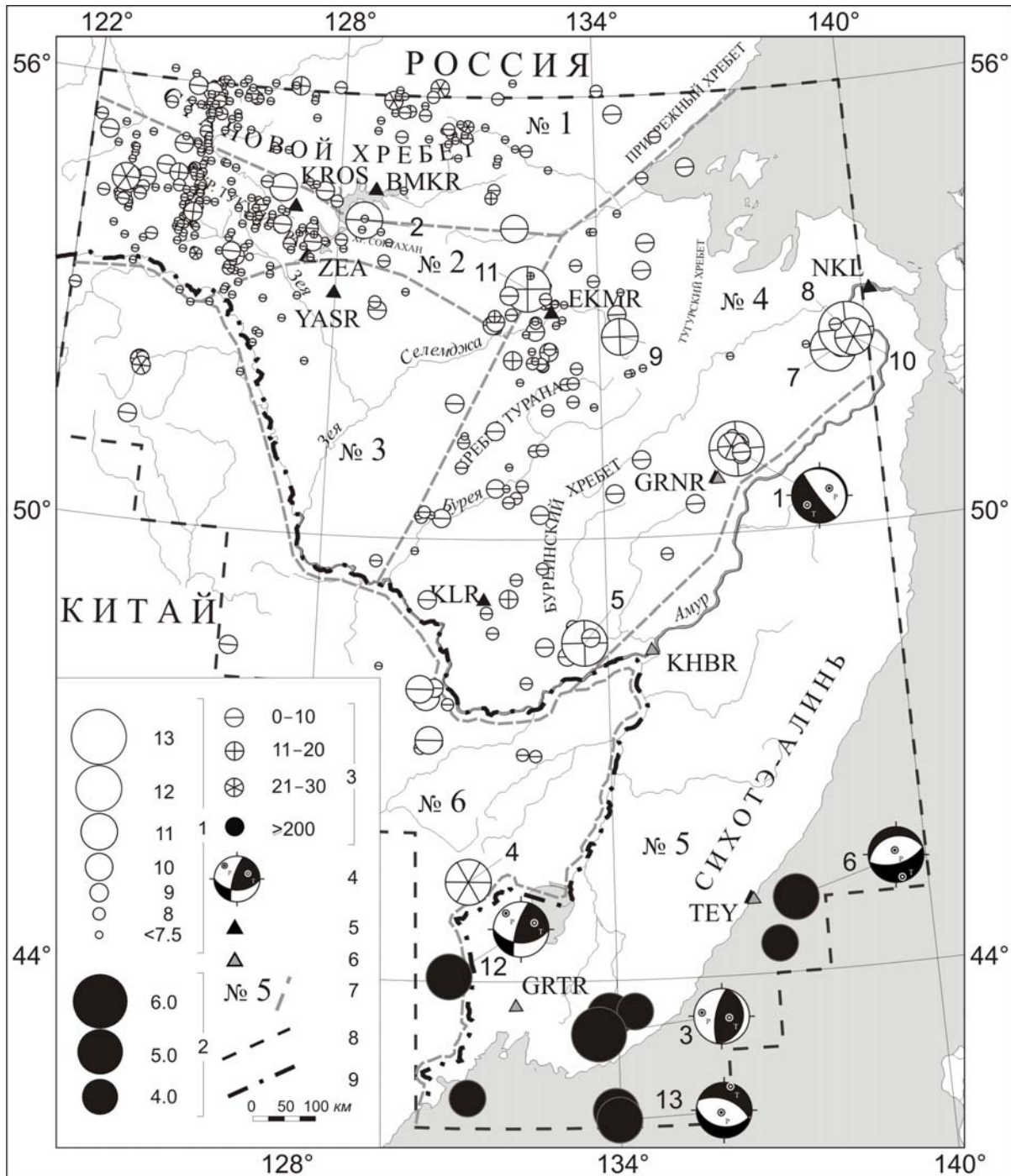


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Приамурья и Приморья в 2007 г.

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

<sup>2</sup> Здесь и далее номер землетрясения дан по каталогу [14].

Среди глубокофокусных землетрясений наиболее значительным событием 2007 г. явилось землетрясение (3) с  $MPVA=6.5$ , произошедшее 9 марта в  $03^h22^m$  на юге Приморского края на глубине  $h=445\pm 6$  км. Максимальная глубина гипоцентра  $h=563$  км отмечена для землетрясения (12) (5 октября в  $14^h24^m$  с  $MPVA=4.8$ ), эпицентр которого располагался в районе южной границы с Китаем.

Для восьми землетрясений имеются макросейсмические данные [14, 15]. Максимальная интенсивность сотрясений в 2007 г. не превышала  $I=5$  баллов. Для корового землетрясения (1) (12 января в  $23^h28^m$  с  $h=20$  км,  $MLH=4.7$ ) и глубокофокусных землетрясений (3, 6, 12, 13) (9 марта в  $03^h22^m$  с  $h=445$  км,  $MPVA=6.5$ ; 29 апреля в  $13^h40^m$  с  $h=323$  км,  $MPVA=4.7$ ; 5 октября в  $14^h24^m$  с  $h=563$  км,  $MPVA=4.8$ ; 4 декабря в  $00^h14^m$  с  $h=437$  км,  $MPVA=5.1$ ) определены механизмы очагов [16].

В течение 2007 г. продолжалась работа по распознаванию записей промышленных взрывов, методика которой подробно описана в [17]. Местоположение площадок взрывных работ и карта эпицентров событий «возможно взрыв» представлены на рис. 4. Суммарное число взрывов ( $N=316$ ) увеличилось по сравнению с таковым в 2006 г. ( $N=207$ ), что связано главным образом с активными работами на трассе строительства нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) (рис. 4). Число взрывов в карьерах и рудниках также увеличилось. Наибольшее число ( $N=80$ ) взрывов зарегистрировано в марте, наименьшее ( $N=8$ ) – в октябре (рис. 2). Диапазон классов взрывов составил  $K_p=5.8-8.5$ , а величина суммарной сейсмической энергии равна  $\Sigma E_{взр}=0.014 \cdot 10^{12}$  Дж, что соизмеримо с энергией взрывов за 2006 г., но составляет менее 1% годовой суммарной сейсмической энергии коровых землетрясений. Самые сильные ( $K_p=8.5$ ) взрывы были зарегистрированы в карьере в верховьях р. Бурья.

В табл. 4 приведено распределение коровых землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по данным каталогов Приморья и Приамурья за 2000–2007 гг. [18–24, 14], а на рис. 5 показаны годовые числа коровых землетрясений и суммарная сейсмическая энергия за этот период. Поскольку область представительной регистрации  $K_{min}=8$  охватывает значительную часть региона, сравнение значений  $N_\Sigma$  и  $\Sigma E$  за 2000–2007 гг. проводится для землетрясений с  $K_p \geq 7.6$ . Однако следует заметить, что в число землетрясений могут входить и взрывы, которые не удалось выявить при обработке.

Как следует из табл. 4, число коровых землетрясений, регистрируемых в регионе в 2007 г., на 27% меньше среднегодового числа за период наблюдений (2000–2006 гг.). Тем не менее уровень сейсмической активности превзошел максимум, наблюдаемый в 2004 г. Суммарная сейсмическая энергия, высвобожденная коровыми землетрясениями в 2007 г., в три раза выше среднего значения за последние семь лет наблюдений.

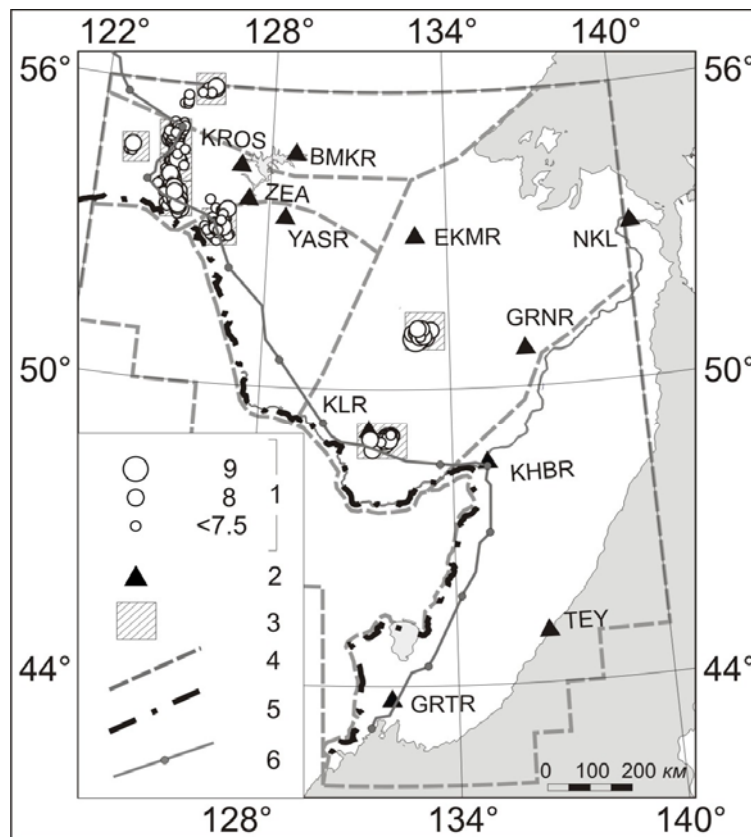
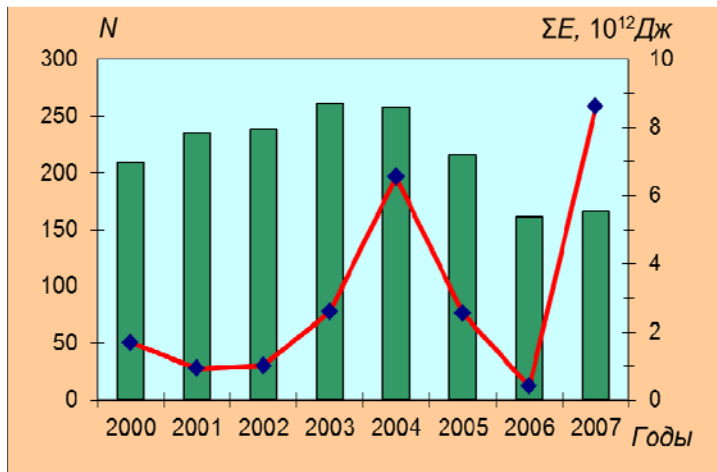


Рис. 4. Карта эпицентров взрывов на территории Приамурья и Приморья в 2007 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – сейсмическая станция; 3 – площадка взрывных работ; 4 – граница условного района; 5 – государственная граница; 6 – трасса строящегося нефтепровода ВСТО.

**Таблица 4.** Распределение коровых землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  за 2000–2007 гг.

Год	$K_p$						$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{12} \text{ Дж}$
	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
2006	112	36	12	1	1		162	0.40
Сумма	1143	300	78	24	19	1	1579	15.68
Среднее	163.29	42.86	12.86	3.57	2.86	0.14	226	2.24
2007	100	50	7	3	4	2	166	8.62



**Рис. 5.** Изменение ежегодного числа коровых землетрясений Приамурья и Приморья и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  за 2000–2007 гг.

Число всех зарегистрированных коровых землетрясений в регионе Приамурья и Приморья, как указано выше, равно  $N=437$ , что на 17% больше, чем соответствующее значение для 2006 г. [1]. Суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений (табл. 4, 5, рис. 5) достигла величины  $\Sigma E=8.627 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ , что в 21.7 раза выше такого значения в 2006 г. [1].

В 2007 г. локализованы девять глубокофокусных землетрясений (8 в районе № 4, одно – в № 5) с суммарной энергией  $\Sigma E=3073.1 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ . Это в 12 тыс. раз больше такого значения для глубокофокусных землетрясений 2006 г. [1]. 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 2007 г. Наибольшее число ( $N=190$ ) землетрясений с очагами в земной коре произошло в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2). Ни одного корового землетрясения в 2007 г., как и в 2006 г., не было зарегистрировано в Сихотэ-Алиньском районе (№ 5). На рис. 6 приведены распределения числа коровых землетрясений и суммарной сейсмической энергии по районам региона, а на рис. 7 показано сравнительное распределение величины сейсмической энергии по районам за 2006–2007 гг. Максимальное количество (92%) сейсмической энергии коровых землетрясений высвобождено в Турано-Буреинском районе (№ 4) (табл. 5, рис. 6, 7).

**Таблица 5.** Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу  $K_p$ , глубокофокусных – по магнитуде  $MPVA$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам Приамурья и Приморья в 2007 г.

$h \leq 30 \text{ км}$													
№	Районы	$K_p$										$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{12} \text{ Дж}$
		5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Становой	1	21	58	24	4	1					109	0.022
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	4	42	105	25	10	2	1	1			190	0.482
3	Зейско-Селемджинский		2	6	3	4						15	0.006

$h \leq 30$ км												
№	Районы	$K_p$									$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
		5	6	7	8	9	10	11	12	13		
4	Турано-Буреинский	1	2	25	39	26	2	2	2	2	101	7.964
5	Сихотэ-Алиньский										0	0
6	Приграничный		1	3	9	6	2		1		22	0.153
	Всего	6	68	197	100	50	7	3	4	2	437	8.627
	Вне зоны ответственности сети		2	10	2	2					16	0.001

$h \geq 300$ км						
	Районы	$MPVA$			$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
		4	5	6		
5	Сихотэ-Алиньский	4	3	1	8	3073.079
6	Приграничный		1		1	0.059
	Всего	4	4	1	9	3073.138

Примечание. При составлении таблицы использованы расчетные магнитуды  $M^p$  путем пересчета из классов  $K_p$  для коровых землетрясений и из магнитуд  $MPVA$  – для глубокофокусных по следующим соотношениям:  $M^p = (K_p - 4) / 1.8$ ;  $M^p = 1.77 \cdot MPVA - 5.2$  ( $70 \text{ км} < h < 390 \text{ км}$ );  $M^p = 1.85 \cdot MPVA - 4.9$  ( $h > 390 \text{ км}$ ) [25].

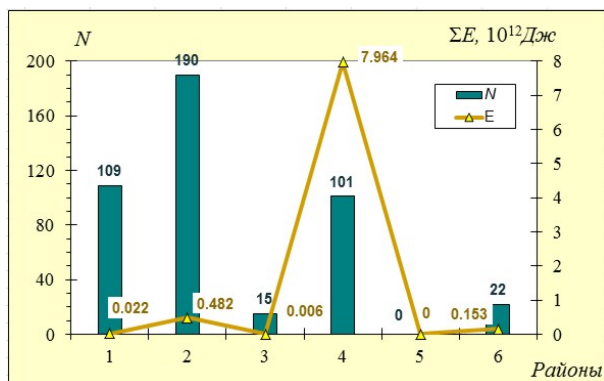


Рис. 6. Распределение числа коровых землетрясений и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по шести районам Приамурья и Приморья в 2007 г.

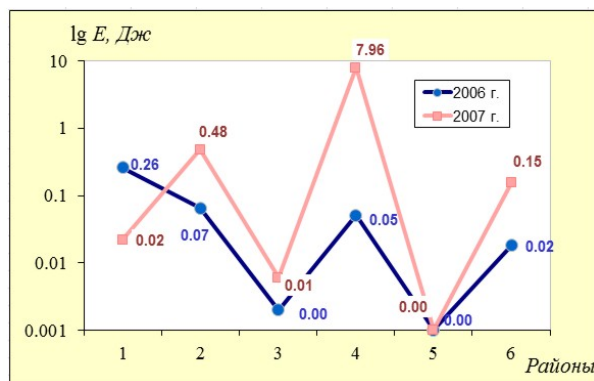


Рис. 7. Изменение суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  коровых землетрясений по районам Приамурья и Приморья в 2006–2007 гг.

Распределение взрывов по районам региона представлено в табл. 6. Значительно увеличилось число взрывов в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2), где проводятся работы по прокладке нефтепровода (рис. 4). В 2006 г. здесь насчитывалось 34 события, идентифицированных как «возможно взрыв», а в 2007 г. их число возросло до  $N=177$ . По-прежнему наиболее сильные взрывы производились в Турано-Буреинском районе (№ 4), диапазон их классов составил  $K_p=6.5-8.5$  [14]. В районах № 5, 6 взрывы не отмечены.

Таблица 6. Распределение числа взрывов в регионе Приморья и Приамурья в 2007 г.

№	Район	$N_\Sigma$	$K_{\min}-K_{\max}$
1	Становой	12	5.8–8.0
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	177	5.8–8.3
3	Зейско-Селемджинский	71	5.8–7.7

№	Район	$N_\Sigma$	$K_{\min}-K_{\max}$
4	Турано-Буреинский	56	6.5–8.5
5	Сихотэ-Алиньский		
6	Приграничный		

Далее приводится обзор сейсмичности в каждом из условно выделенных районов региона. В Становом районе (№ 1) в 2007 г. зарегистрировано 109 коровых землетрясений, что на 23% больше, чем в 2006 г. [1], но их суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E=0.02 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$  ниже соответствующей величины в 2006 г. в 12 раз (табл. 5). В 2007 г. район характеризуется уме-

ренной сейсмичностью. Наиболее сильное ( $K_p=10.4$ ) землетрясение зарегистрировано в верховье р. Уда 13 марта в  $15^h19^m$  с  $h=9\pm 3$  км.

Как и в 2006 г. [1], в верховье р. Зeya, в районе хр. Токинский Становик, продолжали регулярно происходить землетрясения с  $K_p < 9.0$  (рис. 3). Небольшая группа слабых ( $K_p < 9.0$ ) толчков зарегистрирована в долине р. Мая. В непосредственной близости от северной части Зейского водохранилища, так же как и в 2006 г. [1], наблюдалась крайне слабая сейсмическая активность. Восточная окраина района продолжает находиться в спокойном состоянии. Наиболее заметное землетрясение с  $K_p=9.4$  произошло 30 сентября в  $14^h53^m$  в районе хр. Геран.

В западной части района, севернее г. Тында, регистрируются промышленные взрывы ( $N=12$ ), энергетический класс которых  $K_p \leq 8.0$  (табл. 6). Необходимо заметить, что на этой территории часто регистрируются и тектонические землетрясения. В 2007 г. продолжали регистрироваться слабые сейсмические события в очаговой зоне землетрясения 17 октября 2006 г. с  $MLH=4.2$  [1], однако достоверно выяснить природу этих событий не удалось, прежде всего по причине отсутствия близких к эпицентрам сейсмических станций.

**Янкан-Тукурингра-Джагдинский район (№ 2)** в 2007 г., как и в 2006 г., был самым активным (табл. 5) по числу ( $N=190$ ) зарегистрированных коровых землетрясений, главным образом благодаря наличию удовлетворительной сети сейсмических станций. Вполне возможно, что в каталог могли попасть и несколько взрывов. Величина суммарной сейсмической энергии ( $\Sigma E=0.48 \cdot 10^{12}$  Дж) в 2007 г. в 7.4 раза выше таковой в 2006 г. (табл. 5, рис. 6, 7), главным образом из-за сильного ( $K_p=12.2$ ,  $MLH=4.1$ ) землетрясения (11) в районе Селемджинского хребта, зарегистрированного 15 сентября в  $20^h56^m$  с  $h=12\pm 5$  км. Оно ощущалось жителями пп. Токур (43 км) и Экимчан (52 км) с интенсивностью  $I=2-3$  балла. Южная часть Зейского водохранилища характеризуется слабой сейсмичностью. Наиболее значительное ( $K_p=10.7$ ) землетрясение (2) произошло 17 января в  $15^h45^m$  и  $h=7\pm 1$  км. Его эпицентр располагался с восточной стороны водохранилища, близ хр. Соктахан. Это землетрясение ощущалось в пос. Верхнезейск (36 км) с интенсивностью  $I=2$  балла [14]. Так же как и в 2006 г. [1], в 2007 г. наблюдалась умеренная сейсмическая активность вдоль всего Тукурингра-Джагдинского разлома. Наибольшая плотность эпицентров землетрясений с  $K_p=5.3-10.1$  наблюдалась к западу от Зейского водохранилища, вдоль всего хр. Тукурингра.

Промышленные взрывы регистрируются на территории района западнее и юго-западнее Зейского водохранилища, вдоль трассы строящегося нефтепровода, рудника Покровского и др. (рис. 4). Общее их число, как отмечено выше, равно 177 ( $K_p=5.8-8.3$ ).

**В Зейско-Селемджинском районе (№ 3)** в 2007 г. наблюдался слабый уровень сейсмической активности. Число землетрясений составило  $N=15$ . Центральная и южная части района асейсмичны. В северной части района, в эпицентральной области землетрясения 16.01.2004 г. с  $MLH=5.0$  [26], в 2007 г. зарегистрировано два афтершока с  $K_p=8.0-9.1$ . Суммарная сейсмическая энергия района, равная  $\Sigma E=0.006 \cdot 10^{12}$  Дж, в три раза превзошла ее уровень в 2006 г. (табл. 5, рис. 6, 7) [1]. Наиболее сильное ( $K_p=9.4$ ) на данной территории землетрясение произошло 3 ноября в  $19^h13^m$  западнее пос. Экимчан.

Взрывные работы проводились в северо-западной части района (рис. 4, табл. 6). Зарегистрировано достаточно много ( $N=71$ ) взрывов с  $K_p=5.8-7.7$ .

**В Турано-Буреинском районе (№ 4)** самый высокий уровень сейсмической активности. Здесь было зарегистрировано 101 коровое землетрясение, что на 44% больше, чем в 2006 году. Суммарная сейсмическая энергия, равная  $\Sigma E=7.964 \cdot 10^{12}$  Дж, в 156 раз больше соответствующей величины в 2006 г. (табл. 5, рис. 6, 7).

Все наиболее сильные землетрясения данного района приурочены к разветвленной системе разломов Тан-Лу [27] (рис. 8). По сведениям В.В. Николаева [28], разлом Тан-Лу имеет общую протяженность около 2500 км. Он проходит через территорию Северного Китая от Ляодунского залива на северо-восток, на территории Дальнего Востока представлен Ишу-Харпинским, Хинганским, Курским разломами также северо-восточного простирания, уходящими внутрь Сихотэ-Алиньской складчатой зоны. В 2007 г. сейсмическая активность северной части разлома значительно увеличилась, причем события распределились по всей протяженности разлома. Рассмотрим более детально сейсмичность системы разломов Тан-Лу.

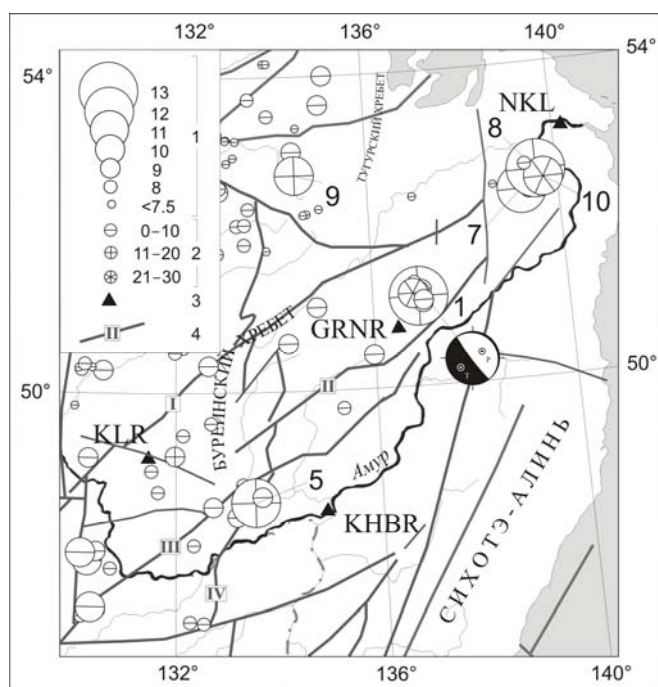


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений района № 4 за 2007 г.

1 – энергетический класс ( $K_p$ ); 2 – глубина гипоцентра  $h$ , км; 3 – сейсмическая станция; 4 – разломы системы Тан-Лу по [27]: I – Хинганский, II – Курский, III – Ишу-Харпинский, IV – Куканский. На рисунке представлена стереограмма механизма очага землетрясения (1) 12 января 2007 г. по данным [16]; номера землетрясений соответствуют таковым в каталоге [14].

Первое значительное ( $K_p=13.5$ ,  $MLH=4.7$ ) землетрясение (1) произошло 12 января в 23<sup>h</sup>28<sup>m</sup> севернее Комсомольска-на-Амуре. Очаг землетрясения находился на глубине  $h=20\pm 5$  км. Для определения механизма очага землетрясения использовались сведения о знаках первых смещений в  $P$ -,  $P_n$ -,  $P_g$ -волнах на 12 сейсмических станциях. Одна из возможных плоскостей разрыва ( $NP1$ ) имеет юго-восточное простирание ( $STK=143^\circ$ ) и крутое ( $DP=84^\circ$ ) падение на юго-запад [16]. Плоскость  $NP2$  север-северо-западного простирания почти горизонтальна ( $DP=6^\circ$ ). Подвижка по крутой плоскости  $NP1$  – чистый взброс, по пологой  $NP2$  – надвиг.

Землетрясение ощущалось в пос. Горин ( $\Delta=19$  км) и Кондон ( $\Delta=28$  км) с интенсивностью сотрясений  $I=5$  баллов, в пос. Эворон ( $\Delta=48$  км), Солнечный ( $\Delta=50$  км), Горный ( $\Delta=53$  км) – 4 балла, в Комсомольске-на-Амуре ( $\Delta=63$  км) – 3 балла. Оно предварялось форшоком 9 января в 12<sup>h</sup>12<sup>m</sup> с  $K_p=8.9$  и сопровождалось небольшим числом афтершоков с  $K_p=7.2-9.7$ , растянувшимися до конца года (табл. 7).

Таблица 7. Основные параметры землетрясения 12 января в 23<sup>h</sup>28<sup>m</sup> с  $K_p=13.5$ ,  $MLH=4.7$ , его форшока и афтершоков

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$MLH$	$K_p$	№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$MLH$	$K_p$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$							$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$			
Форшок															
	09.01	12 12 17.4	51.20	136.81	10			3	16.01	02 57 05.3	51.20	136.93	20		8.9
Основной толчок															
	<b>12.01</b>	<b>23 28 50.9</b>	<b>51.14</b>	<b>136.91</b>	<b>20</b>	<b>4.7</b>	<b>13.5</b>	4	17.01	13 27 00.3	51.19	136.79	10		9.0
Афтершоки															
1	13.01	00 36 04.3	51.32	136.84	10			5	30.01	17 01 58.7	51.08	136.97	10		8.8
2	13.01	01 03 26.5	51.22	136.98	10			6	31.01	06 38 17.5	51.06	137.00	10		8.8
								7	06.03	05 11 51.6	51.07	137.00	10		7.2
								8	09.06	17 40 02.3	51.18	136.80	22		9.7
								9	13.12	08 55 04.8	51.09	137.01	10		8.8

В марте на юге района активизировалась часть разлома Тан-Лу на границе с Китаем. В течение марта-апреля здесь было зарегистрировано три форшока с  $K_p=7.7-8.6$ , один из которых (1 марта в 07<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $K_p=8.6$ ) ощущался в пос. Головино ( $\Delta=63$  км) с интенсивностью  $I=2-3$  балла. Основной толчок (5) произошел 22 апреля в 10<sup>h</sup>03<sup>m</sup> ( $MLH=4.1$ ,  $K_p=12.2$ ,  $h=14\pm 4$  км) западнее Хабаровска. Землетрясение ощущалось в г. Хабаровск ( $\Delta=116$  км) с интенсивностью  $I=3$  балла.

В мае наиболее активно проявила себя северная часть разломной зоны, расположенная юго-западнее Николаевска-на-Амуре. События здесь развивались по сценарию предыдущего сильного землетрясения 22 апреля, где форшоковая активность была значительно выше афтершоковой. Главному толчку предшествовали четыре форшока с  $K_p=9.3-11.7$  (табл. 8). Максимальный ( $MLH=4.2$ ,  $K_p=11.7$ ) форшок произошел 3 мая в 20<sup>h</sup>02<sup>m</sup> и ощущался с интенсивностью  $I=3$  балла в пп. Тыр ( $\Delta=45$  км), Сусанино ( $\Delta=48$  км), Тахта ( $\Delta=68$  км). Основной толчок (8) произошел 20 мая в 13<sup>h</sup>23<sup>m</sup> с  $MLH=4.8$ ,  $K_p=13.0$ . Очаг землетрясения локализован на глубине  $h=19\pm 5$  км.



Таблица 8. Форшоки и афтершоки землетрясения 20 мая в 13<sup>h</sup>23<sup>m</sup> с  $K_p=13.0$ ,  $MLH=4.8$

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$MLH$	$K_p$	№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$MLH$	$K_p$
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$							$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$			
Форшоки								Основной толчок							
1	03.05	20 01 04.8	52.56	139.47	11		9.8	<b>20.05</b>	<b>13 23 51.1</b>	<b>52.63</b>	<b>139.55</b>	<b>19</b>	<b>4.8</b>	<b>13.0</b>	
2	03.05	20 02 03.5	52.56	139.48	10	4.2	11.7	Афтершоки							
3	03.05	20 23 28.6	52.50	139.60	10		9.5	1	20.05	16 28 24.8	52.53	139.61	10		8.9
4	08.05	12 26 29.8	52.39	139.38	10		9.3	2	29.08	15 26 34.3	52.52	139.69	21		10.9
								3	20.12	06 24 04.1	52.71	139.32	6		8.0

Сведения о макросейсмических проявлениях размещены на рис. 9 и в табл. 9.



Рис. 9. Карта макросейсмических проявлений землетрясения 20 мая 2007 г. в 13<sup>h</sup>23<sup>m</sup> с  $MLH=4.8$

1 - интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64 [29]; 2 - инструментальный эпицентр.

Таблица 9. Макросейсмические данные о землетрясении 20 мая 2007 г. в 13<sup>h</sup>23<sup>m</sup> с  $MLH=4.8$

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$
<u>5 баллов</u>					8	Мариинское	109	51.73	140.18
1	Тыр	36	52.93	139.76	9	Оремиф	112	53.01	141.10
2	Сусанино	40	52.80	140.08	10	Нижние Пронге	114	52.85	141.21
<u>4-5 баллов</u>					11	Софийск	119	51.58	139.84
3	Тахта	59	53.13	139.84	<u>3 балла</u>				
4	Богородское	67	52.37	140.44	12	Лазарев	140	52.20	141.50
<u>4 балла</u>					<u>2 балла</u>				
5	Оглонги	56	52.93	138.89	13	Александровск-Сахалинский	264	50.89	142.16
6	Маго	81	52.93	138.89	14	Комсомольск-на-Амуре	287	50.58	137.01
<u>3-4 балла</u>									
7	Николаевск-на-Амуре	95	53.15	140.68					

Несколько увеличилась активность северо-западной части района, где 4 августа в 17<sup>h</sup>54<sup>m</sup> отмечено довольно сильное ( $K_p=11.4$ ) землетрясение (9) с  $h=19\pm 1$  км.

На территории района в окрестностях пос. Кульдур и пос. Чегдомын в течение 2007 г., как и в 2006 г. [1], продолжалась регистрация взрывов с  $K_p=6.5-8.5$  (рис. 4), число которых составило  $N=56$  (табл. 6).

В Сихотэ-Алиньском районе (№ 5) в 2007 г., как отмечено выше, не зарегистрировано ни одного корового землетрясения. Число глубокофокусных землетрясений с  $h=312-545$  км в районе равно  $N=8$  с  $MPVA=4.2-6.5$  [14], а суммарная сейсмическая энергия достигла величины  $\Sigma E=3.07 \cdot 10^{15}$  Дж, что в 14 тыс. раз превышает таковое значение в 2006 г. (табл. 5). Основная часть эпицентров концентрируется в акватории Японского моря (рис. 3), вдоль побережья юга Приморского края. Все глубокофокусные землетрясения региона в 2007 г. относительно равномерно распределены во времени, что хорошо видно на рис. 10.



Рис. 10. Пространственно-временное распределение глубокофокусных землетрясений Приамурья и Приморья в 2007 г.

ны еще два землетрясения на глубинах  $h=421$  и  $436$  км (19 июня в  $21^h13^m$  с  $MPVA=4.2$  и 26 июня в  $23^h11^m$  с  $MPVA=4.3$ ).

Землетрясение (6) с  $MPVA=4.7$ , зарегистрированное 29 апреля в  $13^h40^m$  восточнее пос. Терней на глубине  $h=323 \pm 10$  км, самое северное событие. Его очаг находился под воздействием близгоризонтально ориентированных напряжений растяжения ( $PL_T=15^\circ$ ) и крутых ( $PL_P=75^\circ$ ) напряжений сжатия. Ось промежуточного напряжения горизонтальна ( $PL_N=0^\circ$ ) и ориентирована на восток-северо-восток ( $PL_N=74^\circ$ ). Одна из возможных плоскостей ( $NP1$ ) разрыва простирается в запад-юго-западном направлении с падением под углом ( $DP_1=30^\circ$ ) на север. Вторая возможная плоскость разрыва простирается на восток-северо-восток и более круто ( $DP_2=60^\circ$ ) падает на юг. Подвижка в очаге – чистый сброс.

Два землетрясения зарегистрированы в Японском море, южнее бухты Преображения. Первое из них с  $MPVA=4.9$  произошло 27 октября на глубине  $h=450 \pm 10$  км, а второе (13) – более сильное с  $MPVA=5.1$  – 4 декабря в  $00^h14^m$  на глубине  $h=437 \pm 10$  км. Очаг землетрясения (13) реализовался под воздействием близгоризонтального напряжения растяжения и крутого напряжения сжатия. Ось промежуточного напряжения близгоризонтальна и простирается субширотно. Обе плоскости разрыва имеют субширотное простирание. Одна из плоскостей круто падает на север-северо-восток, другая – менее круто – на юг. Тип подвижки в очаге землетрясения – сброс [16].

В Приграничном районе (№ 6) общий уровень сейсмической активности несколько повысился, по сравнению с таковым в 2006 г. Число коровых землетрясений увеличилось на 23% и составило  $N=22$ , суммарная сейсмическая энергия равна  $\Sigma E=0.15 \cdot 10^{12}$  Дж (табл. 5, рис. 6, 7), что в 8.5 раз выше такового значения в 2006 г. Самое сильное ( $MLH=4.1$ ,  $K_p=11.6$ ) коровое землетрясение (4) зарегистрировано на территории Китая, западнее о. Ханка 22 марта в  $12^h28^m$  на глубине  $h=25 \pm 2$  км. Эпицентры десяти землетрясений с  $K_p=7.8-9.8$  сгруппировались к югу от Еврейской автономной области, характеризуя немного повышенную сейсмическую активность китайской части системы разломов Тан-Лу (рис. 3, 8). В 2006 г. здесь регистрировались землетрясения в диапазоне энергетических классов  $K_p=7.4-8.5$ . Четыре землетрясения с  $K_p=8.3-9.0$  зарегистрированы в западной части района (рис. 3) в течение 28-29 декабря. Три очага из четырех располагались на глубине  $h=24-30$  км [14].

Для четырех глубокофокусных землетрясений удалось определить механизм очага [16], их стереограммы изображены на рис. 3. Самое сильное ( $MPVA=6.5$ ) землетрясение (3) произошло 9 марта в  $03^h22^m$  на юге Приморского края под Партизанским хребтом на глубине  $h=445 \pm 6$  км. В его очаге преобладали напряжения сжатия ( $PL_P=25^\circ$  против  $PL_T=65^\circ$ ) север-северо-восточной ( $AZM_P=28^\circ$ ) ориентации. Обе nodальные плоскости близмеридиональны ( $STK_1=10^\circ$ ,  $STK_2=190^\circ$ ) (рис. 3), но существенно разного наклона –  $DP_1=20^\circ$ ,  $DP_2=70^\circ$ . Подвижка по крутой плоскости  $NP2$  – чистый взброс, по пологой – надвиг. В июне примерно в этой же очаговой области (чуть северо-восточнее) зарегистрированы

Единственное глубокофокусное землетрясение (12) на территории Китая, северо-западнее Владивостока, было зарегистрировано 5 октября в  $14^{\text{h}}24^{\text{m}}$  с  $MPVA=4.8$  на глубине  $h=563\pm 12$  км (рис. 3), в результате чего выделилась сейсмическая энергия, равная  $E=0.06\cdot 10^{12}$  Дж (табл. 5). Движение в его очаге реализовалось под воздействием близгоризонтально ориентированных напряжений сжатия, направленных на северо-запад, и более крутых напряжений растяжения, направленных на северо-восток. Одна из плоскостей разрыва субмеридиональна и круто падает на запад. Вторая плоскость, имеющая субширотное простирание и менее крутая, падает на юг. Тип подвижки в очаге – взбросо-сдвиг [16].

В заключение можно отметить, что и коровая ( $h\leq 30$  км), и глубокофокусная сейсмичность ( $h\geq 300$  км) Приамурья и Приморья в 2007 г. значительно возросла по сравнению с таковой в 2006 г. Причем увеличение сейсмической активности наблюдалось во всех районах региона (рис. 7), кроме района № 1, охватывающего территорию Станового хребта.

#### 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, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 163–174.
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 2007 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2007–2008. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2007](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2007).
5. Bulletin of the International Seismological Centre for 2007. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2009. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
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., Федоркова Г.В. Каталог землетрясений ( $N=462$ ) и взрывов ( $N=316$ ) Приамурья и Приморья за 2007 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
15. Коваленко Н.С. (отв. сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах ( $n=31$ ) Приамурья и Приморья в 2007 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
16. Коваленко Н.С. (отв. сост.), Гладырь Ж.В. Каталог механизмов очагов землетрясений Приамурья и Приморья за 2007 г. ( $N=5$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).

17. **Годзиковская А.А.** Местные взрывы и землетрясения. – Личный архив, 2000. – 108 с.
18. **Коваленко Н.С., Поплавская Л.Н. (отв. сост.), Величко Л.Ф., Сычаева Н.А., Садчикова А.А.** Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – (На CD).
19. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Крючкова О.В., Величко Л.Ф.** Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – (На CD).
20. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Крючкова О.В., Величко Л.Ф.** Каталог землетрясений Приамурья и Приморья, 2002 год // Землетрясения Северной Евразии, 2002 год. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
21. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Величко Л.Ф., Крючкова О.В.** Каталог землетрясений Приамурья и Приморья за 2003 год // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – (На CD).
22. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Величко Л.Ф.** Каталог землетрясений ( $N=729$ ) Приамурья и Приморья за 2004 год // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – (На CD).
23. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Величко Л.Ф., Донова Т.Я.** Каталог землетрясений ( $N=423$ ) и взрывов ( $N=204$ ) Приамурья и Приморья за 2005 год // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – (На CD).
24. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Величко Л.Ф., Донова Т.Я.** Каталог землетрясений ( $N=380$ ) и взрывов ( $N=207$ ) Приамурья и Приморья за 2006 год // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
25. **Каталоги землетрясений по различным регионам России // Землетрясения России в 2005 году.** – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 52–53.
26. **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.
27. **Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий /** Отв. ред. Г.А. Шатков, А.С. Вольский – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. – 190 с.
28. **Николаев В.В., Семенов Р.М., Оскорбин Л.С. и др.** Сейсмотектоника и сейсмическое районирование Приамурья. – Новосибирск: Наука (СО), 1989. – 128 с.
29. **Медведев С.В.** Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 151–162.