

## 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,

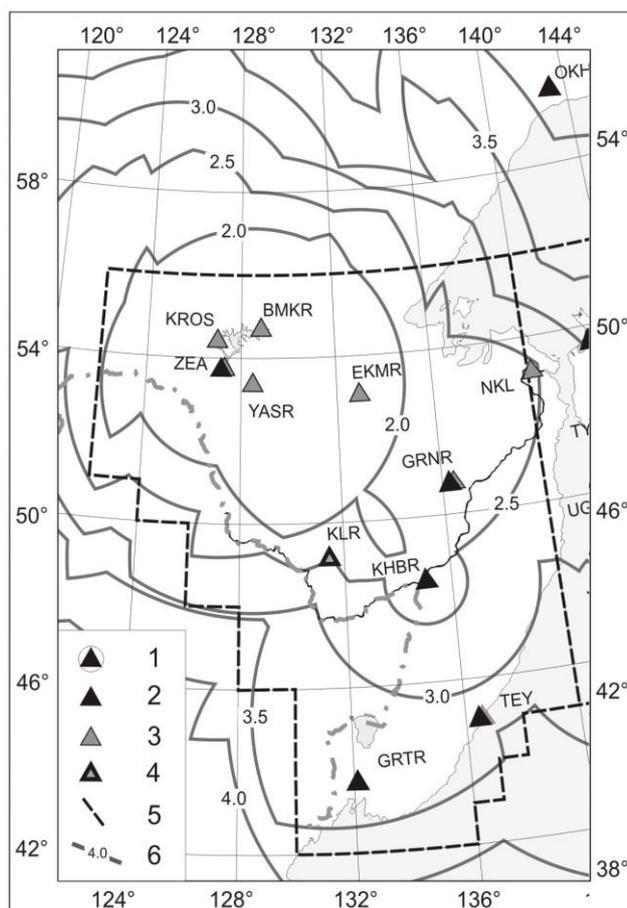
**Сеть станций.** Условия для непрерывной регистрации землетрясений на территории Приамурья и Приморья в 2008 г., по сравнению с таковыми в 2007 г. [1], не изменились. Продолжили свою работу восемь аналоговых сейсмических станций («Николаевск-на-Амуре» (NKL), «Бомнак» (BMKR), «Кировский» (KROS), «Ясный» (YASR), «Зея» (ZEA), «Горный» (GRNR), «Экимчан» (EKMR), «Терней» (TEY)) и шесть цифровых («Хабаровск» (KHBR), «Горный» (GRNR), «Терней» (TEY), «Зея» (ZEA), «Горнотаежное» (GRTR), «Охотск» (OKHT)) на базе регистраторов Datamark LS-7000XT с короткопериодными сейсмометрами L4C-3D и длиннопериодными – STS-2, установленными в период 2005–2007 гг. в рамках научного сотрудничества по проекту «Исследование сеймотектоники Охотоморской плиты» между сообществом университетов Японии и ГС РАН.

К сожалению, не обошлось без простоев в работе некоторых станций. Наиболее длительный перерыв в регистрации землетрясений (1 мая–31 декабря) произошел на сейсмической станции «Ясный», главным образом по причине отсутствия электроэнергии и закрытия населенного пункта пос. Ясный. Перерывы в регистрации землетрясений зафиксированы на сейсмических станциях «Экимчан» (7 марта–2 апреля) и «Горный» (1–30 ноября, 1–17 декабря). Станция «Кировский» не работала весь год по техническим причинам. Все эти сбои в работе станций отрицательно повлияли на численный и качественный результат при составлении каталога землетрясений Приамурья и Приморья в указанное время.

Данные о станциях и параметры аппаратуры приведены в [2], их положение показано на рис. 1.

**Карта представительности  $M_{\min}$ .** Действующая в 2008 г. сеть станций (рис. 1) обеспечила в районе станций «Кировский», «Бомнак», «Зея», «Ясный», «Экимчан» представительный уровень магнитуды  $M_{\min}=2.0$  ( $K_{\min}\approx 8$ ). На значительной территории Приамурья и Приморья не должны быть пропущены землетрясения с  $M_{\min}=3$  ( $K_{\min}\approx 9$ ), но в южной части региона уверенно могут регистрироваться лишь события с  $M_{\min}=3.5$  ( $K_{\min}\approx 10$ ). Пересчет классов  $K_r$  в магнитуды выполнен по формуле Т.Г. Раутина из [3]:

$$M_{\text{расч}} = (K_r - 4) / 1.8.$$



**Рис. 1.** Карта магнитудной представительности землетрясений  $M_{\min}$ , Приамурья и Приморья в 2008 г.

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

**Методика обработки.** Для локации землетрясений региона привлекались данные всех сейсмических станций сети Сахалинского филиала ГС РАН: Приамурья и Приморья [2], Сахалина [4], Курил [5], сейсмической станции «Кульдур» (KLR) ГС РАН, станционные бюллетени Прибайкалья, Якутии, Сейсмологический бюллетень ГС РАН (MOS) [6], сведения агентств JMA, NEIC, ISC из бюллетеня ISC [7].

Методика обработки данных [8–13], границы региона и сейсмоактивных районов [14] не изменились, по сравнению с таковыми в 2007 г. [1].

В региональный каталог [15] включены основные параметры 966 сейсмических событий, из них – 524 коровых ( $h=3–30$  км) землетрясений, 8 – глубокофокусных с  $h=301–558$  км, а 434 события отнесены к категории «возможно взрыв». Тринадцать коровых землетрясений из 524, помеченные в графе «район» каталога [15] буквой «Я», находятся вне зоны ответственности сети региона и в обзоре не анализируются, но присутствуют ниже в сводной годовой таблице чисел землетрясений. На рис. 2 дано помесечное распределение взрывов, землетрясений и всех событий вместе. Как видим, наибольшее число ( $N=62$ ) землетрясений зарегистрировано в апреле, наименьшее ( $N=30$ ) – в июле.

Методика обработки взрывов не изменилась: продолжалась работа по распознаванию записей промышленных взрывов в соответствии с рекомендациями в [16]. Изменения в местоположении площадок взрывных работ и карта эпицентров событий «возможно взрыв» представлены на рис. 3. Суммарное число взрывов ( $N=434$ ) [15] на 27 % превышает этот показатель ( $N=316$ ) в 2007 г. [1]. Связано это главным образом с активным освоением территории Приамурья – строительством нефтепровода ВСТО, прокладкой новых дорог, возведением крупных промышленных объектов, увеличением числа карьеров и рудников. Обнаружены новые взрывные площадки: севернее пос. Бомнак взрывы регистрировались с июля и до конца года, район карьера «Гулянь» на территории Китая, взрывные работы севернее Тынды (северо-западнее сейсмической станции «Кировский») регистрировались с января по июль.

Надо заметить, что в феврале, марте, июле число техногенных событий превосходило число зарегистриро-

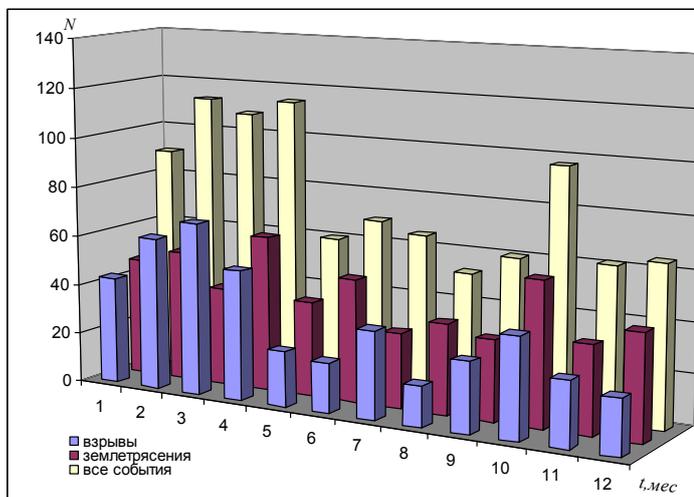


Рис. 2. Распределение ежемесячных чисел взрывов, землетрясений и всех сейсмических событий Приамурья и Приморья в 2008 г.

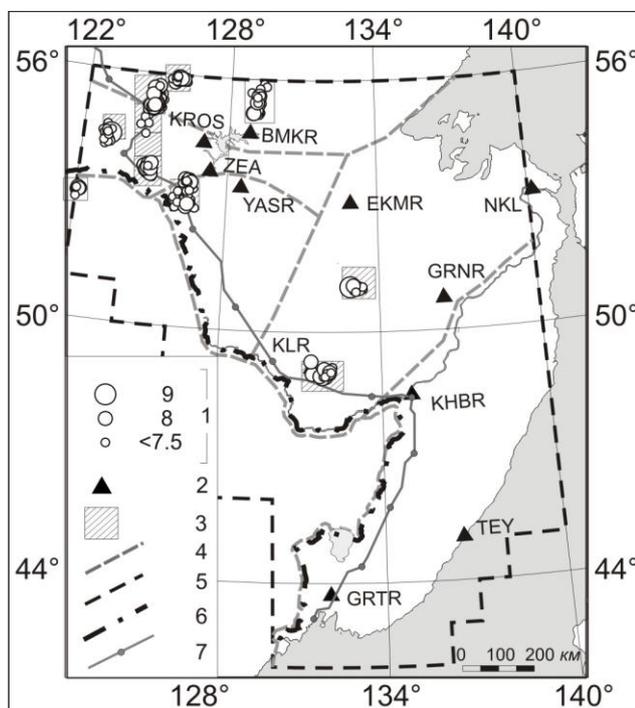


Рис. 3. Карта эпицентров взрывов на территории Приамурья и Приморья в 2008 г.

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

ванных естественных землетрясений. Максимальная активность взрывных работ отмечается с января по апрель (рис. 2). Диапазон классов взрывов составил  $K_p=5.8-8.6$ , а величина суммарной сейсмической энергии равна  $\Sigma E_{взр}=0.0102 \cdot 10^{12}$  Дж, что соизмеримо с энергией взрывов за 2007 г. ( $\Sigma E_{взр}=0.0096 \cdot 10^{12}$  Дж [1]). Два самых сильных ( $K_p=8.6$ ) взрыва были зарегистрированы 11 января в 04<sup>h</sup>16<sup>m</sup> в окрестностях пос. Чегдомын (южнее Экимчана, район № 4) и 30 марта в 05<sup>h</sup>48<sup>m</sup> у пос. Ларба (западнее трассы ВСТО, район № 2).

Распределение взрывов по районам региона представлено в табл. 1. Значительно увеличилось их число в Становом районе (с  $N=12$  в 2007 г. до  $N=213$  в 2008 г.), энергетический диапазон которых составил  $K_p=5.8-8.2$ . Взрывные работы на уровне объемов в 2007 г. продолжались в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе № 2 и Зейско-Селемджинском № 3. В два раза, по сравнению с таковым в 2007 г., уменьшилось число взрывов в Турано-Буреинском районе, где регистрировались наиболее сильные взрывы с  $K_p=8.6$ . В районе вновь выявленного карьера «Гулянь» в Приграничном районе № 6 (на территории КНР) зарегистрировано восемь взрывов с  $K_p=7.2-8.2$ . В районе № 5 существующей сетью станций взрывы не зафиксированы.

Таблица 1. Распределение числа взрывов в регионе Приморья и Приамурья в 2008 г.

№	Район	$N_{\Sigma}$	$K_{min}-K_{max}$
1	Становой	213	5.8–8.2
2	Янкан-Тукурингра Джагдинский	122	5.9–8.6
3	Зейско-Селемджинский	65	6.0–8.1
4	Турано-Буреинский	26	6.8–8.6
5	Сихотэ-Алиньский	0	
6	Приграничный	8	7.2–8.2

Карта эпицентров землетрясений представлена на рис. 4, где максимальная плотность эпицентров наблюдается в северо-западной части региона с наибольшей плотностью сейсмических станций. Заметна сейсмическая активность и на юге, в районе станции «Кульдур». Слабоактивна восточная часть региона и асейсмичен участок к востоку от хр. Туран.

Наиболее сильное ( $K_p=13.6$ ,  $MLH=5.4$ ,  $Mw_{GCMТ}=5.1$ ) коровое ( $h=16$  км) землетрясение (5) произошло 17 июня в 17<sup>h</sup>26<sup>m</sup> в районе № 2 [15] в пределах центральной части Северо-Тукурингского глубинного разлома, в непосредственной близости к Зейской ГЭС (рис. 4). В его очаге выделилась энергия, равная  $3.981 \cdot 10^{13}$  Дж, или 96 % от всей энергии коровых землетрясений. Оно вызвало в ближайших к эпицентру населенных пунктах сотрясения с максимальной в 2008 г. интенсивностью  $I=4-5$  баллов [17] (описание см. ниже).

Среди глубокофокусных землетрясений наиболее значительными событиями 2008 г. оказались землетрясения (4) и (6). Первое произошло 19 мая в 10<sup>h</sup>08<sup>m</sup> с  $MPVA=6.6$ ,  $Mw_{GCMТ}=5.7$  южнее Владивостока на глубине  $h=518 \pm 10$  км. Эпицентр второго землетрясения, которое произошло 29 июня в 20<sup>h</sup>53<sup>m</sup> с  $MPVA=6.2$ ,  $Mw_{GCMТ}=6$  и глубиной залегания очага  $h=319 \pm 7$  км, располагался восточнее пос. Терней, на шельфе Японского моря.

Ощутимы, кроме упомянутого максимального землетрясения 17 июня, еще два толчка, произошедшие 22 февраля в 09<sup>h</sup>20<sup>m</sup> с  $K_p=11.3$ ,  $h=19$  км и 27 августа в 18<sup>h</sup>29<sup>m</sup> с  $K_p=11.4$ ,  $h=8$  км с интенсивностью сотрясений  $I=3-4$  и  $I=2$  балла соответственно [15, 17].

Для вышеупомянутого корового землетрясения (5) и четырех глубокофокусных землетрясений (3, 4, 6, 9) (9 апреля в 23<sup>h</sup>=12<sup>m</sup> с  $h=435$  км,  $MPVA=5.0$ ; 19 мая в 10<sup>h</sup>08<sup>m</sup> с  $h=518$  км,  $MPVA=6.6$ ; 29 июня в 20<sup>h</sup>53<sup>m</sup> с  $h=319$  км,  $MPVA=6.2$ ; 22 октября в 16<sup>h</sup>18<sup>m</sup> с  $h=558$  км,  $MPVA=5.1$ ) определены механизмы очагов (рис. 4 [18]).

В табл. 2 приведено распределение коровых землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по данным каталогов Приморья и Приамурья за 2000–2008 гг. [15, 19–26], а на рис. 5 показаны годовые числа коровых землетрясений и суммарная сейсмическая энергия за этот период. Основная коровая сейсмичность региона сосредоточена в районах №№ 1–3, а также в северо-восточной части района № 4, которые находятся в области, ограниченной изолинией  $M_{min}=2$  ( $K_{min} \approx 8$ ) (рис. 1). В связи с этим сравнение значений  $N_{\Sigma}$  и  $\Sigma E$  за 2000–2008 гг. проводится для землетрясений с  $K_p \geq 7.6$  (табл. 2). Однако

следует заметить, что, несмотря на проведенные работы по выявлению взрывов, в число естественных землетрясений могут входить и взрывы, которые не удалось выявить при обработке.

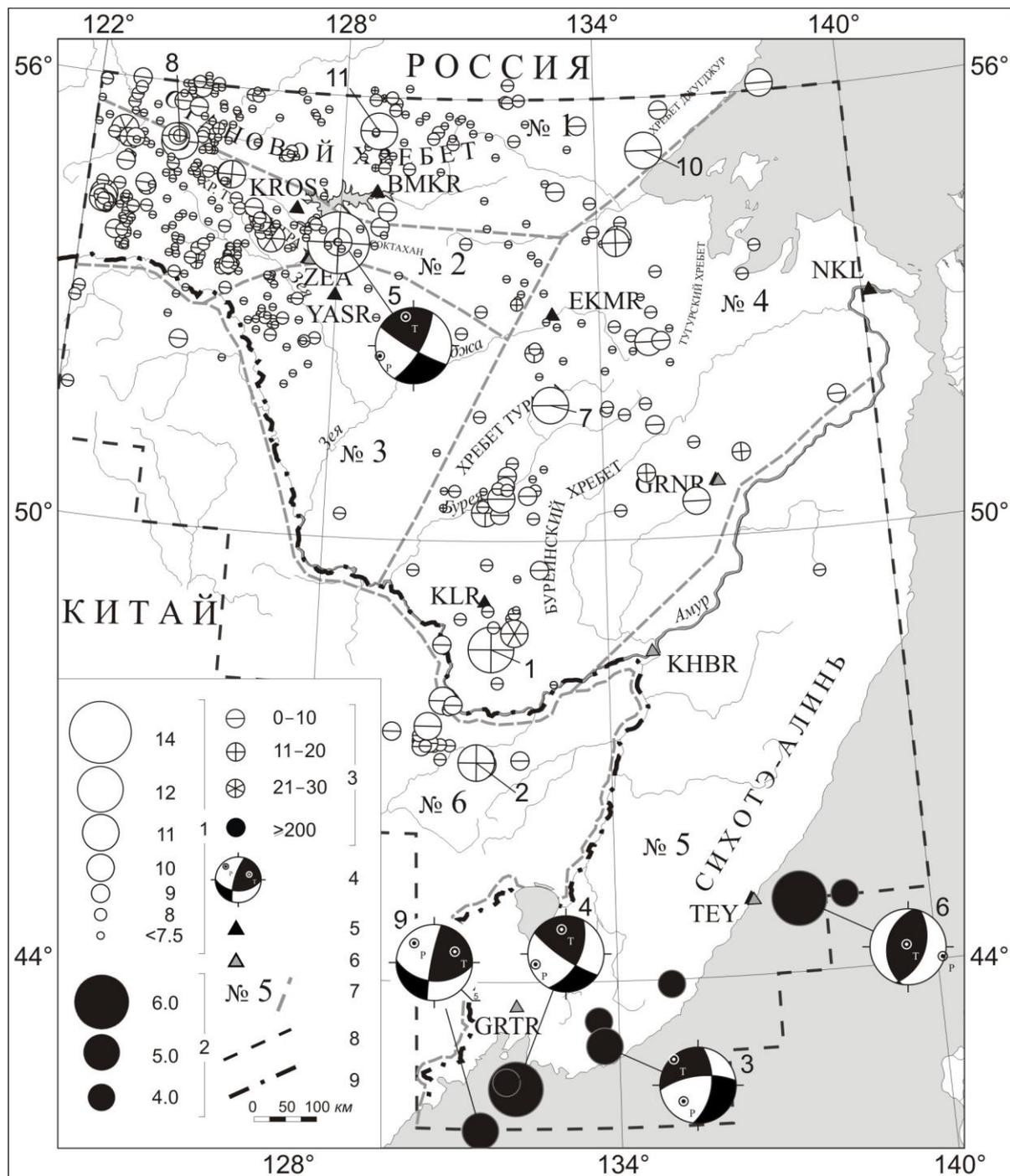


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Приамурья и Приморья в 2008 г.

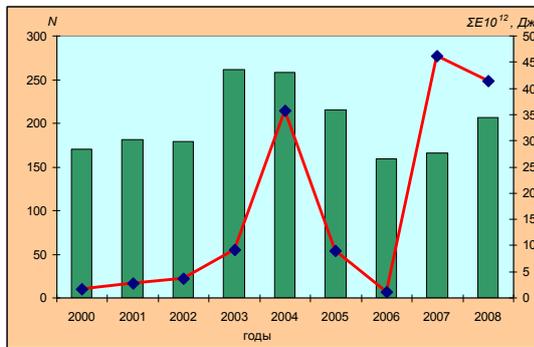
1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – магнитуда  $MPVA$ ; 3 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 4 – стереограмма механизма очага, нижняя полусфера, зачернена область волн сжатия; 5, 6 – аналоговая и цифровая сейсмические станции соответственно; 7 – номер и граница условного района; 8, 9 – граница региона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

Как следует из табл. 2, число коровых землетрясений ( $N=207$ ) с  $K_p \geq 7.6$ , зарегистрированных в регионе в 2008 г., сравнимо со среднегодовым их числом ( $N=218$ ) в период наблюдений 2000–2007 гг. Но суммарная сейсмическая энергия за 2008 г., равная  $\Sigma E = 41.425 \cdot 10^{12}$  Дж, понизилась, по сравнению с таковой в 2007 г. ( $\Sigma E = 46.206 \cdot 10^{12}$  Дж), и выше средней за последние восемь лет наблюдений в 13.6 раз.

**Таблица 2.** Распределение коровых землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  за 2000–2008 гг. (с  $K_p \geq 7.6$ )

Год	$K_p$							$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{12} \text{ Дж}$
	8	9	10	11	12	13	14		
2000	108	43	13	5	1			170	1.6745
2001	131	35	10	3	2			181	2.8024
2002	133	34	7	4	1			179	3.6068
2003	193	44	17	1	6			261	9.0767
2004	185	46	16	8	2	1		258	35.7332
2005	138	52	15	5	5			215	8.8927
2006	111	36	10	1	1			159	1.0277
2007	100	50	7	3	4	2		166	46.2063
Сумма	1099	340	95	30	22	3		1589	109.0203
Среднее	137.4	42.5	11.9	3.8	2.8	0.4		198.6	13.63
2008	142	41	17	5	1		1	207	41.4254

Графическое представление годовых оценок числа коровых землетрясений и суммарной энергии из табл. 2 дано на рис. 5.



**Рис. 5.** Изменение ежегодного числа коровых землетрясений Приамурья и Приморья и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  за 2000–2008 гг.

Число всех зарегистрированных коровых землетрясений в регионе Приамурья и Приморья, как указано выше, равно  $N=511$ , что на 14.5 % больше, чем соответствующее значение ( $N=428$ ) для 2007 г. [1]. Несмотря на это, суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений (табл. 2, рис. 5) снизилась до величины  $\Sigma E=41.4254 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ , что в 1.5 раза ниже такового значения ( $\Sigma E=46.2063 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ ) в 2007 г. [1].

В 2008 г. локализованы восемь глубокофокусных землетрясений (все в районе № 5) с суммарной энергией  $\Sigma E=5850.554 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ , что в 1.9 раза больше такового значения для глубокофокусных землетрясений в 2007 г. [1]. В табл. 3 дано распределение числа коровых землетрясений по энергетическому классу  $K_p$ , а глубокофокусных – по магнитуде  $MPVA$ , а также рассчита-

на суммарная сейсмическая энергия по районам региона за 2008 г. Наибольшее число ( $N=243$ ) землетрясений с очагами в земной коре произошло в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2). И лишь одно коровое землетрясение в 2008 г. 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 2007–2008 гг. Максимальное количество (93 %) высвобожденной сейсмической энергии коровых землетрясений отмечено в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2) (табл. 3, рис. 6 и 7).

**Таблица 3.** Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу  $K_p$ , глубокофокусных – по магнитуде  $MPVA$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам Приамурья и Приморья в 2008 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	14			
1	Становой		24	63	30	8		2					127	0.1696
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	3	40	123	53	14	8	1				1	243	40.1855
3	Зейско-Селемджинский		2	23	8								33	0.00112
4	Турано-Буреинский	1	5	17	33	14	6	1	1				78	0.9804
5	Сихотэ-Алиньский				1								1	0.00025

$h \leq 30 \text{ км}$														
№	Районы	$K_p$											$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
6	Приграничный		1	2	17	5	3	1					29	0.09171
	Всего	4	72	228	142	41	17	5	1		1		511	41.4286
	Вне зоны ответственности сети			7	5		1						13	0.0046

$h \geq 300 \text{ км}$												
№	Районы	$MPVA$			$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$						
		4	5	6								
5	Сихотэ-Алиньский	4	2	2	8	5850.554						
6	Приграничный				0	0						
	Всего	4	2	2	8	5850.554						

Примечание. При составлении таблицы величина глубокофокусных землетрясений приводилась к магнитуде  $M_S$  путем пересчета из магнитуды  $MPVA$  по следующим соотношениям:  $M_S = 1.77 \cdot MPVA - 5.2$  ( $70 \text{ км} < h \leq 390 \text{ км}$ );  $M_S = 1.85 \cdot MPVA - 4.9$  ( $h > 390 \text{ км}$ ) [27].

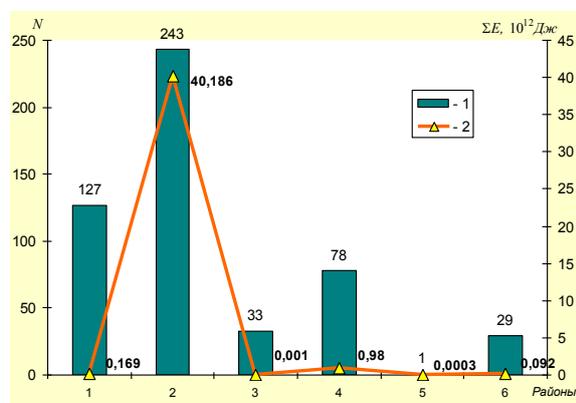


Рис. 6. Распределение числа коровых землетрясений (1) и суммарной сейсмической энергии (2)  $\Sigma E$  по шести районам Приамурья и Приморья в 2008 г.

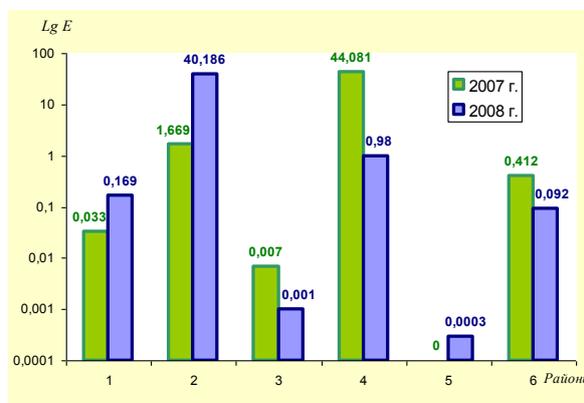


Рис. 7. Изменение суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  коровых землетрясений по районам Приамурья и Приморья в 2007–2008 гг.

Далее приводится обзор сейсмичности в каждом из условно выделенных районов региона.

В **Становом районе (№ 1)** в 2008 г. зарегистрировано 127 коровых землетрясений, что сопоставимо с числом зарегистрированных землетрясений 2007 г. ( $N=109$ ) [1], но их суммарная сейсмическая энергия, равная  $\Sigma E = 0.169 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ , выше соответствующей величины ( $\Sigma E = 0.022 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ ) в 7.7 раза (табл. 3, рис. 6 и 7). В 2008 г. в районе сохраняется характер умеренной сейсмичности. Два наиболее сильных землетрясения (10) и (11) имели одинаковый энергетический класс  $K_p = 10.9$ . Первое из них зарегистрировано 25 октября в  $17^{\text{h}}43^{\text{m}}$  с  $h = 7 \pm 1 \text{ км}$  на восточной окраине отрогов хр. Джугджур, второе – 6 ноября в  $09^{\text{h}}53^{\text{m}}$  с  $h = 10 \pm 3 \text{ км}$  в пределах Станового хребта. Надо заметить, что в этом месте в данный момент регистрируется множество промышленных взрывов с  $K_p \leq 8.2$  (рис. 3, табл. 1). Также достаточно большая часть взрывов зарегистрирована, как и 2007 г. [1], в западной части района, вдоль трассы пос. Нагорный – г. Тынды.

Эпицентры остальных коровых землетрясений с  $K_p \leq 9.0$  довольно равномерно распределились по всей площади района (рис. 4), исключая крайнюю восточную часть с низкой магнитудной представительностью ( $M_{\min} = 2.5$  ( $K_{\min} = 8.5$ )) землетрясений (рис. 1).

**Янкан-Тукурингра-Джагдинский район (№ 2)** в 2008 г. стал самым активным (табл. 3, рис. 6 и 7) как по числу зарегистрированных коровых землетрясений ( $N=243$  вместо 190), так и по количеству выделившейся суммарной сейсмической энергии ( $\Sigma E = 40.186 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$  вместо  $\Sigma E = 0.482 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$  [1]), что выше почти в 83 раза. Причиной резкого подъема уровня высвобож-

денной сейсмической энергии явилось неоднократно упоминаемое выше землетрясение 17 июня с  $K_p=13.6$ ,  $MLH=5.4$  [15].

Эпицентр этого землетрясения находился в зоне хр. Соктахан, восточнее Зейского водохранилища (рис. 4). Его очаг сформировался под влиянием близгоризонтального ( $PL_p=7^\circ$ ) напряжения сжатия, ориентированного в запад–юго-западном ( $AZM=253^\circ$ ) направлении, и большего наклона ( $PL_T=19^\circ$ ) напряжения растяжения, ориентированного в север–северо-западном направлении ( $AZM=345^\circ$ ) [18]. Ось промежуточного напряжения близвертикальна и ориентирована на юго-восток. Одна из возможных плоскостей разрыва ( $NP1$ ) имеет юго-восточное простирание с крутым ( $DP_1=82^\circ$ ) падением на юго-запад, плоскость  $NP2$  простирается на северо-северо-восток и чуть менее круто ( $DP_2=72^\circ$ ) падает на юго-восток. Тип подвижки в очаге – сдвиг, левосторонний по  $NP1$  и правосторонний по  $NP2$ , с очень незначительными компонентами взброса. Согласно собранным макросейсмическим данным [17], землетрясение ощущалось в ближайшем к эпицентру г. Зей ( $\Delta=52$  км) с интенсивностью  $I=4–5$  баллов, в пос. Горный ( $\Delta=77$  км), Овсянка ( $\Delta=81$  км), Кировский ( $\Delta=82$  км), Бомнак ( $\Delta=96$  км), Октябрьский ( $\Delta=115$  км) до 4 баллов по шкале MSK-64 [28]. К сожалению, более подробных сведений получить не удалось. Землетрясение сопровождалось слабой афтершоковой активностью, до конца года зарегистрировано семь афтершоков, наиболее сильный ( $K_p=10.0$ ) из которых произошел 31 августа в  $10^h40^m$  с  $h=19\pm 1$  км.

Эпицентр второго заметного землетрясения (8), которое произошло 27 августа в  $18^h29^m$  с  $h=8\pm 3$  км, располагался западнее г. Тында. Магнитуда его составила  $MLH=3.8$ , а энергетический класс  $K_p=11.4$ . Землетрясение ощущалось жителями пос. Хорогочи ( $\Delta=27$  км), г. Тында ( $\Delta=41$  км) с минимальной интенсивностью  $I=2$  балла [17].

Так же как и в 2007 г. [1], наибольшая плотность эпицентров землетрясений с  $K_p=4.7–10.3$  наблюдалась к западу от Зейского водохранилища, вдоль всего хр. Тукурингра.

Промышленные взрывы регистрировались на территории района западнее и юго-западнее Зейского водохранилища, вдоль трассы строящегося нефтепровода, в районе Покровского рудника, рудника «Пионер» и др. (рис. 3). Общее число взрывов составило  $N=122$  в диапазоне энергетических классов  $K_p=5.9–8.6$  с суммарной энергией  $3.215 \cdot 10^9$  Дж (табл. 3/1).

**В Зейско-Селемджинском районе (№ 3)** в 2008 г. число зарегистрированных землетрясений возросло в 2.2 раза, по сравнению с таковым ( $N=15$ ) в 2007 г. [1], и составило  $N=33$ , но количество суммарной сейсмической энергии района снизилось с  $\Sigma E=0.0067 \cdot 10^{12}$  Дж [1]  $\Sigma E=0.0011 \cdot 10^{12}$  Дж (табл. 3, рис. 6 и 7), т.е. в 5.6 раз.

Большая часть слабых ( $K_p=6.2–8.2$ ) землетрясений группируется в северо-западной части района (рис. 4). Здесь не исключается засорение каталога взрывами, поскольку, так же как и в 2007 г., в этом месте проводились взрывные работы. В течение 2008 г. было зарегистрировано ( $N=65$ ) взрывов с  $K_p=6.0–8.1$  (рис. 3, табл. 1), что сопоставимо с данными 2007 г. [1].

Проявления сейсмичности в центральной и южной частях района крайне незначительны. Наиболее сильное ( $K_p=8.4$ ) на данной территории землетрясение произошло 15 октября в  $17^h18^m$  с  $h=10\pm 1$  км западнее пос. Экимчан.

**В Турано-Бурейском районе (№ 4)** уровень сейсмической активности значительно снизился, по сравнению с таковым в 2007 г. [1], как по числу землетрясений (78 вместо 101), так и по суммарной энергии. Здесь было зарегистрировано коровых землетрясений на 23 меньше, чем в 2007 г. Суммарная сейсмическая энергия, равная  $\Sigma E=0.980 \cdot 10^{12}$  Дж, в 12.7 раз меньше соответствующей ( $12.45 \cdot 10^{12}$  Дж [31]) величины в 2007 г. (табл. 3, рис. 6 и 7).

Уменьшилась сейсмическая активность, имевшая место в 2007 г. [1] в пространстве разветвленной системы разломов Танлу [29, 30]. Наиболее сильное ( $K_p=11.9$ ) землетрясение (1) произошло 22 февраля в  $09^h20^m$  в пределах разломной зоны в южной части района. Его очаг локализован на глубине  $h=19\pm 1$  км. Оно ощущалось в г. Облучье ( $\Delta=65$  км), пос. Кульдур ( $\Delta=79$  км), г. Биробиджан ( $\Delta=101$  км) с интенсивностью  $I=3–4$  балла [17]. Энергетический класс остальных немногочисленных землетрясений не превышал  $K_p=10.2$  (рис. 4). Редкая сеть сейсмических станций ограничивает возможность более детальных исследований этой области.

В отрогах хр. Турана 26 августа в  $08^h25^m$  с  $h=9\pm 1$  км произошло землетрясение (7) с  $K_p=11.1$  [15]. Небольшой рой из десяти коровых землетрясений с  $K_p=6.9–9.6$  был зарегистрирован в районе среднего течения р. Бурей с апреля по декабрь 2008 г. На северо-западе района

регистрировались слабые ( $K_p \leq 9.6$ ) землетрясения, в то время как восточная часть района находилась в спокойном состоянии. На территории района в окрестностях пос. Кульдур и пос. Чегдомын в течение 2008 г., как и в 2007 г. [1], продолжалась регистрация взрывов с  $K_p=6.8-8.6$  (рис. 3), число которых уменьшилось почти в 2 раза и составило  $N=26$  (табл. 1).

В Сихотэ-Алиньском районе (№ 5) в 2008 г. зарегистрировано лишь одно коровое землетрясение с  $K_p=8.4$ ,  $\Sigma E=0.0003 \cdot 10^{12}$  Дж, которое произошло 23 февраля в  $05^h09^m$  с  $h=10$  км в северной части хр. Сихотэ-Алинь (рис. 4), и восемь глубокофокусных ( $h=301-558$  км) землетрясений с  $MPVA=4.0-6.6$  [15]. Суммарная сейсмическая энергия глубокофокусных землетрясений достигла величины  $\Sigma E=5850.55 \cdot 10^{12}$  Дж, что почти в 2 раза превышает таковое значение в 2007 г. (табл. 3).

Эпицентры глубокофокусных землетрясений равномерно обрамляют береговую линию южной части Приморского края (рис. 4). Землетрясения распределены во времени неравномерно, что хорошо видно на рис. 8. Наибольшее число землетрясений приходится на период с марта по июнь 2008 г., чередуясь с затишьем с июля по октябрь.

В целом существующая сеть сейсмических станций не позволяет проводить качественные детальные наблюдения за сейсмическим режимом данного района.

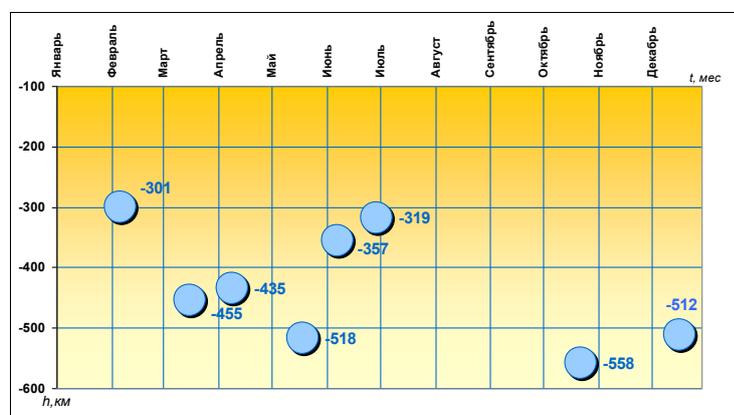


Рис. 8. Развертка во времени глубокофокусных землетрясений Приамурья и Приморья в 2008 г

Для четырех глубокофокусных землетрясений удалось определить механизм очага [18], их стереограммы изображены на рис. 4. Самое сильное ( $MPVA=6.6$ ,  $Mw_{GCMT}=5.7$ ) землетрясение (4) произошло 19 мая в южной части залива Петра Великого на глубине. Оно реализовалось под воздействием запад-юго-западного ( $AZM=251^\circ$ ) близгоризонтального ( $PL_p=14^\circ$ ) сжатия и близмеридионального ( $AZM=350^\circ$ ) наклонного ( $PL_T=31^\circ$ ) растяжения. Одна из возможных плоскостей разрыва ( $NP1$ ) имеет юго-восточное ( $STK=124^\circ$ ) простираение с крутым

( $DP_1=79^\circ$ ) падением на юго-запад, вторая возможная плоскость разрыва ( $NP2$ ) простирается в север-северо-восточном ( $STK=27^\circ$ ) направлении и под углом  $57^\circ$  падает на юго-восток (рис. 4). Тип подвижки в очаге землетрясения – взбросо-сдвиг (левосторонний) по  $NP1$  и правосторонний сдвиг с компонентами взброса – по  $NP2$ . В декабре (17 декабря в  $15^h53^m$ ), в этой же очаговой области было зарегистрировано еще одно землетрясение с  $MPVA=4.1$  и  $h=512$  км.

На южном рубеже зоны ответственности СФ ГС РАН, восточнее мыса Шульца 22 октября в  $16^h18^m$  произошло землетрясение (9) с  $MPVA=5.1$ ,  $h=558 \pm 7$  км. Подвижка в его очаге типа взбросо-сдвиг. Одна из возможных плоскостей разрыва простирается на юг и круто ( $DP_1=83^\circ$ ) падает на запад, вторая – имеет субширотное простираение с падением под меньшим углом ( $DP_2=46^\circ$ ) на юг.

Землетрясение (6) с  $MPVA=6.2$ ,  $Mw_{GCMT}=6.0$  зарегистрировано 29 июня в  $20^h53^m$  восточнее пос. Терней на глубине  $h=319 \pm 7$  км. Его очаг находился под воздействием близширотных ( $AZM=105^\circ$ ) близгоризонтальных ( $PL_p=5^\circ$ ) напряжений сжатия и север-северо-западных ( $AZM=330^\circ$ ) близвертикальных ( $PL_T=83^\circ$ ) напряжений растяжения. Обе плоскости разрыва имеют субмеридиональное ( $STK_1=189^\circ$ ,  $STK_2=19^\circ$ ) простираение, одна из которых под углом  $40^\circ$  падает на восток, другая – под углом  $50^\circ$  падает на запад. Тип подвижки в очаге – взброс.

Эпицентры трех глубокофокусных землетрясений расположились на материковой прибрежной части юга Приморского края, их очаги залегали под отрогами хр. Сихотэ-Алинь. Наиболее сильное ( $MPVA=5.0$ ) из них произошло 9 апреля в  $23^h12^m$  на глубине  $h=435 \pm 13$  км. Очаг землетрясения находился под воздействием почти горизонтального ( $PL_T=6^\circ$ ) напряжения растяжения, ориентированного на север-запад ( $AZM=317^\circ$ ) и наклонного ( $PL_p=39^\circ$ ) напряже-

ния сжатия, ориентированного на юго-запад ( $AZM=222^\circ$ ). Одна из возможных плоскостей разрыва имеет субширотное ( $STK_1=263^\circ$ ) простирание с крутым ( $DP_1=68^\circ$ ) падением на север, вторая – близмеридиональное ( $STK_2=7^\circ$ ) простирание с менее крутым ( $DP_2=58^\circ$ ) падением на восток. Тип подвижки в очаге – сбросо-сдвиг [18].

В Приграничном районе (№ 6) уровень сейсмической активности по числу коровых землетрясений слегка (на 24 %) увеличился, по сравнению с таковым в 2007 г. [1]. Однако суммарная сейсмическая энергия, равная  $\Sigma E=0.092 \cdot 10^{12}$  Дж (табл. 3, рис. 6 и 7), в 4.6 раз меньше таковой ( $\Sigma E=0.420 \cdot 10^{12}$  Дж [31]) в 2007 г.

Наибольшее число эпицентров коровых землетрясений концентрируется вблизи государственной границы с Китаем. Наиболее сильное ( $K_p=10.8$ ) землетрясение (2) произошло в долине р. Сунгари 3 апреля в  $07^h33^m$  на глубине  $h=19 \pm 5$  км. Это землетрясение предварял небольшой ( $K_p=9.8$ ) форшок, зарегистрированный 3 апреля в  $04^h06^m$ . Афтершоков не было. Остальные эпицентры ( $N=15$ ) этого роя с  $K_p=7.9-10.1$  расположились северо-западнее, в окрестностях городка Хэган – известного угледобывающего района. Предположение о техногенной природе этих событий не подтвердилось, т.к. 50 % из них происходили в ночное и вечернее время.

На крайнем западе района зарегистрированы несколько взрывов на территории Китая в обширном карьере «Гулянь». Всего было идентифицировано восемь взрывов с  $K_p=7.2-8.2$ .

В заключение можно отметить, что особенностью сейсмического режима в 2008 г. в Приамурье и Приморье явилось усиление сейсмической активности в Янкан-Тукуринграджагдинском районе (№ 2) в зоне Северо-Тукуринградского разлома и явное снижение ее уровня в Турано-Буреинском районе (№ 4), наиболее активном в 2007 г. [1]. Остальная территория находится в стадии фонового проявления сейсмичности. Особенностью 2008 г. является возросшее число взрывов по причине активного народохозяйственного освоения территории Приамурья.

#### 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, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 163–174.
2. Коваленко Н.С. Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
4. Фокина Т.А., Кислицина И.П., Нагорных Т.В., Сафонов Д.А. Сейсмические станции Сахалина в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
5. Фокина Т.А., Дорошкевич Е.Н., Нагорных Т.В., Сафонов Д.А. Сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2008 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2008–2009. – URL: [http://ftp.gsr.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2008/](http://ftp.gsr.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2008/).
7. Bulletin of the International Seismological Centre for 2008. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
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 // Тео-

- рия и анализ сейсмологических наблюдений (Вычислительная сейсмология. Вып. 12). – М.: Наука, 1979. – С. 45–58.
12. **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.
  13. **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.
  14. **Габсатарова И.П.** Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С 139.
  15. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Величко Л.Ф., Донова Т.Я., Федоркова Г.В.** Каталог землетрясений ( $N=532$ ) и взрывов ( $N=434$ ) Приамурья и Приморья за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
  16. **Годзиковская А.А.** Местные взрывы и землетрясения. – Личный архив, 2000. – 108 с.
  17. **Коваленко Н.С. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений ( $N=3$ ) в населенных пунктах Приамурья и Приморья в 2008г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
  18. **Сафонов Д.А. (отв. сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Приамурья и Приморья за 2008 год ( $N=5$ ). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
  19. **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).
  20. **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).
  21. **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).
  22. **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).
  23. **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).
  24. **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).
  25. **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).
  26. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), сост. Федоркова Г.В., Донова Т.Я.** Каталог землетрясений ( $N=462$ ) и взрывов ( $N=316$ ) Приамурья и Приморья за 2007 год // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – (На CD).
  27. **Каталоги землетрясений по различным регионам России** // Землетрясения России в 2005 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 52–53.
  28. **Медведев С.В.** Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 151–162.
  29. **Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий** / Отв. ред. Г.А. Шатков, А.С. Вольский – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. – 190 с.
  30. **Николаев В.В., Семенов Р.М., Оскорбин Л.С. и др.** Сейсотектоника и сейсмическое районирование Приамурья. – Новосибирск: СО РАН, 1989. – 128 с.
  31. **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. // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – (На CD).