

ПРИАМУРЬЕ И ПРИМОРЬЕ**Н.С. Коваленко¹, Т.А. Фокина¹, Д.А. Сафонов^{1,2}**¹Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск,
kovalenko@seismo.sakhalin.ru, fokina@seismo.sakhalin.ru²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, d.safonov@imgg.ru

Сеть станций. Условия для непрерывной регистрации землетрясений на территории Приамурья и Приморья в 2009 г., по сравнению с таковыми в 2008 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 сейсмоструктуры Охотоморской плиты» между сообществом университетов Японии и ГС РАН. Данные о станциях и параметры аппаратуры приведены в [2], их положение показано на рис. 1.

К сожалению, не обошлось без простоев в работе некоторых сейсмических станций, что негативно повлияло на результаты обработки и представительность землетрясений в указанное время. Данные по длительности простоев приведены в табл. 1.

Таблица 1. Длительность простоев регистрирующих каналов на станциях Приамурья и Приморья [3]

№	Название сейсмической станции	Тип комплекта аппаратуры	Длительность перерывов в регистрации (в часах)				
			I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	сумма за год
1	Зея	СКМ-3	2.6	6.5	6.7	1.5	17.3
		СКД	9.5	16.8	14.6	12.9	53.8
		LS7000XT					
2	Николаевск-на-Амуре	СКМ-3	18.6	26.2	1.2	102.6	148.6
		СКД	5.6	12.0	31.1	354.0	402.7
3	Терней	СКМ-3	12.0		0.9	1.5	14.4
		СКД	22.0	26.6	36.6		85.2
		LS7000XT		6.0			6.0
4	Горнотаежное	LS7000XT		680.4	1236.7	1568.6	3485.7
5	Охотск	LS7000XT		42.0			42.0
6	Хабаровск	LS7000XT			525.0		525.0
7	Горный	СКМ-3	109.5	19.0	6.3	13.7	148.5
		LS7000XT				69.0	69.0
8	Кировский	СКМ-3	406.6	1.6	87.4	13.5	509.1
9	Бомнак	СКМ-3	90.7	47.0	445.5	102.4	685.6
10	Ясный	СКМ-3	1656.0	1416.0	2208.0	2184.0	7464.0
11	Экимчан	СКМ-3	0.7	0.5	61.8	752.0	815.0

Наиболее длительный перерыв в регистрации землетрясений произошел на сейсмической станции «Ясный», главным образом по причине вынужденного закрытия станции в апреле в связи с планируемым переводом ее в пос. Октябрьский. До конца 2009 г. станцию не удалось запустить. Большой простой в течение второго полугодия цифровой станции Datamark на сейсмической станции «Горнотаежное» вызван выходом из строя регистратора LS7000XT из-за удара молнии. В течение октября не работала станция «Экимчан». Менее длительные сбои в работе отмечены на станциях «Бомнак», «Хабаровск», «Кировский».

Карта представительности M_{\min} в 2009 г. не претерпела изменений.

Действующая в 2009 г. сеть станций (рис. 1) обеспечила возле 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_p в магнитуды для мелкофокусных землетрясений выполнен по формуле Т.Г. Раутиан из [4]: $M_{\text{расч}}=(K_p-4)/1.8$.

Методика обработки. Для локации землетрясений региона привлекались данные всех сейсмических станций сети Сахалинского филиала ГС РАН: Приамурья и Приморья [2], Сахалина [5], Курил [6], сейсмической станции «Кульдур» (KLR) ГС РАН, станционные бюллетени Прибайкалья, Якутии, Сейсмологический бюллетень ГС РАН (MOS) [7], сведения агентств JMA, NEIC, ISC из бюллетеня ISC [8].

Методика обработки данных [9–14], границы региона и сейсмоактивных районов [15] не изменились, по сравнению с таковыми в 2008 г. [1].

В региональный каталог [16], схема содержания которого изображена на рис. 2, включены основные параметры 991 сейсмического события, из них – 563 коровых ($h=5\text{--}29$ км) землетрясений, 14 – глубокофокусных с $h=240\text{--}572$ км, а 414 событий отнесены к категории «возможно взрыв».

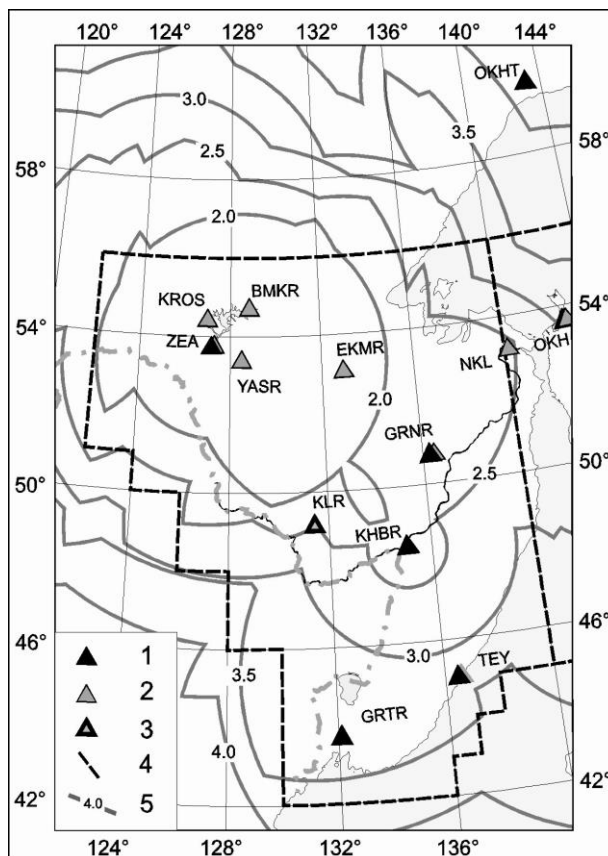


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} , Приамурья и Приморья в 2009 г.

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

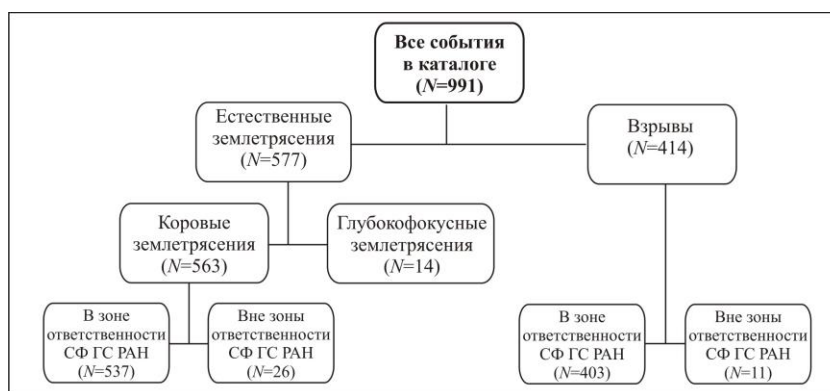


Рис. 2. Схема содержания каталога землетрясений Приамурья и Приморья в 2009 г.

Классификация коровых землетрясений и взрывов дана по энергетическим классам K_p шкалы Т.Г. Раутиан [17] и магнитуды – по поверхностным волнам (MLH) по среднепериодной аппаратуре и по объемным продольным волнам ($MPVA$) по короткопериодной аппаратуре. Все 414 взрывов имеют значения классов K_p и 372 взрыва (т.е. 90%) имеют дополнительно значение $MPVA$; все 563 землетрясения с очагом в земной коре имеют значения K_p и 468 землетрясений, т.е. 83%, – значения $MPVA$, четыре землетрясения – значения MLH .

Классификация глубокофокусных землетрясений ($N=14$) дана только по магнитудам: (MPV) – по объемным продольным волнам по среднепериодной и ($MPVA$) – короткопериодной аппаратуре; (MSH) – по объемным поперечным волнам по среднепериодной аппаратуре; (MLH) – по поверхностным волнам также по среднепериодной аппаратуре. Все 14 глубокофокусных землетрясения имеют значения $MPVA$, 11 землетрясений – $MSHA$, 7 – MSH , 5 – MPV , 1 – MLH [16].

Двадцать шесть из 563 коровых землетрясений и одиннадцать событий категории «возможно взрыв» из 414, помеченные в графе «район» каталога [16] буквами «Я» (Якутия) или «Б» (Байкал), находятся вне зоны ответственности сети региона и в обзоре не анализируются. На рис. 3 дано помесечное распределение взрывов, землетрясений и всех событий вместе. Как видим, наибольшее число землетрясений ($N=74$) зарегистрировано, как и в 2008 г. [1], в апреле, наименьшее ($N=29$) – в сентябре и октябре.

Методика обработки взрывов не изменилась: продолжалась работа по распознаванию записей промышленных взрывов в соответствии с рекомендациями в [18].

Местоположение площадок взрывных работ и карта эпицентров событий «возможно взрыв» представлены на рис. 4. В 2009 г. вблизи северо-восточной границы Приграничного района № 6 выявлена еще одна площадка взрывных работ на территории КНР вблизи г. Хэган, одного из центров угледобывающей промышленности северной провинции Китая. Новая площадка взрывных работ также появилась северо-восточнее станции «Бомнак»- $BMKR$.

При выявлении взрывов на территории Китая надо иметь в виду, что взрывные работы здесь могут производиться поздним вечером и даже в ночное время суток, поэтому метод распознавания взрывов по времени суток для этой территории не подходит.

Суммарное число взрывов ($N=403$ [16]), зарегистрированных на территории региона, сравнимо с показателем 2008 г. ($N=434$ [1]). Связано это главным образом с продолжением активного промышленного освоения территории Приамурья. Надо заметить, что в январе и октябре из общего числа событий $N_{\Sigma}=90$ и 60, соответственно, число техногенных событий ($N_{\text{взр}}=48$ и 32) превосходило число зарегистрированных естественных землетрясений ($N_{\text{зем}}=42$ и 29) [16]. Повышенное число взрывов отмечается в январе ($N_{\text{взр}}=48$) и марте ($N_{\text{взр}}=51$) (рис. 3). Энергетический диапазон классов взрывов составил $K_p=5.7-8.8$, а величина суммарной сейсмической энергии равна $\Sigma E_{\text{взр}}=0.0117 \cdot 10^{12}$ Дж, что соизмеримо с энергией

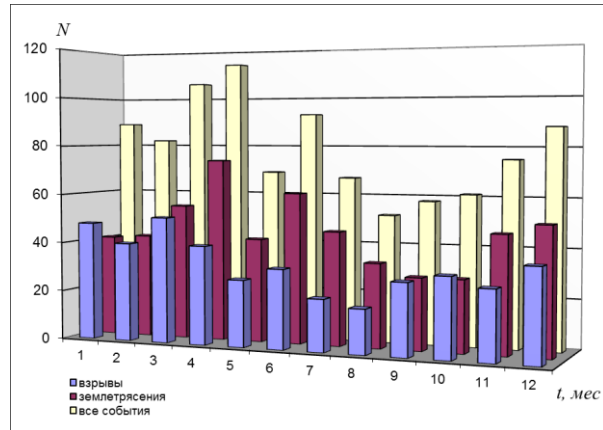


Рис. 3. Распределение ежемесячных чисел взрывов, землетрясений и всех сейсмических событий Приамурья и Приморья в 2009 г.

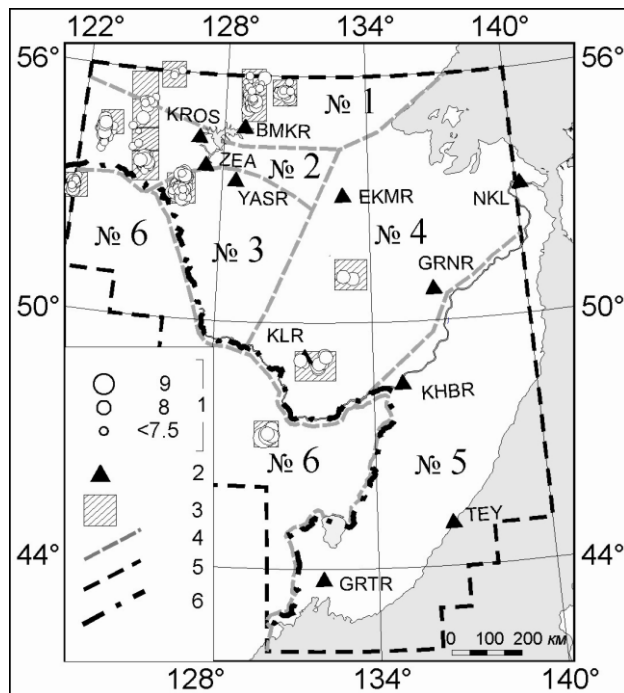


Рис. 4. Карта эпицентров взрывов на территории Приамурья и Приморья в 2009 г.

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

взрывов за 2008 г. ($\Sigma E_{\text{взр}}=0.0102 \cdot 10^{12}$ Дж [1]), но составляет менее 1% годовой суммарной сейсмической энергии коровых землетрясений. Самый сильный ($K_p=8.8$) взрыв был зарегистрирован 5 января в 06^h45^m на территории Китая, в окрестностях г. Хэган. На российской территории наиболее сильный ($K_p=8.5$) взрыв зарегистрирован 4 апреля в 02^h15^m на площади Покровского рудника в Амурской области.

Распределение взрывов по районам региона представлено в табл. 2. Более чем в два раза уменьшилось число взрывов в Становом районе (№ 1) (с $N=213$ в 2008 г. до $N=82$ в 2009 г.). Энергетический диапазон взрывов составил $K_p=5.9-8.3$. Почти в два раза увеличился объем взрывных работ в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе № 2 (с $N=122$ в 2008 г. до $N=209$ в 2009 г.). На 20% больше зарегистрировано взрывов в Зейско-Селемджинском районе № 3. Продолжает уменьшаться число взрывов в Турано-Буреинском районе (особенно в районе пос. Чегдомын) – лишь 13 взрывов зарегистрировано здесь в 2009 г., что в два раза меньше, по сравнению с таковым в 2008 г. [1]. В Приграничном районе № 6 (на территории КНР) зарегистрировано 18 взрывов, которые производились в районе карьера «Гулянь» (западная граница района) и угольных карьеров в районе г. Хэган (ближе к восточной границе района), где 5 января в 06^h45^m был зарегистрирован самый сильный взрыв с $K_p=8.8$. В районе № 5 существующей сетью станций взрывы не зарегистрированы.

Таблица 2. Распределение числа взрывов по районам Приморья и Приамурья в 2009 г.

№	Район	N_{Σ}	$K_{\min}-K_{\max}$
1	Становой	82	5.9–8.3
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	209	5.7–8.3
3	Зейско-Селемджинский	81	6.4–8.5
4	Турано-Буреинский	13	6.5–8.1
5	Сихотэ-Алиньский	0	
6	Приграничный	18	6.9–8.8
	Всего	403	

Карта эпицентров землетрясений представлена на рис. 5, где видно, что плотность эпицентров в северо-западной части региона заметно уменьшилась, по сравнению с таковой в 2008 г. [1]. Заметно возросла сейсмическая активность территории чуть восточнее Буреинского хребта, в разветвленной системе разломов Танлу, к которой и были приурочены эпицентры землетрясений, вытянувшиеся вдоль разлома в северо-восточном направлении. Активизировалась и южная часть Приморского края – здесь увеличилось число и коровых, и глубокофокусных землетрясений. Район хребта Сихотэ-Алинь (№ 5) остается почти асейсмичной территорией ($N_{\Sigma}=4$ [16]).

Среди коровых землетрясений наиболее значительными событиями 2009 г. оказались землетрясения (5) и (18) с $h=12$ и 13 км. Землетрясение (5) произошло 13 апреля в 15^h10^m с $K_p=12.1$, $MLH=4.4$ в Турано-Буреинском районе [16] в верховьях р. Селемджи, в ненаселенном районе. Сведений об осязутимости этого землетрясения не поступало. Второе землетрясение (18) произошло 19 декабря в 13^h26^m с $K_p=12.0$ и $h=13$ км в районе № 6 на территории пограничного Китая, западнее оз. Ханка. Оно ощущалось в пос. Камень-Рыболов ($\Delta=81$ км) с интенсивностью $I=3-4$ балла [19].

Самое сильное ($MPVA=6.5$) глубокофокусное ($h=382 \pm 5$ км) землетрясение (19) произошло 24 декабря в 00^h23^m. Эпицентр землетрясения находился в Японском море, юго-восточнее г. Владивосток. По данным Японского метеорологического агентства (JMA), оно ощущалось с интенсивностью сотрясений до $I_{\max}=3-4$ балла (по шкале MSK-64) [20] на островах Хоккайдо и Хонсю. В его очаге выделилась энергия, равная $\Sigma E=1.98 \cdot 10^{14}$ Дж.

Кроме двух осязутимых землетрясений, упомянутых выше, имеются макросейсмические сведения еще по пяти землетрясениям (6, 8, 10, 12, 17). Наиболее значительное ($K_p=11.1$) из них произошло 21 апреля в 06^h15^m на глубине $h=29$ км. Интенсивность вызванных им сотрясений составила $I_{\max}=4$ балла в пос. Хурмули ($\Delta=21$ км) [16, 19].

Для восьми глубокофокусных землетрясений (1, 7, 11, 15, 16, 17, 19) определены механизмы очагов (рис. 5) [21].

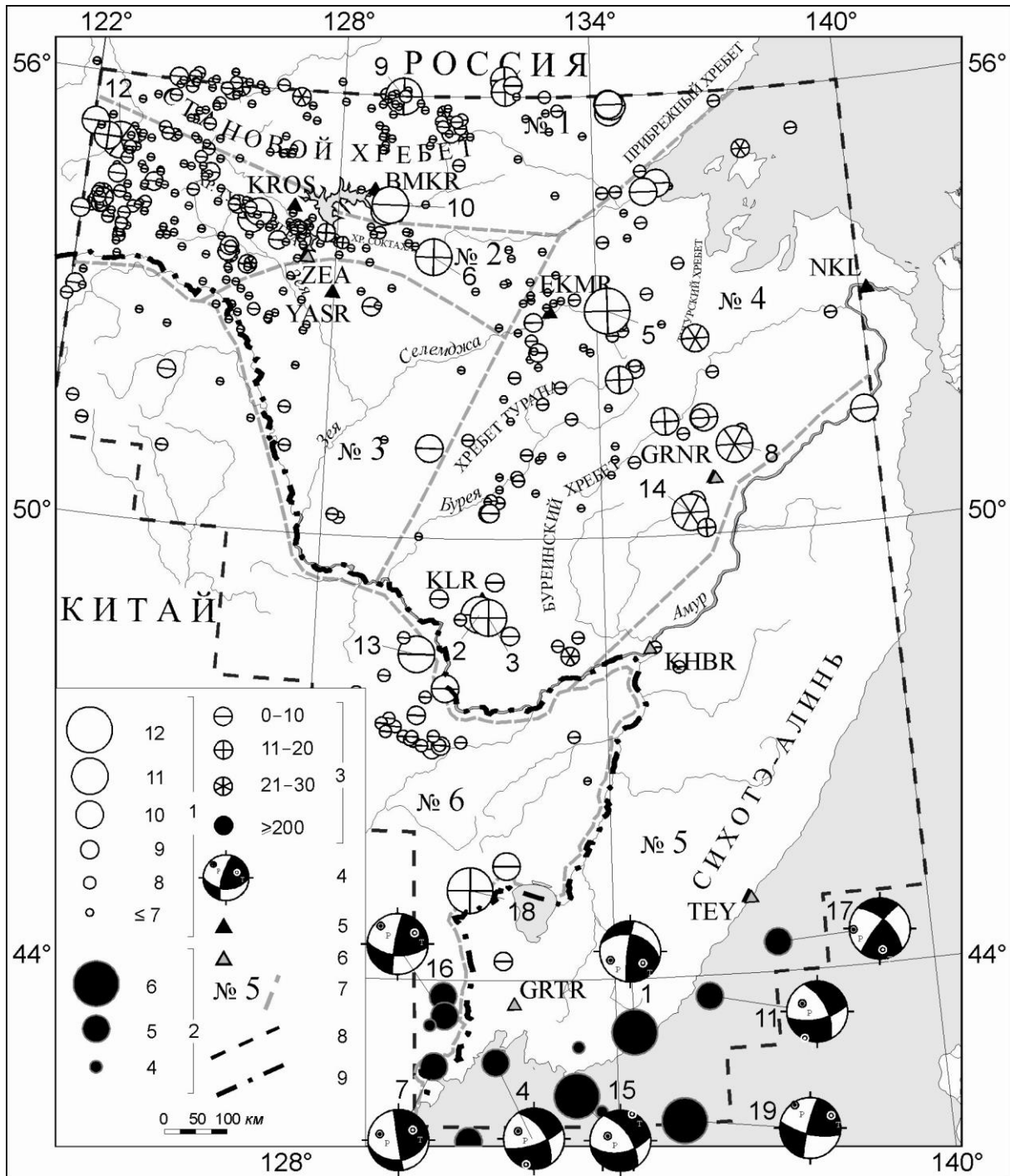


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Приамурья и Приморья в 2009 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – магнитуда M_{PVA} ; 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.

В табл. 3 приведено распределение числа коровых землетрясений, зарегистрированных внутри границ региона, по энергетическим классам K_p и их годовая суммарная сейсмическая энергия ΣE по данным каталогов Приморья и Приамурья за 2000–2009 гг. [16, 22–30], а на рис. 6 показаны годовые числа коровых землетрясений и суммарная сейсмическая энергия за этот период. Сравнение значений N_{Σ} и ΣE за 2000–2009 гг. проводится для землетрясений с $K_p \geq 7.6$. Здесь следует заметить, что, несмотря на проведенные работы по выявлению взрывов, в число естественных землетрясений могут входить и техногенные события, которые не удалось выявить при обработке. Энергетический класс промышленных взрывов на территории Приаму-

рья и Приморья в редких случаях превышает $K_p=8.5$, поэтому вклад нераспознанных событий в суммарную величину энергии незначителен.

Как следует из табл. 3, число коровых землетрясений ($N=197$) с $K_p \geq 7.6$, зарегистрированных в регионе в 2009 г., сравнимо со среднегодовым их числом ($N=199.6$) в период наблюдений 2000–2008 гг. Но суммарная сейсмическая энергия за 2009 г., равная $\Sigma E=3.5 \cdot 10^{12}$ Дж, значительно, в 11.8 раз, понизилась, по сравнению с таковой в 2008 г. ($\Sigma E=41.4 \cdot 10^{12}$ Дж), и почти в 5 раз снизилась, по сравнению со средним показателем за последние девять лет наблюдений.

Таблица 3. Распределение коровых землетрясений с $K_p \geq 7.6$ по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 2000–2009 гг.

Год	K_p							N_{Σ}	ΣE , 10^{12} Дж
	8	9	10	11	12	13	14		
2000	108	43	13	5	1			170	1.7
2001	131	35	10	3	2			181	2.8
2002	133	34	7	4	1			179	3.6
2003	193	44	17	1	6			261	9.1
2004	185	46	16	8	2	1		258	35.7
2005	138	52	15	5	5			215	8.9
2006	111	36	10	1	1			159	1.0
2007	100	50	7	3	4	2		166	46.2
2008	142	41	17	5	1		1	207	41.4
Сумма	1241	381	112	35	23	3	1	1796	150.4
Среднее	137.9	42.3	12.4	3.9	2.6	0.3	0.1	199.6	16.7
2009	121	46	19	9	2			197	3.5

Графическое представление годовых оценок числа коровых землетрясений и суммарной энергии из табл. 3 дано на рис. 6.

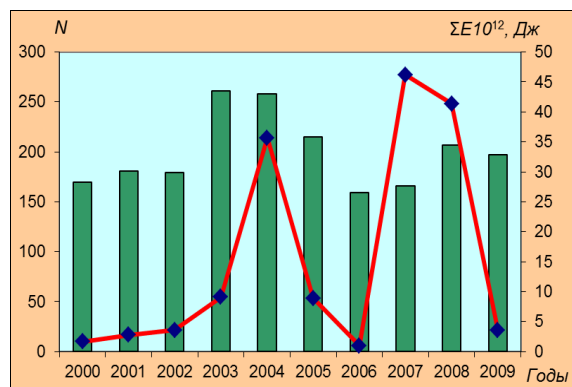


Рис. 6. Изменение ежегодного числа коровых землетрясений Приамурья и Приморья и суммарной сейсмической энергии ΣE за 2000–2009 гг.

Число всех зарегистрированных коровых землетрясений в 2009 г. в регионе «Приамурье и Приморье» равно $N=537$, что лишь на 4.8% больше, чем соответствующее значение ($N=511$) для 2008 г. [1]. Несмотря на это, суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений (табл. 3 и 4, рис. 6) снизилась до величины $\Sigma E=3.5 \cdot 10^{12}$ Дж, что в 11.8 раз ниже такового значения ($\Sigma E=41.4 \cdot 10^{12}$ Дж) в 2008 г. [1].

В 2009 г. локализовано 14 глубокофокусных землетрясений (в районах № 5 и № 6), что на 43% больше, чем в 2008 г. Суммарная сейсмическая энергия всех глубокофокусных землетрясений 2009 г. составила $\Sigma E=265.7 \cdot 10^{12}$ Дж (табл. 4).

В табл. 4 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 2009 г. Наибольшее число ($N=243$) землетрясений с очагами в земной коре, как и в 2008 г. [1], произошло в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2). И лишь четыре коровых землетрясения зарегистрировано в Сихотэ-Алиньском районе (№ 5), а в 2008 г. – только одно. На рис. 7 приведены распределения числа коровых землетрясений и суммарной сейсмической энергии по районам региона, а на рис. 8 показано сравнительное распределение величины сейсмической энергии по районам за 2008–2009 гг. Максимальное количество (49%) высвобожденной сейсмической энергии коровых землетрясений отмечено в Турано-Буреинском районе (№ 4) (табл. 4, рис. 7 и 8).

Таблица 4. Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу K_p , глубоководных – по магнитуде $MPVA$ и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Приамурья и Приморья в 2009 г.

$h \leq 30$ км											
№	Районы	K_p								N_Σ	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж
		5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Становой		20	62	28	9	5	2		126	0.254
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	3	69	120	31	14	4	2		243	0.211
3	Зейско-Селемджинский		6	19	5	1	1			32	0.006
4	Турано-Буреинский	1	7	25	32	16	7	4	1	93	1.712
5	Сихотэ-Алиньский				2	1	1			4	0.006
6	Приграничный			8	23	5	1	1	1	39	1.274
	Всего	4	102	234	121	46	19	9	2	537	3.464
	Вне зоны ответственности сети		1	16	5	2	2			26	0.021

$h \geq 200$ км						
№	Районы	$MPVA$			N_Σ	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж
		4	5	6		
5	Сихотэ-Алиньский	3	5	3	11	260.3
6	Приграничный	1	2		3	5.4
	Всего	4	7	3	14	265.7

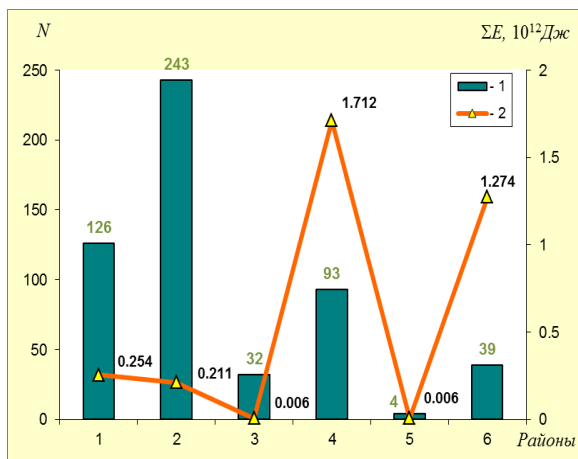


Рис. 7. Распределение числа коровых землетрясений (1) и суммарной сейсмической энергии (2) ΣE по шести районам Приамурья и Приморья в 2009 г.

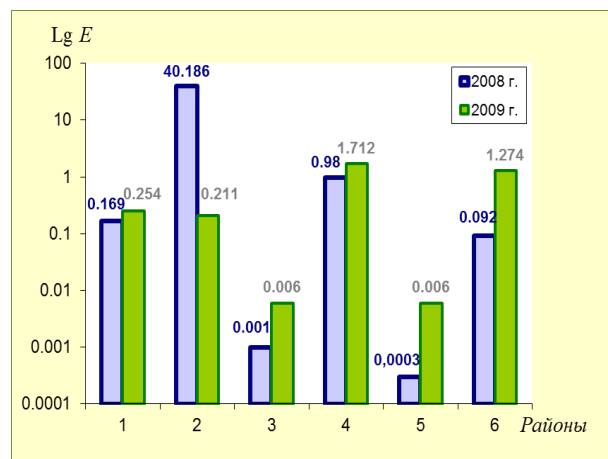


Рис. 8. Изменение суммарной сейсмической энергии ΣE коровых землетрясений по районам Приамурья и Приморья в 2008–2009 гг.

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

В **Становом районе (№ 1)** в 2009 г. зарегистрировано 126 коровых землетрясений, что сопоставимо с числом землетрясений в 2008 г. ($N=127$) [1]. Их суммарная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=0.254 \cdot 10^{12}$ Дж, немного выше соответствующей величины ($\Sigma E=0.170 \cdot 10^{12}$ Дж) в 2008 г., т.е. в 1.5 раза (табл. 4, рис. 7 и 8). В 2009 г. в районе сохранялся характер умеренной сейсмичности. Два наиболее сильных землетрясения (9) и (10) пришлось на весеннее время года и имели одинаковый энергетический класс $K_p=11.0$. Первое из них зарегистрировано 26 апреля в $10^h 48^m$ с $h=20 \pm 3$ км в пределах Станового хребта, второе – 24 мая в $00^h 30^m$ с $h=10 \pm 3$ км – у северной оконечности Зейского водохранилища и ощущалось в г. Зeya ($\Delta=149$ км) с интенсивностью $I=2$ балла. Оно сопровождалось слабо выраженной афтершоковой последовательностью. До конца 2009 г. здесь было зарегистрировано пять событий с $K_p=6.0-9.9$ и $h=7-21$ км (табл. 5).

Таблица 5. Основные параметры главного толчка и афтершоков землетрясения 24 мая 2009 г. в 00^h30^m с $K_p=11.0$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр		h , км	K_p
			φ°, N	λ°, E		
Основной толчок						
(10)	24.05	00 30 46.2	54.51	129.20	10	11.0
Афтершоки						
1	24.08	10 58 10.7	54.55	129.23	21	9.2

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр		h , км	K_p
			φ°, N	λ°, E		
2	27.09	05 50 49.0	54.34	129.42	10	6.0
3	09.11	06 29 47.8	54.67	129.31	10	8.2
4	17.12	07 56 08.2	54.42	129.08	7	9.9
5	24.12	12 33 22.7	54.42	129.13	10	8.8

В конце сентября – начале октября на восточной окраине района зарегистрирован небольшой рой из шести землетрясений, эпицентры которых располагались в хребте Геран. Как следует из табл. 6, диапазон энергетических классов землетрясений роя составил $K_p=7.7-10.1$.

Таблица 6. Рой Геранских землетрясений в 2009 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ°, N	λ°, E		
1	26.09	20 33 21.5	55.78	134.41	7	10.0
2	27.09	13 11 45.6	55.77	134.37	10	7.7
3	02.10	02 48 54.4	55.89	134.40	10	9.8

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ°, N	λ°, E		
4	02.10	14 57 18.4	55.86	134.49	10	10.1
5	02.10	15 12 24.6	55.81	134.35	10	8.7
6	02.10	16 51 44.3	55.88	134.42	10	9.9

Эпицентры остальных коровых землетрясений с $K_p \leq 9.0$ довольно равномерно распределились по всей площади района, исключая асейсмичную юго-восточную часть (рис. 5).

В **Янкан-Тукурингра-Джагдинский районе (№ 2)** в 2009 г., как и в 2008 г. [1], было зарегистрировано $N=243$ коровых землетрясения (табл. 4, рис. 7 и 8). Однако по количеству выделившейся суммарной сейсмической энергии данный район утратил свои лидирующие позиции ($\Sigma E=0.211 \cdot 10^{12}$ Дж вместо $\Sigma E=40.186 \cdot 10^{12}$ Дж [1]). К сожалению, в это число могут входить невыявленные взрывы. Особенно это касается запад-юго-западной части района. Как правило, взрывы имеют небольшой энергетический класс $K_p < 8.6$ и существенного влияния не оказывают на результат выделившейся суммарной энергии.

Наиболее активным на территории района остается Тукурингра-Джагдинский пояс, к которому приурочено наибольшее число эпицентров землетрясений. В отрогах хребта Джагды 15 апреля в 08^h17^m на глубине $h=11 \pm 1$ км зарегистрировано наиболее сильное ($K_p=11.1$) землетрясение (6), которое ощущалось жителями г. Зея ($\Delta=194$ км) с интенсивностью $I=2$ балла [19]. Еще одно ощутимое землетрясение (12) произошло 28 мая в 02^h21^m с $h=24 \pm 2$ км и $K_p=10.6$ в районе хребта Чернышова, на северо-западе района и вызвало в г. Тында ($\Delta=129$ км) колебания с интенсивностью $I=2$ балла [19].

В непосредственной близости к Зейской ГЭС регистрировались лишь слабые землетрясения с $K_p \leq 8.6$.

В **Зейско-Селемджинском районе (№ 3)** в 2009 г. число зарегистрированных землетрясений ($N=32$) осталось на уровне числа землетрясений в 2008 г. ($N=33$) [1], но количество суммарной сейсмической энергии района повысилось с $\Sigma E=0.001 \cdot 10^{12}$ Дж в 2008 г. [1] до $\Sigma E=0.006 \cdot 10^{12}$ Дж – в 2009 г. (табл. 4, рис. 7 и 8), т.е. в 6 раз. Наиболее сильное ($K_p=9.7$) землетрясение произошло 20 марта в 03^h28^m с $h=7 \pm 1$ км на восточной окраине Зейско-Буреинской равнины. Вся же центральная часть равнины остается асейсмичной. Большая часть слабых ($K_p=6.2-8.2$) землетрясений группируется в северо-западной части района (рис. 5). Здесь не исключается засорение каталога взрывами, поскольку, так же, как и в 2008 г., в этом месте проводились взрывные работы (рис. 4). Некоторое слабое проявление сейсмичности отмечено вдоль границы с КНР.

В **Турано-Буреинском районе (№ 4)** 13 апреля в 15^h10^m произошло самое сильное ($K_p=12.1$, $MLH=4.4$) коровое землетрясение региона в 2009 г. (5) на глубине $h=12 \pm 4$ км. Эпицентр землетрясения находился в верховьях р. Селемджа. В результате уровень сейсмической

активности несколько повысился, по сравнению с таковым в 2008 г. [1], как по числу землетрясений (93 вместо 78), так и по выделившейся суммарной сейсмической энергии, величина которой ($\Sigma E=1.712 \cdot 10^{12}$ Дж) стала самой высокой в регионе (табл. 4, рис. 7 и 8).

Вновь после значимых событий 2007 г. [29] активизировался участок в пространстве разветвленной системы разломов Танлу [32, 33], относительно спокойный в 2008 г. Два землетрясения с $K_p=11.1$ (8 и 14) произошли в центральной его части. Эпицентр землетрясения (8) от 21 апреля в 06^h15^m находился севернее Комсомольска-на-Амуре. Его гипоцентр локализован в нижней части земной коры на глубине $h=29 \pm 4$ км. Землетрясение ощущалось в пос. Хурмули ($\Delta=21$ км) с интенсивностью $I=4$ балла, в пос. Горный ($\Delta=58$ км) с интенсивностью $I=2$ балла [19]. Эпицентр землетрясения (14), которое произошло в пределах хребта Джаки-Унахта-Якбыяна 19 июня в 15^h24^m, находится юго-западнее землетрясения (8). Глубина его гипоцентра составила $h=21 \pm 1$ км. Макросейсмических данных по этому событию не получено.

Небольшой рой землетрясений в пределах разломной зоны, в южной ее части, зарегистрирован в окрестностях пос. Кульдур. Наиболее сильные события роя (2, 3) с $K_p=10.7$ и 10.9 произошли в 4 апреля в 01^h59^m и 5 апреля в 00^h30^m (табл. 7).

Таблица 7. Рой Кульдурских землетрясений в 2009 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p
			φ° , N	λ° , E						φ° , N	λ° , E		
1	21.02	06 55 45.5	49.10	131.41	10	7.0	4	24.10	06 28 02.7	48.91	131.37	10	8.4
(2)	04.04	01 59 19.1	48.97	131.38	10	10.7	5	04.11	05 43 14.5	48.90	131.64	10	7.9
(3)	05.04	00 30 18.4	48.93	131.57	16	10.9	6	12.11	06 40 22.6	48.87	131.70	10	8.2

Надо в очередной раз отметить, что в этой местности достаточно часто проводятся взрывные работы (рис. 4) и имеется некоторая вероятность попадания в каталог землетрясений техногенного происхождения. Энергетический класс остальных землетрясений не превышал $K_p=10.1$.

В Сихотэ-Алиньском районе (№ 5) в 2009 г. зарегистрировано четыре коровых землетрясения с $K_p=9.6-8.1$, суммарная сейсмическая энергия которых составила $\Sigma E=0.006 \cdot 10^{12}$ Дж (табл. 4, рис. 7 и 8), превысив аналогичный показатель 2008 г. в 20 раз, когда на территории района возник лишь один очаг. Наиболее сильное событие с $K_p=9.6$ зарегистрировано на крайнем севере района, в пойме р. Амур. Два слабых землетрясения ($K_p < 9$) произошли в районе Хабаровска (18 июня в 00^h03^m с $K_p=8.5$, 13 декабря в 13^h20^m с $K_p=8.1$) и одно с $K_p=9.2$ – южнее оз. Ханка (31 августа в 06^h53^m) [16].

Также в 2009 г. возросло число глубокофокусных землетрясений, с $N=8$ в 2008 г. до $N=11$ – в 2009 г. Их эпицентры обрамляют юг Приморского края (рис. 5). Суммарная сейсмическая энергия глубокофокусных землетрясений района составила $\Sigma E=260.3 \cdot 10^{12}$ Дж.

Для семи глубокофокусных землетрясений (одно из них находится в районе № 6) удалось определить механизм очага [21], их стереограммы изображены на рис. 5. Большинство глубокофокусных землетрясений района характеризуются сдвиговыми подвижками в очаге.

Самое сильное ($MPVA=6.5$) землетрясение (19) произошло 24 декабря в 00^h23^m в Японском море. Глубина очага землетрясения составила $h=382 \pm 5$ км. Подвижка в его очаге реализовалась под воздействием близгоризонтального напряжения сжатия и чуть более крутого напряжения растяжения. Одна из возможных плоскостей разрыва близмеридиональна с крутым ($DP=83^\circ$) падением на восток, вторая – близширотна с чуть менее крутым ($DP=71^\circ$) падением на юг. Тип подвижки в очаге – сдвиг.

Еще одно ощутимое глубокофокусное ($h=306$ км) землетрясение (17) с $MPVA=5.0$ произошло 15 ноября в 20^h31^m на шельфе Японского моря, юго-восточнее Тернея. Очаг землетрясения находился под воздействием близгоризонтального напряжения сжатия и более крутого напряжения растяжения. Одна из нодальных плоскостей имеет северо-западное простирание и круто падает на северо-восток, альтернативная плоскость юго-западного простирания еще более круто падает на северо-запад. Для обеих плоскостей тип подвижки – сдвиг (рис. 5, [21]). Землетрясение ощущалось в пос. Рудная Пристань ($\Delta=101$ км) с интенсивностью $I=2-3$ балла.

Глубокофокусные землетрясения распределены во времени более-менее равномерно, что хорошо видно на рис. 9. Наибольшее их число, как и в 2008 г. [1], приходится на период с марта по июнь 2009 г., но в сентябре–октябре затишье.

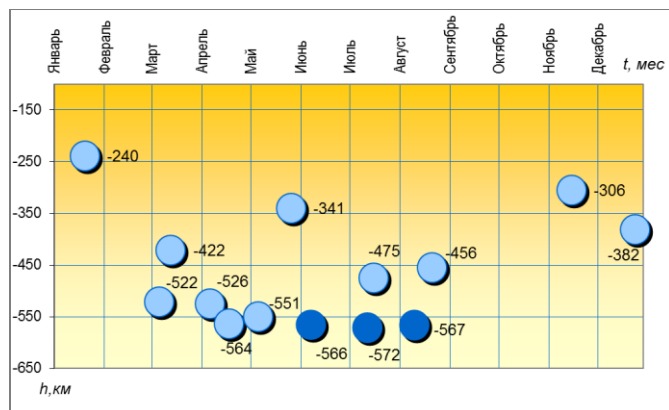


Рис. 9. Развертка во времени глубокофокусных землетрясений районов № 5 (светлые кружки) и № 6 (темные кружки) в 2009 г.

В Приграничном районе (№ 6) в 2009 г. зарегистрировано 39 коровых землетрясений, что несколько больше, чем в 2008 г. [1]. Суммарная сейсмическая энергия района, равная $\Sigma E = 1.27 \cdot 10^{12}$ Дж (табл. 4, рис. 7 и 8), в 13.8 раза выше таковой ($\Sigma E = 0.092 \cdot 10^{12}$ Дж [1]) в 2008 г.

Самое сильное ($K_p = 12.0$) в Приграничном районе коровое землетрясение (18) произошло 19 декабря в 13^h26^m западнее оз. Ханка, на границе с Китаем. Очаг землетрясения был локализован на глубине $h = 13 \pm 3$ км. Землетрясение ощущалось в пос. Камень-Рыболов ($\Delta = 81$ км) с интенсивностью $I = 3-4$ балла.

Наибольшее число эпицентров коровых землетрясений концентрируется вблизи разломной зоны Танлу. Наиболее сильное ($K_p = 11.4$) здесь землетрясение (13) произошло вблизи с государственной границей 14 июня в 09^h22^m на глубине $h = 10$ км. Группа землетрясений с $K_p \leq 9.3$ зарегистрирована в окрестностях г. Хэган (КНР) – известного угледобывающего района. Предположение о техногенной природе многих происходящих здесь событий отчасти подтвердилось (рис. 4). К сожалению, существующая сеть станций не позволяет изучить детально проблему техногенной сейсмичности на данной территории.

Западная часть района характеризуется слабой сейсмичностью. Энергетический класс происшедших здесь немногочисленных землетрясений не превышал $K_p = 9.0$. В районе западной границы района продолжают регистрироваться промышленные взрывы (рис. 4).

В районе № 6 в 2009 г. зарегистрировано три глубокофокусных землетрясения (7 июня в 16^h26^m с $MPVA = 5.0$, $h = 566$ км; 12 июля в 23^h31^m с $MPVA = 4.2$, $h = 572$ км; 10 августа в 12^h42^m с $MPVA = 5.5$, $h = 567$ км [16]) с суммарной сейсмической энергией $\Sigma E = 5.4 \cdot 10^{12}$ Дж. В 2008 г. не было зарегистрировано ни одного глубокого землетрясения [1]). Эпицентры этих землетрясений сконцентрировались в одном месте – северо-западнее Владивостока, равномерно распределиться по летним месяцам (рис. 9). Наиболее сильное ($MPVA = 5.5$) глубокофокусное землетрясение (16) произошло 10 августа в 12^h42^m с $h = 567 \pm 5$ км. Землетрясение также характеризуется сдвиговой подвижкой в очаге [21].

В заключение можно отметить, что сейсмический процесс 2009 г. был достаточно спокойным, с небольшим, но явным всплеском активности в апреле, очевидным ее снижением с июля по ноябрь и с заметным повышением на юге Приморья в декабре. Существенно снизилась сейсмическая активность в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2). Несколько увеличилась активность в пределах разветвленной системы разломов Танлу в районах № 4 и № 6. Особенностью сейсмического режима в 2009 г. стало и возросшее число глубокофокусных землетрясений.

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, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 162–171.
2. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Результаты комплексных сейсмологических наблюдений (отчет СФ ГС РАН за 2009 год): Отчет о НИР // СФ ГС РАН / Руководитель Ю.Н. Левин – Южно-Сахалинск: 2010, Фонды СФ ГС РАН. – 332 с.

4. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
5. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Сахалина в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Михайлов В.И. (сост.). Сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2009 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2009–2010. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2009/.
8. Bulletin of the International Seismological Centre for 2009. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2011.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Габсатарова И.П. Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
16. Коваленко Н.С. (отв. сост.), Федоркова Г.В., Донов Т.Я., Гладырь Ж.В. (сост.). Каталог землетрясений и взрывов Приамурья и Приморья за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
17. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
18. Годзиковская А.А. Местные взрывы и землетрясения. – Личный архив, 2000. – 108 с.
19. Коваленко Н.С. (отв. сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Приамурья и Приморья в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
20. Медведев С.В. Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. – С. 151–162.
21. Сафонов Д.А. (отв. сост.), Гладырь Ж.В., Коваленко Н.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Приамурья и Приморья за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
22. 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).
23. 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).
24. Коваленко Н.С. (отв. сост.), Крючкова О.В., Величко Л.Ф. Каталог землетрясений Приамурья и Приморья за 2002 год // Землетрясения Северной Евразии, 2002 год. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
25. 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).
26. 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).

27. **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).
28. **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).
29. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Федоркова Г.В., Донова Т.Я. (сост.)** 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).
30. **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 год // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – (На CD).
31. **Каталоги землетрясений по различным регионам России** // Землетрясения России в 2009 году. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 115–117.
32. **Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий** / Отв. ред. Г.А. Шатков, А.С. Вольский. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. – 190 с.
33. **Николаев В.В., Семенов Р.М., Оскорбин Л.С. и др.** Сейсмоструктура и сейсмическое районирование Приамурья. – Новосибирск: СО РАН, 1989. – 128 с.