

## ПРИАМУРЬЕ И ПРИМОРЬЕ

Н.С. Коваленко<sup>1</sup>, Т.А. Фокина<sup>1</sup>, Д.А. Сафонов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, [kovalenko@seismo.sakhalin.ru](mailto:kovalenko@seismo.sakhalin.ru)

<sup>2</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, [d.safonov@imgg.ru](mailto:d.safonov@imgg.ru)

**Сеть станций.** Условия для непрерывной регистрации землетрясений на территории Приамурья и Приморья в 2011 г., по сравнению с таковыми в 2010 г. [1], не изменились.

На территории региона продолжили свою работу восемь аналоговых сейсмических станций («Бомнак» (BMKR), «Кировский» (KROS), «Октябрьский» (ОСТВ), «Зея» (ZEA), «Горный» (GRNR), «Экимчан» (EKMR), «Николаевск-на-Амуре» (NKL), «Терней» (TEY)), на трех станциях («Горный», «Зея», «Терней») велась параллельная регистрация цифровыми комплектами аппаратуры, а также три станции («Хабаровск» (KHBR), «Горнотаежное» (GRTR), «Охотск» (OKHT)) были чисто цифровыми. Данные о станциях и параметры аппаратуры приведены в [2].

Длительность простоев в работе сейсмических станций в 2011 г. значительно сократилась по сравнению с таковыми в 2010 г., что в целом положительно повлияло на результаты сводной обработки. Лишь простои на сейсмической станции «Кировский» в третьем квартале 2011 г. несколько негативно отразились на результатах в этот период времени.

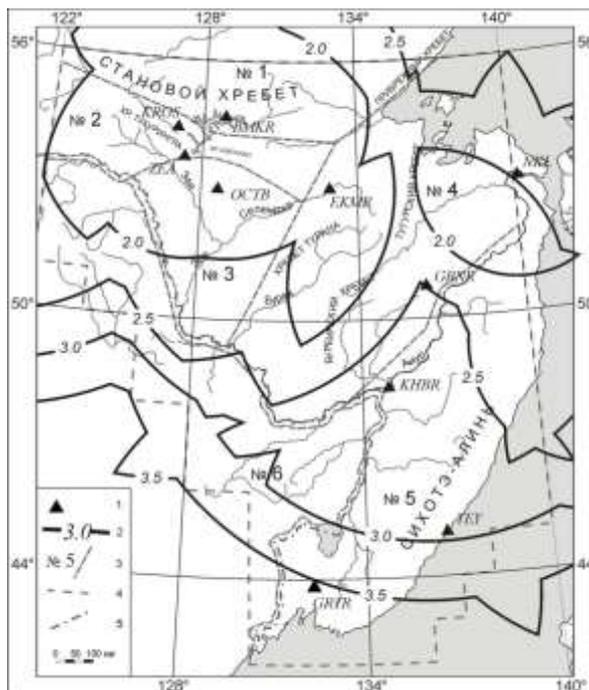
**Карта представительности  $M_{\min}$**  в 2011 г. (рис. 1) претерпела небольшие изменения, по сравнению с аналогичной картой в 2010 г. [1], по причине отсутствия данных с сейсмической станции «Кульдур» [3].

Действующая в 2011 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, на большей части территории Китая уверенно могут регистрироваться лишь события с  $M_{\min}=3.5$  ( $K_{\min}\approx 10$ ). Пересчет классов  $K_p$  в магнитуды 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]), а также станционные бюллетени Прибайкалья, Якутии, Сейсмологический бюллетень ГС РАН (MOS) [7], сведения агентств IDC, NEIC, JMA, ISC из бюллетеня ISC [8].

Методика обработки данных [9–14], границы региона и сейсмоактивных районов [15] не изменились, по сравнению с таковыми в 2010 г. [1].

В региональный каталог [16], схема содержания которого изображена на рис. 2, включены основные параметры 1075 сейсмических событий, из них 451 – коровые ( $h=3–24$  км) землетрясения, 3 – глубокофокусные с  $h=420–555$  км, а 621 событие отнесено к категории «возможно взрыв».



**Рис. 1.** Карта магнитудной представительности землетрясений  $M_{\min}$  Приамурья и Приморья в 2011 г.

1 – сейсмическая станция; 2 – изолиния  $M_{\min}$ ; 3 – номер и граница района; 4 – граница региона; 5 – государственная граница.



Рис. 2. Схема содержания каталога землетрясений Приамурья и Приморья в 2011 г.

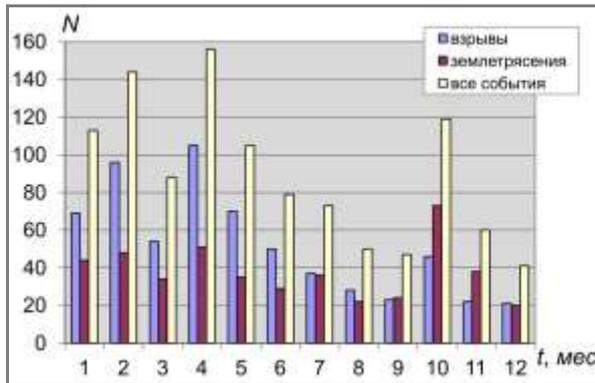


Рис. 3. Распределение ежемесячных чисел взрывов, землетрясений и всех сейсмических событий Приамурья и Приморья в 2011 г.

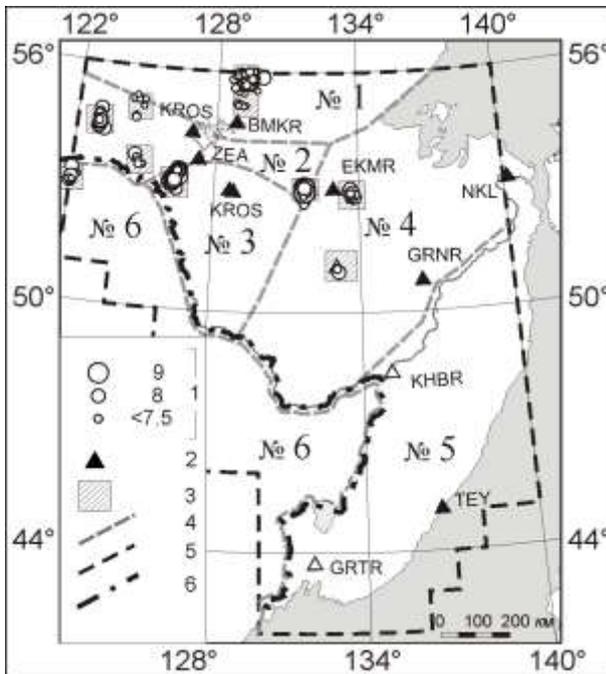


Рис. 4. Карта эпицентров взрывов на территории Приамурья и Приморья в 2011 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – сейсмическая станция; 3 – площадка взрывных работ; 4 – граница условного района; 5 – граница региона Приамурья и Приморья; 6 – государственная граница.

На рис. 3 дано помесечное распределение взрывов, землетрясений и всех событий вместе. Как видим, наибольшее число ( $N=73$ ) землетрясений зарегистрировано в октябре, наименьшее ( $N=20$ ) – в декабре.

**Взрывы.** Методика обработки взрывов не изменилась: продолжалась работа по распознаванию записей промышленных взрывов в соответствии с рекомендациями в [17]. Но, как и ранее, надо признать, что не всегда уверенно можно было идентифицировать записи событий и, возможно, небольшая часть взрывов попала в категорию тектонических землетрясений.

Изменения в местоположении площадок взрывных работ и карта эпицентров событий «возможно взрыв» представлены на рис. 4. Новая площадка взрывных работ появилась восточнее Экимчана – здесь начал работу Албынский рудник. Немного видоизменились площадки к западу от Зейского водохранилища. Не зарегистрированы взрывы в районе Кульдура, а также взрывы в окрестностях г. Хэган на территории Китая.

В итоге, суммарное число взрывов на территории Приамурья и приграничного Китая несколько уменьшилось и составило  $N=621$  [16], а в 2010 г. их было  $N=771$  [1]. В Приморском крае взрывы малых энергий не регистрируются по причине слабой оснащённости территории сейсмическими станциями.

Число техногенных событий в 2011 г. превосходило число зарегистрированных тектонических землетрясений в 1.4 раза (так же, как и в 2010 г. [1]). Максимальная активность взрывных работ отмечается в феврале ( $N=96$ ) и в апреле ( $N=105$ ) (рис. 3). Диапазон энергетических классов взрывов составил  $K_p=5.4-9.0$ , а величина суммарной сейсмической энергии равна  $\Sigma E_{взр}=1.5 \cdot 10^{10}$  Дж, что в полтора раза ниже суммарной энергии взрывов за 2010 г. ( $\Sigma E_{взр}=2.5 \cdot 10^{10}$  Дж [1]), но составляет менее 1 % годовой суммарной сейсмической энергии коровых землетрясений. Самый сильный ( $K_p=9.0$ ) взрыв был зарегистрирован 16 августа в 02<sup>h</sup>54<sup>m</sup> западнее Экимчана, на площади Маломырского рудника.

Распределение взрывов по районам региона представлено в табл. 1. В Становом районе №1 их число уменьшилось в 1.6 раза (с  $N=293$  в 2010 г. до  $N=182$  в 2011 г.), при этом энергетический диапазон существенно не изменился и составил  $K_p=5.4-8.4$ . Также наблюдается некоторое

уменьшение объема взрывных работ в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе № 2 (с  $N=316$  в 2010 г. до  $N=285$  в 2011 г.). На 13 % больше зарегистрировано взрывов в Зейско-Селемджинском № 3. Число взрывов в Турано-Буреинском районе составило  $N=18$ , что соизмеримо с таковым в 2010 г. ( $N=13$ ). В Приграничном районе № 6 (на территории КНР) число зарегистрированных взрывов значительно уменьшилось (с  $N=35$  в 2010 г. до  $N=11$  в 2011 г.). Зарегистрированы взрывы в районе карьера «Гулянь», на крайнем западе района. В районе № 5 существующей сетью станций взрывы не зарегистрированы.

Таблица 1. Распределение числа взрывов в регионе Приамурья и Приморья в 2011 г.

№	Район	$N_{\Sigma}$	$K_{\min}-K_{\max}$	№	Район	$N_{\Sigma}$	$K_{\min}-K_{\max}$
1	Становой	182	5.4–8.4	4	Турано-Буреинский	18	6.2–8.1
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	285	5.4–9.0	5	Сихотэ-Алиньский	0	
3	Зейско-Селемджинский	125	5.7–8.5	6	Приграничный	11	6.4–8.4

Карта эпицентров землетрясений представлена на рис. 5. Наибольшая плотность эпицентров землетрясений наблюдается в западной и северо-западной части региона. Высокий уровень сейсмической активности зафиксирован в районе № 2 на Южно-Тукурингском разломе, где 14 октября 2011 г. в 06<sup>h</sup>10<sup>m</sup> в Сковородинском районе Амурской области произошло самое сильное ( $K_p=15.4$ ,  $MLH=6.2$ ) коровое ( $h=18\pm 4$  км) землетрясение (8) с интенсивностью  $I_0=7-8$  баллов [18] по шкале MSK-64 [19]. Это землетрясение – самое сильное событие в указанном районе за весь период инструментальных сейсмологических наблюдений. Оно получило название «Сковородинское». Подробный обзор этого уникального события дан в отдельной статье наст. ежегодника [20].

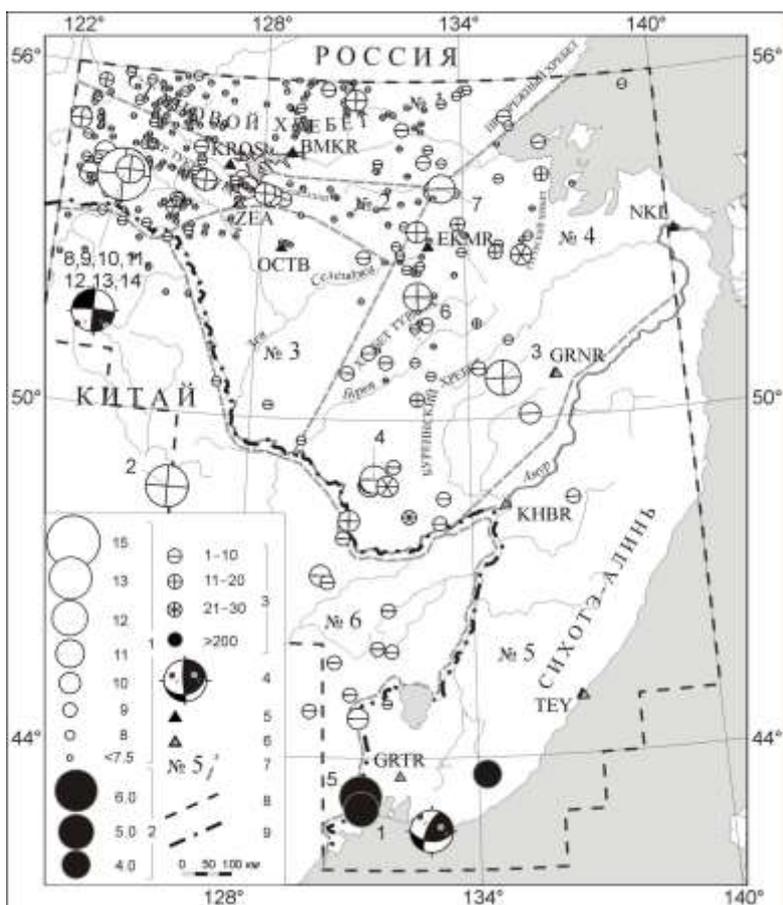


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Приамурья и Приморья в 2011 г.

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, 9 – граница региона и государственная соответственно.

На территории Амурско-Зейской равнины, а также в центральной и восточной областях хребта Сихотэ-Алинь наблюдалось сейсмическое затишье. Глубокофокусная сейсмичность представлена лишь тремя землетрясениями на юге Приморья. Остальная территория региона характеризуется умеренным, фоновым уровнем сейсмической активности.

В каталоге за 2011 г. имеются макросейсмические сведения еще по шести коровым землетрясениям. Три из них с интенсивностью  $I_{max}=2-3$  балла явились афтершоками Сковородинского землетрясения. Землетрясение (2) с  $K_p=12.7$ ,  $MLH=4.5$ , которое произошло 15 января в 00<sup>h</sup>43<sup>m</sup> с эпицентром на территории Китая, ощущалось жителями Благовещенска с интенсивностью  $I=2-3$  балла. Интенсивность сотрясений от землетрясений 5 февраля в 12<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $K_p=11.7$  в районе сейсмической станции «Горный» и 15 ноября в 22<sup>h</sup>43<sup>m</sup> с  $K_p=10.2$  – в районе Экимчана не превышала  $I_{max}=3$  балла [16, 18].

Самое сильное ( $MPVA=6.2$ ) глубокофокусное ( $h=554\pm 8$  км) землетрясение (5) произошло 10 мая в 15<sup>h</sup>26<sup>m</sup> западнее г. Владивосток. В его очаге выделилась энергия, равная  $\Sigma E=4.5\cdot 10^{14}$  Дж.

Для Сковородинского землетрясения и вышеназванного глубокофокусного события (1) определены механизмы очага (рис. 5, [21]).

В табл. 2 приведены распределение коровых землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по данным каталогов Приморья и Приамурья за 2000–2011 гг. [16, 22], а на рис. 6 показаны годовые числа коровых землетрясений и суммарная сейсмическая энергия за этот период. Сравнение значений  $N_\Sigma$  и  $\Sigma E$  за 2000–2011 гг. проводится для землетрясений с  $K_p\geq 7.6$ . Здесь следует заметить, что, несмотря на проведенные работы по выявлению взрывов, в число тектонических землетрясений могут входить и взрывы, которые не удалось выявить при обработке. Энергетический класс промышленных взрывов на территории Приамурья и Приморья в редких случаях превышает  $K_p\geq 8.5$ .

Как следует из табл. 2, число коровых землетрясений ( $N=186$ ) с  $K_p\geq 7.6$ , зарегистрированных в регионе в 2011 г., немного ниже их среднегодового значения ( $N=200$ ) в период наблюдений 2000–2010 гг. Тем не менее, суммарная сейсмическая энергия за 2011 г., равная  $\Sigma E=2.5\cdot 10^{15}$  Дж, повысилась примерно в 350 раз, по сравнению с таковой в 2010 г. ( $\Sigma E=7.1\cdot 10^{12}$  Дж). Исходя из данных табл. 2, следует заметить, что выделившаяся суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений в 2011 г. в 16 раз выше суммарного показателя выделившейся энергии за последние одиннадцать лет наблюдений.

**Таблица 3.** Распределение коровых землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  за 2000–2011 гг. с  $K_p\geq 7.6$

Год	$K_p$								$N_\Sigma$	$\Sigma E,$ $10^{12}$ Дж
	8	9	10	11	12	13	14	15		
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
2009	121	46	19	9	2				197	3.5
2010	144	44	16	3	2	1			210	7.1
Сумма	1506	471	147	47	27	4	1		2203	161.0
Среднее	136.9	42.8	13.4	4.3	2.5	0.4	0.1		200.3	14.6
2011	94	53	27	8	2	1		1	186	2519.4

Графическое представление годовых значений числа коровых землетрясений и суммарной энергии из табл. 2 дано на рис. 6.

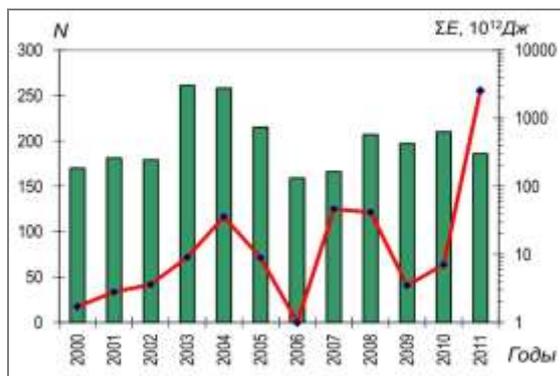


Рис. 6. Изменение ежегодного числа коровых землетрясений Приамурья и Приморья и суммарной сейсмической энергии ΣE за 2000–2011 гг.

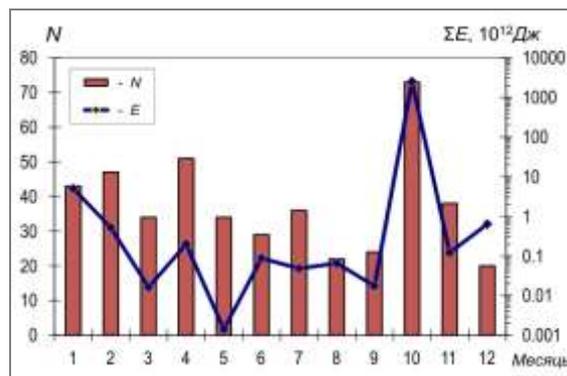


Рис. 7. Изменение числа коровых землетрясений и суммарной сейсмической энергии по месяцам в течение 2011 г.

Число всех зарегистрированных коровых землетрясений в 2011 г. в регионе «Приамурье и Приморье» равно  $N=451$ , что на 17 % ниже соответствующего числа в 2010 г. ( $N=543$ ) [1]. Несмотря на это, суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений (табл. 3, рис. 6) повысилась до величины  $\Sigma E=2.519 \cdot 10^{15}$  Дж, что в 352 раза выше такого значения ( $\Sigma E=7.1 \cdot 10^{12}$  Дж) в 2010 г. [1]. Наибольший всплеск коровой сейсмической активности пришелся на октябрь месяц, когда произошло Сковородинское землетрясение и выделилось  $\Sigma E=2.512 \cdot 10^{15}$  Дж (рис. 7) энергии, что составляет 99.7 % от суммарной годовой сейсмической энергии коровых землетрясений, что делает события октября 2011 г. уникальными относительно всего периода инструментальных наблюдений.

Таблица 4. Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу  $K_p$ , глубокофокусных – по магнитуде  $MPVA$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам Приамурья и Приморья в 2011 г.

$h \leq 30$ км															
№	Районы	$K_p$											$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж	
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	Становой	5	35	54	17	5	2	1						119	0.092
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	2	50	79	56	22	16	5	1				1	232	2513.52
3	Зейско-Селемджинский		5	7	4	1								17	0.001
4	Турано-Буреинский		4	15	15	14	7	2	1					58	0.768
5	Сихотэ-Алиньский				1	3	1							5	0.012
6	Приграничный		2	7	1	7	2			1				20	5.033
	Всего	7	96	162	94	52	28	8	2	1		1	451	2519.426	

$h \geq 200$ км							
№	Районы	$MPVA$				$N_\Sigma$	$\Sigma E, 10^{12}$ Дж
		4	5	6	7		
5	Сихотэ-Алиньский	1	1	1		3	454.583
6	Приграничный						0
	Всего						454.583

Примечание. При составлении таблицы величина глубокофокусных землетрясений приводилась к магнитуде  $M$  путем пересчета из магнитуды  $MPVA$  по формуле –  $MS = 1.85 \cdot MPVA - 4.9$  ( $h > 390$  км) из [23]; сейсмическая энергия затем рассчитывалась по формуле Гуттенберга-Рихтера –  $\lg E, Дж = 4.8 + 1.5 MS$  [24].

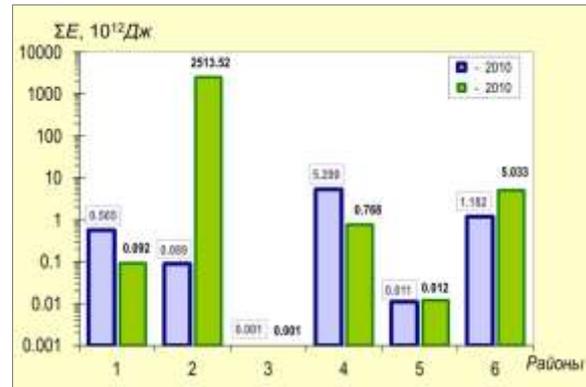
В 2011 г. в регионе «Приамурье и Приморье» существующей немногочисленной сетью станций зарегистрировано лишь три глубокофокусных землетрясения против пяти в 2010 г. Их суммарная сейсмическая энергия составила  $\Sigma E=4.5 \cdot 10^{14}$  Дж, что в 8 раз ниже выделившейся энергии в 2010 г. [1]. Эпицентры глубокофокусных землетрясений располагались на юге Приморского края, в районе № 5 (рис. 5).

В табл. 3 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 2011 г. Наибольшее число ( $N=232$ ) землетрясений с очагами в земной коре, как и в 2010 г., произошло в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2). И лишь пять коровых землетрясений в 2011 г. было зарегистрировано в Сихотэ-Алиньском районе (№ 5), т.е. на два события больше, чем в 2010 г.

На рис. 8 приведены распределения числа коровых землетрясений и суммарной сейсмической энергии по районам региона, а на рис. 9 показано сравнительное распределение величины сейсмической энергии по районам за 2010–2011 гг. Максимальное количество (99.8 %) высвобожденной сейсмической энергии коровых землетрясений отмечено в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2) (табл. 3, рис. 8 и 9).



**Рис. 8.** Распределение числа коровых землетрясений (1) и суммарной сейсмической энергии (2)  $\Sigma E$  по шести районам Приамурья и Приморья в 2011 г.



**Рис. 9.** Изменение суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  коровых землетрясений по районам Приамурья и Приморья в 2010–2011 гг.

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

В **Становом районе (№ 1)** в 2011 г. уровень сейсмической активности заметно снизился. Здесь зарегистрировано 119 коровых землетрясений, что на 26 % меньше числа зарегистрированных землетрясений в 2010 г. ( $N=161$ ) [1]. Их суммарная сейсмическая энергия, равная  $\Sigma E=0.092 \cdot 10^{12}$  Дж, ниже соответствующей величины ( $\Sigma E=5.6 \cdot 10^{11}$  Дж) в 2010 г. в 6 раз (табл. 3, рис. 8 и 9).

Наиболее сильное ( $K_p=10.8$ ) землетрясение (7) произошло 4 августа в 23<sup>h</sup>34<sup>m</sup> с  $h=10 \pm 8$  км. Эпицентр землетрясения находился на стыке 1, 2, 4 районов, на правобережной части среднего течения р. Уда. Сведений по интенсивности не поступало.

Еще одно заметное ( $K_p=10.2$ ) землетрясение произошло 6 июля в 14<sup>h</sup>03<sup>m</sup> на севере района, в хребте Тонинский Становик, являющемся частью Станового хребта (рис. 5). Данное землетрясение в течение последующих десяти дней сопровождалось четырьмя афтершоками с  $K_p=7.1-8.4$ .

В течение всего 2011 г. регистрировались слабые ( $K_p=5.3-9.6$ ) события севернее Бомнака, на границе с Якутией и в западной части района (рис. 5). Весьма вероятно, что небольшая часть событий этих мест имеет техногенное происхождение.

Крайняя восточная часть района слабо оснащена сейсмическими станциями и отчасти по этой причине имеет дефицит событий низких энергетических классов.

**Янкан-Тукурингра-Джагдинский район (№ 2)** явился самым сейсмоактивным в 2011 г. Здесь было зарегистрировано  $N=232$  коровых землетрясения (табл. 3, рис. 8 и 9), что на 15 % больше, чем в 2010 г. ( $N=198$ ), а количество выделившейся суммарной сейсмической энергии в данном районе увеличилось в  $28 \cdot 10^3$  раз по сравнению с таковой в 2010 г. ( $\Sigma E=2.513 \cdot 10^{15}$  Дж вместо  $\Sigma E=8.9 \cdot 10^{10}$  Дж [1]). Причиной столь высокого показателя энергии в данном районе является сильное Сковородинское землетрясение (8), которое произошло 14 октября с  $MLH=6.2$ , и сопутствующие ему афтершоки (наиболее сильные – 9, 10, 11, 12, 13, 14) [16, 20].

В итоге, наиболее активным на территории района остается Тукурингро-Джагдинский пояс, к которому относится и очаг Сковородинского землетрясения. Также к нему приурочено

и наибольшее число эпицентров землетрясений данного района. Несколько землетрясений с  $K_p \leq 10.5$  зарегистрированы в непосредственной близости к южной части Зейского водохранилища, пересекая его в широтном направлении. Наиболее сильное ( $K_p=10.5$ ) землетрясение на этом участке произошло 23 июня в 17<sup>h</sup>13<sup>m</sup> западнее водохранилища, в отрогах хребта Тукурингра, на глубине  $h=17 \pm 2$  км.

В восточной части района, ранее находившейся в спокойном сейсмическом состоянии, северо-западнее Экимчана, 15 ноября 22<sup>h</sup>43<sup>m</sup> произошло ощутимое землетрясение с  $K_p=10.2$  и  $h=11 \pm 1$  км. В пос. Токур интенсивность вызванных им колебаний составила 3 балла, в пос. Экимчан – 2–3 балла [18].

**В Зейско-Селемджинском районе (№ 3)** в 2011 г. число зарегистрированных землетрясений соизмеримо с таковым в 2010 г. ( $N=17$  в 2011 г. против  $N=19$  в 2010 г.) [1], количество суммарной сейсмической энергии района также соответствует показателю в 2010 г. (табл. 3, рис. 8 и 9).

Наиболее сильное ( $K_p=8.7$ ) землетрясение произошло 10 декабря в 19<sup>h</sup>45<sup>m</sup> с  $h=10 \pm 2$  км в северо-восточной части Амурско-Зейской равнины. Вся центральная и восточная части района являются в 2011 г. асейсмичной зоной.

Большая часть слабых ( $K_p=5.6-7.8$ ) землетрясений группируется в северо-западной части района (рис. 5). Здесь не исключается засорение каталога взрывами, поскольку, так же как и в 2010 г., в этом месте проводились взрывные работы (рис. 4).

Некоторое слабое проявление сейсмичности отмечено вдоль границы с КНР.

**В Турано-Бурейнском районе (№ 4)** в 2011 г. уровень сейсмической активности заметно снизился. Отчасти на показатель числа зарегистрированных событий повлияло отсутствие данных с сейсмической станции «Кульдур».

На 41 % уменьшилось число зарегистрированных землетрясений ( $N=58$ ) по сравнению с таковым в 2010 г. ( $N=99$ ). Количество выделившейся суммарной сейсмической энергии также уменьшилось до  $\Sigma E=7.7 \cdot 10^{11}$  Дж, что в 7 раз ниже соответствующей величины ( $5.3 \cdot 10^{12}$  Дж [1]) в 2010 г. (табл. 3, рис. 8, 9).

Самое сильное ( $K_p=11.7$ ,  $MLH=4.0$ ) землетрясение (3) в данном районе произошло 5 февраля в 12<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $h=14 \pm 4$  км. Эпицентр землетрясения располагался в отрогах Баджалского хребта. В поселках Джамку, Амгунь интенсивность сотрясений составила  $I_{max}=3$  балла. Оно в этот же день (в 15<sup>h</sup>21<sup>m</sup>) сопровождалось слабым афтершоком с  $K_p=8.6$  [16].

Небольшое скопление эпицентров землетрясений наблюдалось в окрестностях пос. Кульдур. Наиболее значительное ( $K_p=11.0$ ) здесь событие (4) произошло 3 апреля в 07<sup>h</sup>43<sup>m</sup> на глубине  $h=9 \pm 3$  км.

Южнее пос. Экимчан, в отрогах хребта Туран, 26 июня в 15<sup>h</sup>34<sup>m</sup> произошло землетрясение (6) с  $K_p=10.7$  и  $h=15 \pm 2$  км.

Некоторое небольшое скопление эпицентров землетрясений наблюдается юго-западнее пос. Экимчан. Насколько известно, здесь в 2011 г. началось промышленное освоение этих (оставить одно из выделенных слов) земель и появилась вероятность попадания в каталог землетрясений техногенного происхождения.

Энергетический класс остальных землетрясений, эпицентры которых более или менее равномерно расположились по территории района, исключая асейсмичную восточную часть района, не превышал  $K_p=10.4$ .

**В Сихотэ-Алиньском районе (№ 5)** в 2011 г. зарегистрировано пять коровых землетрясений с  $K_p=8.2-9.9$ , суммарная сейсмическая энергия которых составила  $\Sigma E=1.2 \cdot 10^{10}$  Дж. (табл. 3, рис. 8 и 9), немного превысив аналогичный показатель в 2010 г. ( $\Sigma E=1.1 \cdot 10^{10}$  Дж), когда число землетрясений равнялось трем. Два наиболее заметных коровых землетрясения с  $K_p=9.4$  и  $9.9$  зарегистрированы последовательно друг за другом 22 сентября в 15<sup>h</sup>00<sup>m</sup> и 15<sup>h</sup>01<sup>m</sup>, соответственно, западнее оз. Ханка, на границе с Китаем. На этом же пространстве в феврале было зарегистрировано землетрясение с  $K_p \leq 8.2$ .

Эпицентры двух более слабых ( $K_p \leq 8.7$ ) землетрясений расположились восточнее и западнее Хабаровска (рис. 5).

Число зарегистрированных глубокофокусных землетрясений в районе в 2011 г. снизилось (с  $N=7$  в 2010 г. до  $N=3$  в 2011 г.). Их эпицентры располагаются на континентальной части юга Приморского края (рис. 5). Суммарная сейсмическая энергия глубокофокусных землетрясений

района снизилась в 13 раз, по сравнению с таковой в 2010 г., и составила  $\Sigma E=4.5 \cdot 10^{14}$  Дж. Наиболее сильное ( $MPVA=6.2$ ) глубокофокусное землетрясение (5) произошло 10 мая в 15<sup>h</sup>26<sup>m</sup> западнее Владивостока. Гипоцентр землетрясения находился на глубине  $h=554 \pm 8$  км. Данных о макросейсмических проявлениях этого события из населенных пунктов Приморья не поступало. Ранее, 7 января, в этом же месте на глубине  $h=555 \pm 5$  км было зарегистрировано землетрясение (1) с  $MPVA=5.4$ , в очаге которого реализовалась подвижка типа взбросо-сдвиг.

Еще одно глубокофокусное событие здесь произошло 25 февраля в 17<sup>h</sup>00<sup>m</sup> юго-западнее Тернея с  $MPVA=4.4$  и  $h=420$  км (рис. 5).

Существующая сеть сейсмических станций не позволяет надежно регистрировать глубокие землетрясения, относящиеся к Приморской части Камчатско-Курило-Японской зоны субдукции. Для более полного представления о сейсмичности района № 5 следует отметить, что в бюллетене ISC [8] имеется еще 8 событий с магнитудой  $m_b=3.2-3.5$ , произошедших на глубине  $h=350-576$  км. Параметры этих землетрясений приведены в дополнительном каталоге [25].

В Приграничном районе (№ 6) число коровых землетрясений ( $N=20$ ) уменьшилось на 31.7 %, по сравнению с таковым в 2010 г. ( $N=63$  [1]). Несмотря на это, суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений, равная  $\Sigma E=5.0 \cdot 10^{12}$  Дж (табл. 3, рис. 8 и 9), возросла в 4 раза, по сравнению с таковой в 2010 г. ( $\Sigma E=1.2 \cdot 10^{12}$  Дж [1]).

Самое сильное ( $K_p=12.7$ ,  $MLH=4.5$ ) коровое землетрясение (2) произошло 15 января в 00<sup>h</sup>43<sup>m</sup> на территории Китая, к северо-западу от известного курорта Удалянчи, территория которого входит в вулканический ареал Удалянчи-Эркэшань-Келуо [26]. Очаг землетрясения был локализован на глубине  $h=15 \pm 3$  км.

Наибольшее число эпицентров коровых землетрясений с  $K_p=8.7-9.7$  концентрируется в восточной части района, вблизи разломной зоны Тан-Лу. Западная часть района характеризуется слабой сейсмичностью. Энергетический класс происходивших здесь немногочисленных землетрясений не превышал  $K_p=8.1$ . В районе западной границы района продолжают регистрироваться промышленные взрывы (рис. 4).

В Приграничном районе в 2011 г. глубокофокусных землетрясений не зарегистрировано.

В заключение можно сказать, что в целом 2011 год стал самым сейсмоактивным за все время инструментальных наблюдений, начиная с 1901 г. Явный всплеск коровой сейсмической активности пришелся на октябрь месяц, когда в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2), в Амурской области произошло сильное Сковородинское землетрясение, вызвавшее на земной поверхности проявления с интенсивностью до 7–8 баллов.

В остальных районах сохранялся умеренный уровень сейсмической активности.

Особенностью 2011 г., также как и 2010 г., явилось большое число взрывов, превосходящее число тектонических 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, 2010 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016. – С. 178–189.
2. Михайлов В.И. (отв. сост.). Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
3. Результаты комплексных сейсмологических работ (отчет СФ ГС РАН за 01.01.2011–31.12.2011). – Южно-Сахалинск: Фонды СФ ГС РАН, 2011. – 217 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. Костылев Д.В. (сост.). Стационарные сейсмические станции и сеть цунами Сахалина в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
6. Костылев Д.В. (сост.). Сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
7. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012. – URL: [ftp://ftp.gsr.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2011](ftp://ftp.gsr.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2011).

8. **International Seismological Centre (ISC)**, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
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.), Авдеева Л.И., Донова Т.Я. (отв. сост.)**. Каталог землетрясений и взрывов Приамурья и Приморья за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
17. **Годзиковская А.А.** Местные взрывы и землетрясения. – Личный архив, 2000. – 108 с.
18. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Сафонов Д.А., Радзиминович Я.Б., Артёмова Е.В. (сост.)**. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Приамурья и Приморья в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
19. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага)**. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с
20. **Сафонов Д.А., Коваленко Н.С., Радзиминович Я.Б.** Сковородинское землетрясение 14 октября 2011 г. с  $K_p=15.4$ ,  $M_w=6.0$ ,  $I_0=8$  (Верхнее Приамурье) // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 405–417.
21. **Сафонов Д.А. (отв. сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Приамурья и Приморья за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
22. **Каталоги землетрясений и взрывов Приамурья и Приморья за 2000–2010 гг.** // Землетрясения Северной Евразии, 2000–2010 гг. – Обнинск: ГС РАН, 2006–2016. (На CD).
23. **Кондорская Н.В., Горбунова И.В., Киреев И.А., Вандышева Н.В.** О составлении унифицированного каталога сильных землетрясений Северной Евразии по инструментальным данным (1901–1990 гг.) // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – Вып. 1. – М.: АН СССР, 1993. – С. 70–79.
24. **Gutenberg B., Richter C.** Magnitude and energy of earthquakes // Ann. di Geofisika, 1956. – 1. – N 9. – 1–15 p.
25. **Артёмова Е.В., Коваленко Н.С. (сост.)**. Дополнение к каталогу землетрясений Приамурья и Приморья за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
26. **Сахно В.Г.** Новейший и современный вулканизм юга Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 128 с