

## ПРИАМУРЬЕ И ПРИМОРЬЕ

Т.А. Фокина, Н.С. Коваленко, М.И. Рудик, Д.А. Сафонов

Сахалинский филиал ГС РАН, г. Южно-Сахалинск, [fokina@seismo.sakhalin.ru](mailto:fokina@seismo.sakhalin.ru)

Параметры землетрясений региона определены на основе материалов наблюдений, полученных на восьми сейсмических станциях региональной сети (рис. 1). В сводной обработке использованы также данные сейсмических сетей Сахалина [1], Курильских островов [2], бюллетеней Прибайкалья, Якутии, ГС РАН [3], JMA, ISC [4]. Методика обработки данных [5–10], схема деления региона на сейсмоактивные районы и параметры сейсмической аппаратуры, по сравнению с таковыми в 2001 г. [11], не изменились.

В региональный каталог включены основные параметры 451 землетрясения: 446 – коровых и пяти глубокофокусных с  $h=358–582$  км. Для трех землетрясений имеются макросейсмические данные [12], для четырех (2, 3, 4, 8 на рис. 1) определены механизмы очагов [13].

В табл. 1 приведено распределение коровых землетрясений по энергетическому классу  $K_p$ , глубокофокусных – по магнитуде  $MSH$  и суммарная сейсмическая энергия по районам региона. Число коровых землетрясений в 2002 г. уменьшилось, по сравнению с таковым ( $N_\Sigma=598$ ) в 2001 г. [11], в 1.3 раза, но суммарная сейсмическая энергия чуть выше:  $\Sigma E=1.01 \cdot 10^{12}$  Дж (табл. 1) вместо  $\Sigma E=0.92 \cdot 10^{12}$  Дж в [11]. Это произошло за счет энергии самого сильного в регионе землетрясения (8 на рис. 1), зарегистрированного 8 декабря в  $20^h54^m$ , энергетический класс которого составил  $K_p=12.5$ .

**Таблица 1.** Распределение коровых землетрясений по  $K_p$ , глубокофокусных – по  $MSH$ , и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам в 2002 г.

$h \leq 30$ км										
№	Районы	$K_p$							$N_\Sigma$	$\Sigma E$ , Дж
		$\leq 6$	7	8	9	10	11	12		
1	Становой	5	24	17	6	–	–	–	52	$0.0061 \cdot 10^{12}$
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	27	95	59	7	4	–	–	192	$0.0470 \cdot 10^{12}$
3	Зейско-Селемджинский	5	27	17	–	–	–	–	49	$0.0013 \cdot 10^{12}$
4	Турано-Буреинский	1	23	92	17	2	4	–	139	$0.3840 \cdot 10^{12}$
5	Сихотэ-Алинский	–	–	1	–	1	–	–	2	$0.0064 \cdot 10^{12}$
6	Приграничный	–	2	5	5	–	–	1	13	$3.1700 \cdot 10^{12}$
	Всего	38	171	191	35	7	4	1	447	$3.617 \cdot 10^{12}$
$h > 300$ км										
№	Район	$MSHA$			$N_\Sigma$	$\Sigma E$ , Дж				
		3	4	7						
5	Сихотэ-Алинский	1	1	1	3	$380.2 \cdot 10^{12}$				
6	Приграничный	–	–	2	2	$11575 \cdot 10^{12}$				
	Всего	1	1	3	5	$11955.2 \cdot 10^{12}$				

Примечание. При составлении таблицы величина всех землетрясений приводилась к магнитуде  $MLH$  путем пересчета из классов  $K_p$  для землетрясений с  $h \leq 30$  км и из магнитуд  $MSH$  с  $h > 300$  км по следующим соотношениям:  $MLH=(K_p-4)/1.8$  [14] и  $MLH=(MSH-1.71)/0.75$ . Для второго соотношения вводилась поправка за глубину очага.

Глубокофокусных землетрясений было зарегистрировано 5 (в 2001 г. – 4), два из них – слабые ( $MSHA \leq 4.4$ ), но три (2, 3, 4 на рис. 1) – сильные ( $MSHA=6.6$ ,  $MPVA=7.4$ ,  $MSH=6.6$  соответственно [12]). В результате суммарная сейсмическая энергия глубокофокусных землетрясений региона в 2002 г. почти на пять порядков выше таковой в 2001 г. [11].

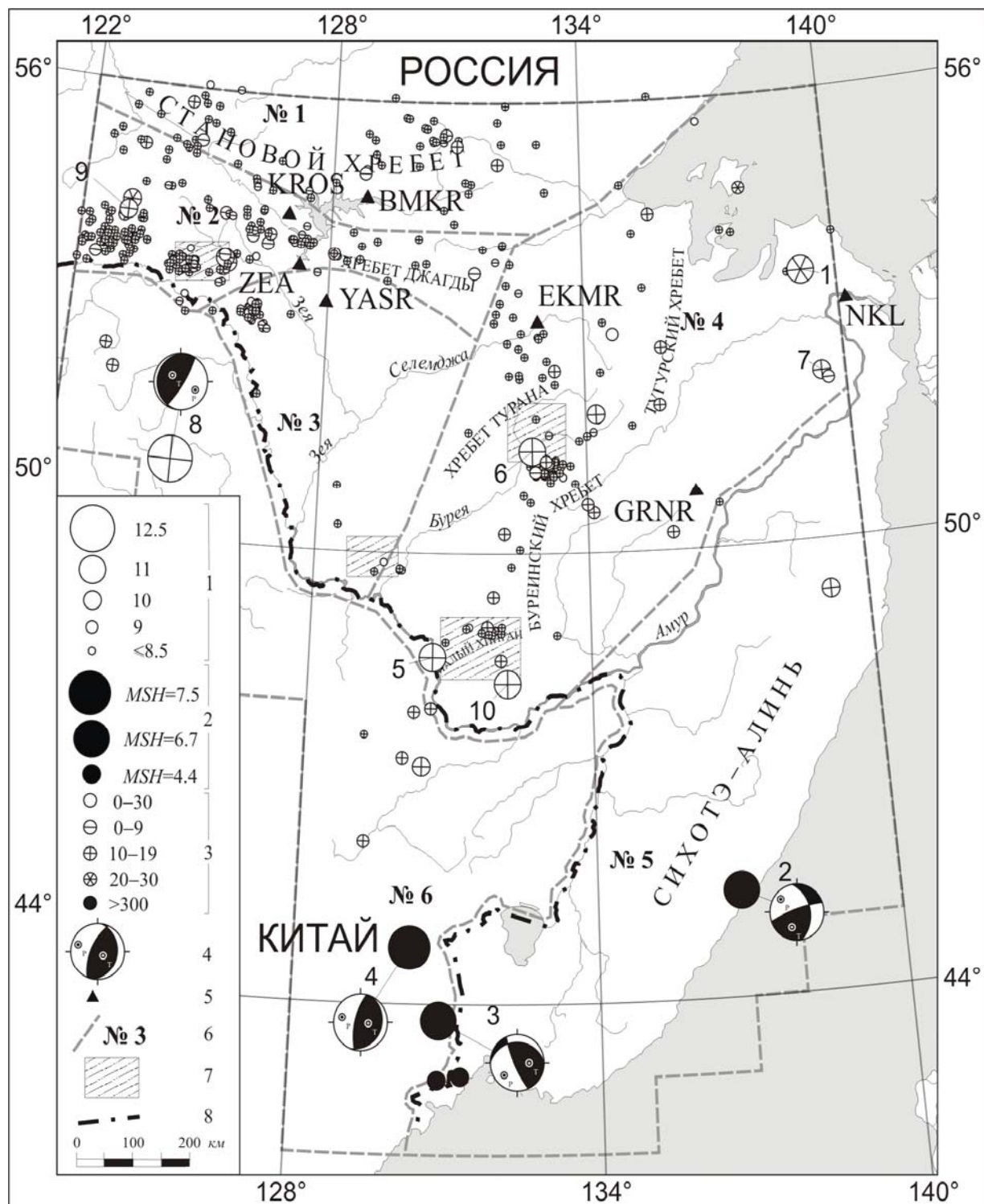


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Приамурья и Приморья за 2002 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – магнитуда  $MSH$ ; 3 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 4 – диаграмма механизма очага землетрясения (нижняя полусфера, зачернена область сжатия); 5 – сейсмическая станция; 6 – номер и граница условного района; 7 – места производства промышленных взрывов; 8 – государственная граница.

**В Становом районе (№ 1)**, который в 2001 г. являлся самым сейсмоактивным в регионе [11], сейсмическая активность резко снизилась как по числу землетрясений ( $N_{\Sigma}=52$  вместо 198), так и по высвобожденной в очагах суммарной сейсмической энергии ( $\Sigma E=0.007 \cdot 10^{12}$  Дж вместо  $0.739 \cdot 10^{12}$  Дж (табл. 1, [11]). Самое сильное ( $K_p=9.2$ ) землетрясение района произошло 24 февраля в  $07^h18^m$  на глубине  $h=6 \pm 1$  км, самое слабое ( $K_p=6.1$ ) – 13 января в  $06^h15^m$ .

В **Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2)** число землетрясений в 2002 г., по сравнению с таковым в 2001 г., несколько возросло ( $N_{\Sigma}=191$  вместо 158 [11]), но их суммарная сейсмическая энергия, наоборот, уменьшилась в 1.6 раза, с  $\Sigma E=0.063 \cdot 10^{12}$  Дж [11] до  $0.038 \cdot 10^{12}$  Дж (табл. 1). Самое сильное ( $K_p=10.2$ ) землетрясение произошло 10 декабря в  $04^{\text{h}}35^{\text{m}}$  в западной части района (9 на рис. 1) на глубине  $h=11 \pm 1$  км. Отметим еще три землетрясения с близкой энергией, произошедшие 27 января в  $18^{\text{h}}20^{\text{m}}$  с  $K_p=9.9$  и  $h=11 \pm 1$ , 19 мая в  $06^{\text{h}}49^{\text{m}}$  с  $K_p=9.6$  и  $h=23 \pm 3$ , 9 июля в  $23^{\text{h}}52^{\text{m}}$  с  $K_p=9.7$  и  $h=9 \pm 2$ . Самое слабое ( $K_p=5.4$ ) землетрясение зарегистрировано 13 марта в  $16^{\text{h}}56^{\text{m}}$ .

**Зейско-Селемджинский район (№ 3)**, как и в 2001 г., оставался самым спокойным в регионе. Здесь было зарегистрировано  $N_{\Sigma}=50$  коровых землетрясений, т.е. практически столько же, сколько и в 2001 г. ( $N_{\Sigma}=55$  [11]). Все землетрясения довольно слабые, с  $K_p=6.2-8.0$ , максимальный энергетический класс  $K_p=8.0$  характеризует землетрясение, локализованное 24 апреля в  $06^{\text{h}}28^{\text{m}}$  в самом активном северо-восточном участке района (рис. 1). Суммарная сейсмическая энергия уменьшилась в 1.4 раза.

В **Турано-Буреинском районе (№ 4)** зарегистрировано 138 коровых землетрясений, что в 1.2 раза меньше, чем в 2001 г. [11], хотя суммарная сейсмическая энергия, наоборот, увеличилась в 1.8 раза ( $\Sigma E=0.190 \cdot 10^{12}$  Дж (табл. 1) вместо  $0.104 \cdot 10^{12}$  Дж [11]) благодаря реализации четырех землетрясений 11-го класса, произошедших 23 января в  $18^{\text{h}}11^{\text{m}}$  с  $K_p=11.1$  и  $h=22 \pm 2$  км, 9 октября в  $01^{\text{h}}38^{\text{m}}$  с  $K_p=10.9$  и  $h=18 \pm 4$  км, 21 октября в  $15^{\text{h}}21^{\text{m}}$  с  $K_p=10.8$  и  $h=12 \pm 3$  км, 31 декабря в  $16^{\text{h}}22^{\text{m}}$  с  $K_p=10.8$  и  $h=19 \pm 4$  км. Самое сильное ( $K_p=11.1$ ) из них, локализованное на северо-востоке района (1 на рис. 1), было ощутимым, интенсивность сотрясений в г. Николаевске-на-Амуре ( $\Delta=112$  км) составила  $I=2-3$  балла.

На территории района продолжалось производство взрывных работ. Как правило, энергетический класс промышленных взрывов  $K_p \leq 8.6$ . Проблема распознавания взрывов на сейсмограммах, по-прежнему, ждет решения [15].

В **Сихотэ-Алиньском районе (№ 5)** определены параметры лишь пяти землетрясений: двух коровых и трех глубокофокусных. Первое коровое землетрясение произошло 7 июня в  $22^{\text{h}}10^{\text{m}}$  с  $K_p=7.9$ , второе – 23 ноября в  $12^{\text{h}}26^{\text{m}}$  с  $K_p=9.8$ . Эпицентры глубокофокусных землетрясений расположились в Приморье. Одно из них произошло 1 февраля в  $21^{\text{h}}55^{\text{m}}$  на глубине  $h=358 \pm 5$  км с  $MPVA=6.3$ ,  $MSHA=6.6$  (2 на рис. 1). Два других имеют значительно меньшие магнитуды (25 августа в  $11^{\text{h}}47^{\text{m}}$  с  $MPVA=4.0$  и  $h=546 \pm 28$  км, 15 ноября в  $14^{\text{h}}00^{\text{m}}$  с  $MPVA=4.5$  и  $h=561 \pm 17$  км) [12]. Уровень суммарной сейсмической энергии глубокофокусных землетрясений в 2002 г. несравнимо выше такового в 2001 г. ( $\Sigma E=380.2 \cdot 10^{12}$  Дж вместо  $0.153 \cdot 10^{12}$  Дж [11]).

Очаг землетрясения 1 февраля находился под воздействием близгоризонтального напряжения сжатия ( $PL=22^\circ$ ) и более крутого напряжения растяжения ( $PL=39^\circ$ ). Простираение одной из возможных плоскостей разрыва  $NP1$  – юго-западное ( $STK=250^\circ$ ), с крутым падением на северо-запад ( $DP=80^\circ$ ), тип подвижки по ней – взбросо-сдвиг. Другая возможная плоскость  $NP2$  имеет близмеридиональное простираение ( $STK=350^\circ$ ), с падением на восток, подвижка также взбросо-сдвиг, с преобладанием сдвиговой компоненты [13].

В **Приграничном районе (№ 6)** невозможно оценить реальную сейсмическую обстановку из-за удаленности и одностороннего расположения сети сейсмических станций. В 2002 г. в районе зарегистрировано 13 коровых землетрясений и два глубокофокусных [12].

Самое сильное коровое землетрясение, произошедшее 8 декабря в  $20^{\text{h}}54^{\text{m}}$  на глубине  $h=20 \pm 2$  км с  $K_p=12.5$ , оказалось сильнейшим в земной коре региона (8 на рис. 1). В результате суммарная сейсмическая энергия мелкофокусных толчков почти в 60 раз превысила таковую в 2001 г. ( $\Sigma E=0.773 \cdot 10^{12}$  Дж вместо  $0.013 \cdot 10^{12}$  Дж [11]). Это землетрясение ощутимо: макросейсмический эффект составил 2–3 балла в г. Благовещенске. Очаг землетрясения реализовался под воздействием преобладающего напряжения сжатия и более крутого напряжения растяжения. Ось промежуточного напряжения близгоризонтальна. Одна из возможных плоскостей разрыва имела северо-восточное простираение и крутое падение на юго-восток, подвижка по ней – взброс. Вторая возможная плоскость разрыва имела юго-западное простираение с довольно пологим падением на северо-запад, подвижка по ней носила характер пологого надвига [13].

Сильное ( $MPVA=7.4$ ) глубокофокусное землетрясение (3 на рис. 1) произошло 28 июня в  $17^{\text{h}}19^{\text{m}}$  на глубине  $h=571 \pm 9$  км. Оно ощущалось в пос. Славянка ( $\Delta=105$  км) с интенсивнос-

тью сотрясений в 2–3 балла, а в городах Уссурийск, Владивосток, Артем, Спасск-Дальний и Арсентьев ( $\Delta = 90, 110, 125, 180, 197$  км соответственно) с  $I=2$  балла. Очаг землетрясения находился под воздействием преобладающего напряжения сжатия и более крутого напряжения растяжения. Промежуточное напряжение было направлено под небольшим углом к горизонту. Одна из возможных плоскостей разрыва имела юго-восточное простирание и крутое падение на юго-запад, подвижка по ней носила характер взбросо-сдвига, с преобладанием взбросовой компоненты. Вторая возможная плоскость разрыва имела субширотное простирание с падением на север под небольшим углом к горизонту. Подвижка по этой плоскости, также представлена взбросо-сдвигом, но с преобладанием сдвиговой компоненты [13].

Еще одно сильное ( $MPV=6.7$ ,  $MSH=6.6$ ) глубокофокусное ( $h=582\pm 9$  км) землетрясение (4 на рис. 1) произошло 15 сентября в  $08^h39^m$ . Очаг этого землетрясения находился под воздействием преобладающего напряжения сжатия ( $PL_p=26^\circ$ ), ориентированного субширотно ( $AZM=285^\circ$ ), и более крутого напряжения растяжения ( $PL_T=64^\circ$ ). Обе нодальные плоскости имели субмеридиональное простирание ( $STK_1=23^\circ$ ,  $STK_2=193^\circ$ ), подвижка по обеим плоскостям – типа пологий надвиг [13].

### Л и т е р а т у р а

1. **Фокина Т.А., Паршина И.А., Рудик М.И., Сафонов Д.А.** Сахалин // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 193–203.
2. **Фокина Т.А., Брагина Г.И., Рудик М.И., Сафонов Д.А.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 204–212.
3. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2002 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2002–2003.
4. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2002.** – Berkshire: ISC, 2003–2004.
5. **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.
6. **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.
7. **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.
8. **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.
9. **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.
10. **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.
11. **Фокина Т.А., Коваленко Н.С., Рудик М.И., Сафонов Д.А.** Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 186–162.
12. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Крючкова О.В., Величко Л.Ф.** Приамурье и Приморье. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
13. **Коваленко Н.С. (отв. сост.).** Приамурье и Приморье. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
14. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
15. **Годзиковская А.А.** Местные землетрясения и взрывы. – М.: Наука, 2000. – 108 с.