

ПРИАМУРЬЕ И ПРИМОРЬЕ

Н.С. Коваленко¹, Т.А. Фокина¹, Д.А. Сафонов^{1,2}

¹Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия, kovalenko@seismo.sakhalin.ru

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия, d.safonov@imgg.ru

Аннотация. Представлен обзор сейсмичности Приамурья и Приморья за 2013 г. на основе данных сети сейсмических стационарных станций Сахалинского филиала ГС РАН. Приведены карты представительности землетрясений (M_{\min}), эпицентров землетрясений и взрывов. Дано распределение коровых землетрясений по энергетическому классу Раутиан, а глубокофокусных – по магнитуде $MPVA$, и суммарное количество выделившейся сейсмической энергии по шести сейсмоактивным районам. Приводится детальное описание сейсмической обстановки по районам. Приведены результаты наблюдений за афтершоковой активностью Сковородинского землетрясения 14 октября 2011 г. ($M=6.2$). Выполнен сравнительный анализ сейсмической обстановки 2013 г. с данными многолетних наблюдений.

В целом сейсмический режим региона «Приамурье и Приморье» в 2013 г. идентичен таковому в 2012 году. Так же, как и в предыдущем году, Турано-Буреинский район (№ 4) продолжает быть доминирующим районом по уровню высвобожденной сейсмической энергии коровых землетрясений.

Более стабильная работа сейсмических станций в 2013 г. положительно повлияла на содержание каталога землетрясений. Но, несмотря на это, в каталоге замечен дефицит событий низких классов (с $K_p \leq 6.5$). Особенно это касается Станового района № 1 и Янкан-Тукурингра-Джагдинского № 2.

В 2013 г. наблюдалось значительное увеличение высвобожденной суммарной сейсмической энергии глубокофокусных землетрясений в Сихотэ-Алиньском районе №5. Особенностью 2013 г. явилось некоторое увеличение числа зарегистрированных техногенных событий, из которых особенно энергоемкие зарегистрированы на территории северного Китая. Согласно полученным результатам, на большей части территории региона Приамурье и Приморье в 2013 г. сохранился умеренный уровень сейсмической активности.

Ключевые слова: Камчатка, сейсмичность, каталог, землетрясение, механизм очага, макросейсмика, уровень сейсмичности.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.14

Для цитирования: Коваленко Н.С., Фокина Т.А., Сафонов Д.А. Приамурье и Приморье // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 161–172. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.14

Сеть станций. Условия для непрерывной регистрации землетрясений на территории Приамурья и Приморья в 2013 г. по сравнению с таковыми в 2012 г. [1] несколько изменились.

На территории региона продолжили свою работу семь (из восьми 2012 г.) аналоговых сейсмических станций: «Бомнак» (BMKR), «Кировский» (KROS), «Октябрьский» (OCTB), «Зея» (ZEA), «Горный» (GRNR), «Экимчан» (EKMR), «Николаевск-на-Амуре» (NKL). Изменения в оснащении коснулись сейсмостанции «Горный», где 30 ноября 2013 г. аналоговый комплект регистрирующей аппаратуры был остановлен и снят с дальнейшей регистрации. Также и на сейсмостанции «Николаевск-на-Амуре» в течение июля-сентября был снят с регистрации весь аналоговый комплект аппаратуры. Взамен 21 июня 2013 г. на сейсмостанции «Николаевск-на-Амуре» был установлен цифровой регистратор UGRA, а 12 октября установлен и запущен в режиме непрерывной регистрации цифровой регистратор CGMGDM в комплекте с CMG-5TD [2].

На двух станциях («Горный», «Зея») одновременно велась регистрация цифровыми комплектами аппаратуры. Четыре станции: («Герней» (TEY), «Хабаровск» (KHBR), «Горнотаежное» (GRTR), «Охотск» (OKHT)) были цифровыми. Данные о станциях и параметры аппаратуры приведены в [2], их положение показано на рис. 1.

При проведении сводной обработки возникали трудности по причине использования различных служб точного времени на разных станциях (GPS, радиостанции «Маяк» и «Радио России»). Длительность простоев в работе сейсмических станций в 2013 г. значительно сократилась [3] по сравнению с 2012 г., что в целом положительно повлияло на результаты сводной обработки и полноту каталога [4].

Карта представительности M_{\min} в 2013 г. не претерпела изменений по сравнению с таковой в 2012 г. и представлена на рис. 1.

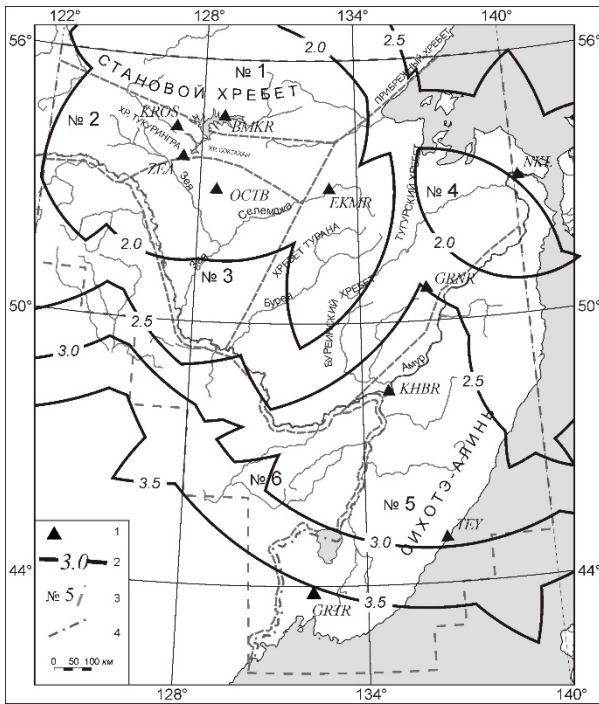


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{min} , Приамурья и Приморья в 2013 г.
1 – сейсмическая станция; 2 – изолиния M_{min} ; 3 – номер района; 4 – граница региона.

В региональный каталог [4], схема содержания которого изображена на рис. 2, включены основные параметры 643 сейсмических событий. Из них 65 событий, помеченные в графе «район» каталога [4] как «вне», находятся за пределами зоны ответственности сети региона Приамурья и Приморья и в обзоре не анализируются.

Из общего числа событий ($N=578$), зарегистрированных непосредственно на территории Приамурья и Приморья – 323 коровые ($h=4–27$ км) землетрясения, 8 – глубокофокусные с $h=337–570$ км, а 247 событий отнесены к категории «возможно взрыв». Из-за ограниченных возможностей сети в каталог не вошли семь слабых событий с магнитудой $m_b \leq 3.6$, расположенных на юге региона [17]. Шесть землетрясений являются глубокофокусными ($h=300–470$ км) и лишь одно – мелкофокусное ($h=35$ км).

На рис. 3 дано помесечное распределение взрывов, землетрясений и всех событий вместе. Как видим, наибольшее число ($N=40$) естественных землетрясений зарегистрировано в апреле, наименьшее число землетрясений наблюдалось в августе ($N=18$) и в сентябре ($N=19$).

Несмотря на некоторые изменения условий регистрации, действующая в 2013 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 [5]: $M_{расч} = (K_p - 4) / 1.8$.

Методика обработки. Для локации землетрясений региона привлекались данные всех сейсмических станций сети Сахалинского филиала ГС РАН: Приамурья и Приморья [2], Сахалина [6], Курил [7], станционные бюллетени Прибайкалья, Якутии, Сейсмологический бюллетень ГС РАН (MOS) [8], сведения агентств CEDC, NEIC, JMA, ISC [9].

Методика обработки данных, описанная в [10–15], границы региона и сейсмоактивных районов [16] не изменились по сравнению с таковыми в 2012 г. [1].

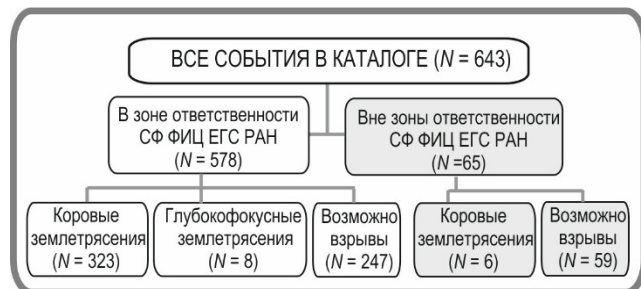


Рис. 2 Схема содержания каталога землетрясений Приамурья и Приморья в 2013 г.

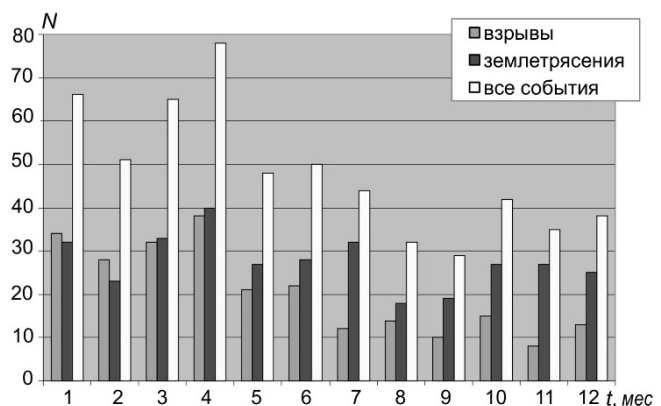


Рис. 3. Распределение ежемесячных чисел взрывов, землетрясений и всех сейсмических событий Приамурья и Приморья в 2013 г.

Взрывы. Методика обработки взрывов не изменилась: продолжалась работа по распознаванию записей промышленных взрывов в соответствии с рекомендациями в [18]. Изменения в местоположении площадок взрывных работ и карта эпицентров событий «возможно взрыв» представлены на рис. 4. Большая часть площадок не претерпела существенных изменений в расположении по сравнению с распределением площадок в 2012 году. Возобновились регистрация взрывов в районе Чегдомына и в районе угольного карьера в окрестностях г. Хэган на территории северного Китая.

В результате суммарное число взрывов на территории Приамурья и приграничного Китая увеличилось в 1.2 раза и составило ($N=247$) по сравнению с таковым в 2012 г. ($N=210$) [1, 19]. В Приморском крае взрывы не зарегистрированы.

Число техногенных событий в 2013 г. составило 42.7 % от общего числа зарегистрированных событий. Максимальная активность взрывных работ отмечается в апреле ($N=38$) (рис. 3). Диапазон энергетических классов взрывов составил $K_p=5.4-10.8$, а величина суммарной сейсмической энергии равнялась $\Sigma E_{взр}=0.075 \cdot 10^{12}$ Дж, что в 14 раз выше суммарной энергии взрывов за 2012 г. ($\Sigma E_{взр}=0.0052 \cdot 10^{12}$ Дж [1]) и составляет менее 1 % годовой суммарной сейсмической энергии коровых землетрясений.

Наиболее сильный промышленный взрыв с $K_p=10.8$ (исключительное событие) был зарегистрирован 14 марта 21^h17^m на площади угольного месторождения в районе г. Хэган на территории Северного Китая в районе № 6.

Распределение взрывов по районам региона представлено в табл. 1. По числу зарегистрированных взрывов в районах № 1–4 2013 г. во многом совпадает с 2012 г. Лишь немного, на 10 %, увеличилось число зарегистрированных взрывов в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе № 2.

Наиболее существенные изменения коснулись Приграничного района № 6, где было зарегистрировано $N=28$ взрывов, что значительно превышает результат 2012 г. ($N=3$).

В районе № 5, как и в предыдущем году, существующей сетью станций взрывы не зарегистрированы.

Таблица 1. Распределение числа взрывов в регионе Приморья и Приамурья в 2013 г.

№	Район	N_{Σ}	$K_{min}-K_{max}$
1	Становой	14	6.3–7.5
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	158	5.5–8.1
3	Зейско-Селемджинский	34	5.4–7.4
4	Турано-Буреинский	13	5.9–8.3
5	Сихотэ-Алиньский	–	–
6	Приграничный	28	6.7–10.8

Карта эпицентров землетрясений представлена на рис. 5. На карте также размещены стереограммы механизмов очагов пяти землетрясений – одного корового и четырех глубокофокусных.

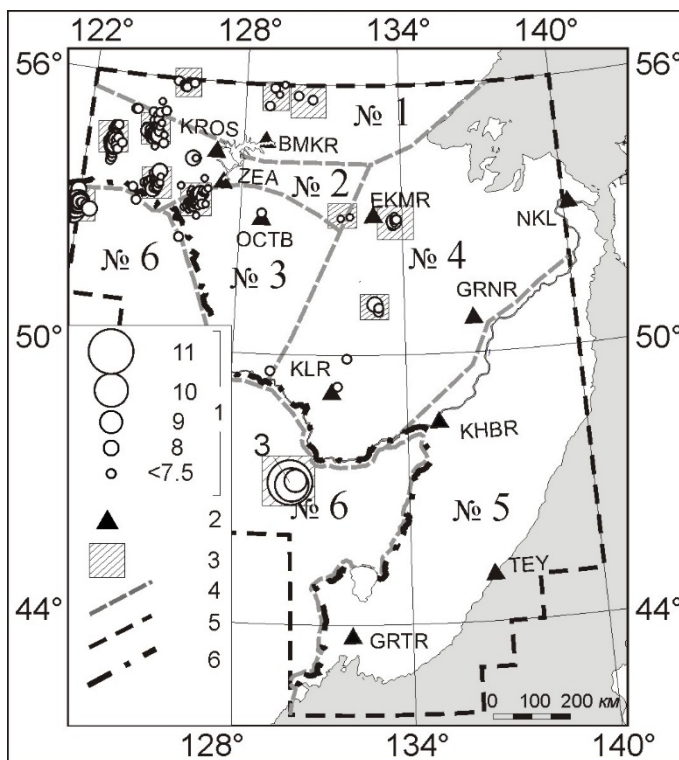


Рис. 4. Карта эпицентров взрывов на территории Приамурья и Приморья в 2013 г.

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.

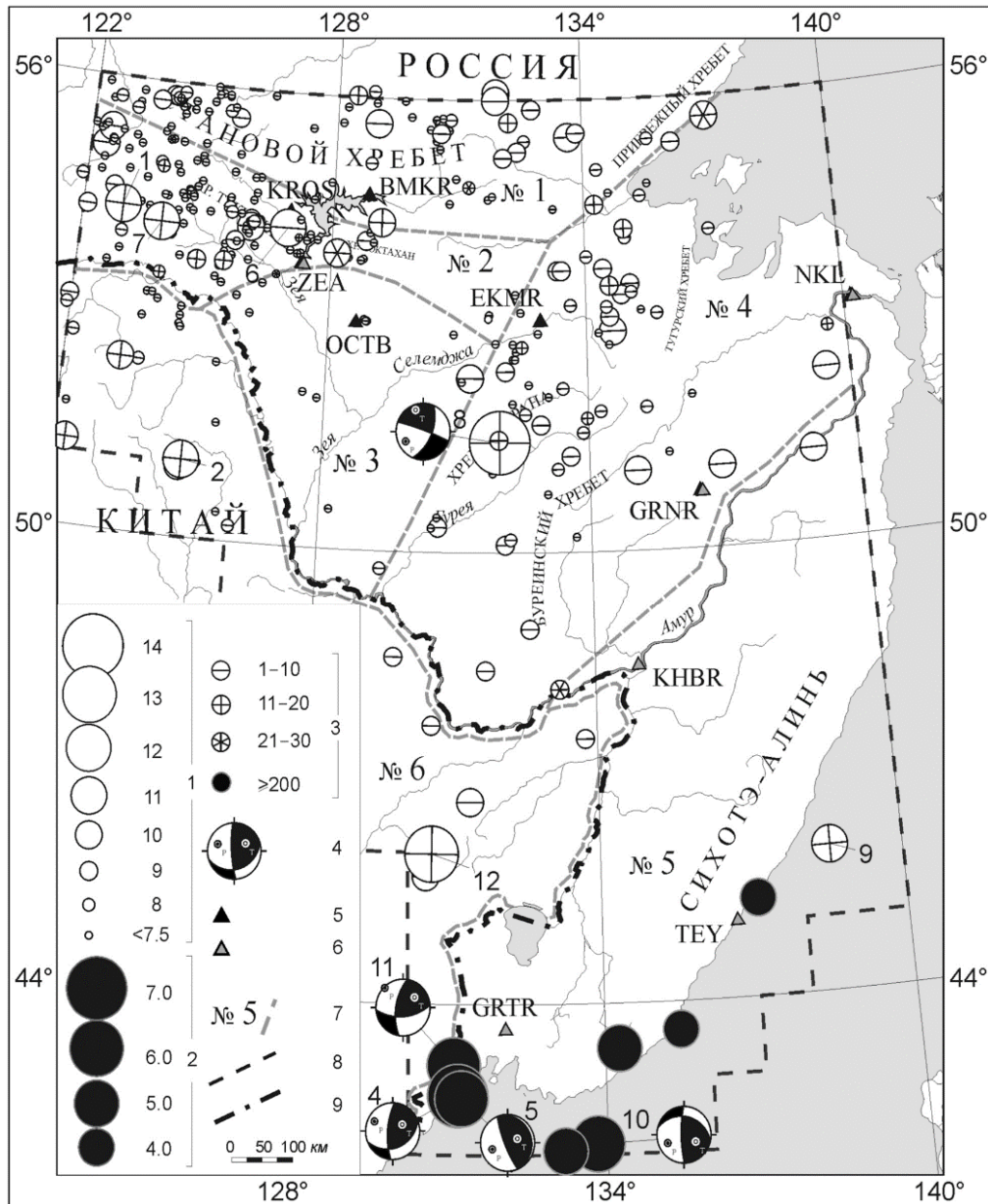


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Приамурья и Приморья в 2013 г.

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 и в 2012 г., наибольшая плотность эпицентров коровых землетрясений 2013 г. регистрировалась в западной и северо-западной частях региона. Постепенно снижалась афтершоковая активность в очаге Сковородинского землетрясения, где 14 октября 2011 г. произошло самое сильное ($MLH=6.2$) за весь период инструментальных наблюдений коровое землетрясение интенсивностью до 7–8 баллов (по шкале MSK-64) [20]. Активизировалась центральная часть региона. Здесь, в районе хр. Турана, зарегистрировано наиболее сильное ощутимое [21] событие (8) среди коровых землетрясений, которое произошло 22 июля в 15^h08^m с $K_p=13.6$ и $MLH=4.6$. В его очаге локализованом на глубине $h=13\pm 4$ км, выделилась энергия $\Sigma E=35.81\cdot 10^{12}$ Дж. Очаг землетрясения находился в условиях субгоризонтального напряжения растяжения север-северо-западного направления и напряжения сжатия, полого ($PL=24^\circ$) падающего на запад-юго-запад. Одна из возможных плоскостей разрыва ($NP1$) имеет западное ($STK=290^\circ$) простираение с крутым падением на север-северо-восток ($DP1=85^\circ$), вторая возможная плоскость разрыва ($NP2$) простирается в север-северо-восточном направлении ($STK=23^\circ$) и под углом $DP2=61^\circ$ падает на восток-юго-

восток. Согласно расчетам, тип сейсмодислокации – сдвиг (рис. 5) [22]. Землетрясение сопровождалось слабой афтершоковой активностью. В очаговой области зарегистрировано лишь четыре афтершока с разбросом по энергетическому классу $K_p=6.6\div 8.6$ [4]. В табл. 2 размещены макро-сейсмические сведения о данном землетрясении [21].

Таблица 2. Макросейсмические данные о землетрясении 22 июля 2013 г. в 15^h08^m с $MLH=4.6$

№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E
	<u>4 балла</u>				4	Чегдомын	78	51.117	132.978
1	Алонка	33	51.355	132.445		<u>2–3 балла</u>			
2	Этыркэн	34	51.523	131.526	5	Февральск	133	52.452	130.886
	<u>3 балла</u>				6	Стойба	148	52.795	131.709
3	Новый Ургал	60	51.078	132.601	7	Тырма	159	50.044	132.157

Северная часть региона характеризуется умеренным, фоновым уровнем сейсмической активности. На территории Амурско-Зейской равнины зарегистрированы лишь немногочисленные землетрясения умеренных энергий. Сейсмическое затишье, как и в 2012 г., присутствует в центральной и северной областях хр. Сихотэ-Алинь.

Глубокофокусная сейсмичность представлена немногочисленными землетрясениями ($N=8$) на юге Приморья и шельфовой части Японского моря. Для четырех глубокофокусных землетрясений (4, 5, 10, 11) рассчитаны механизмы очагов [22].

Два, наиболее сильных глубокофокусных землетрясения 2013 г. (4, 5) зарегистрированы в районе м. Шульца на юге Приморья. Первое землетрясение (4) произошло 5 апреля в 13^h00^m с $MPVA=6.7$ и $h=570\pm 7$ км. В его очаге выделилась энергия, равная $\Sigma E=1.37\cdot 10^{16}$ Дж. Очаг землетрясения находился в условиях сжатия запад-северо-западного падения и несколько более круто падающего напряжения растяжения, ориентированного на северо-восток. Тип сейсмодислокации – взрез вдоль плоскости круто, почти вертикально, падающей на запад. Вдоль альтернативной плоскости пологого юго-восточного падения – взброс. Второй толчок (5) произошел 6 апреля 00^h29^m с $MPVA=6.3$ и $h=568\pm 7$ км (рис. 5). Тип сейсмодислокации – взрез вдоль субвертикальной плоскости, ориентированной на юг-юго-восток ($STK=158^\circ$), либо пологий надвиг вдоль альтернативной плоскости, полого падающей на восток-северо-восток. Землетрясение реализовалось в условиях направленного на юго-запад сжатия и северо-восточного напряжения растяжения.

В табл. 3 приведены распределение коровых землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по данным каталогов Приморья и Приамурья за 2000–2013 гг. [19], а на рис. 6 показаны годовые числа коровых землетрясений и суммарная сейсмическая энергия за этот период. Сравнение значений N_Σ и ΣE за 2000–2013 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 в пределах $K_p=7.6\text{--}8.5$ могут входить и техногенные события, которые не удалось выявить при обработке.

Как следует из табл. 3, число коровых землетрясений ($N=122$) с $K_p\geq 7.6$, зарегистрированных в регионе в 2013 г., существенно ниже их среднегодового значения ($N=192$) в период наблюдений 2000–2012 гг. Исходя из данных табл. 3 следует заметить, что выделившаяся суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений в 2011 г. за счет Сковородинского землетрясения 14 октября 2011 г. с $M_w=6.0$, $I_0=8$, значительно подняла средний показатель выделившейся энергии за последние тринадцать лет наблюдений.

Таблица 3. Распределение коровых землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 2000–2013 гг. (с $K_p\geq 7.6$)

Год	K_p									N_Σ	ΣE , 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

Год	K_p								N_Σ	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
	8	9	10	11	12	13	14	15		
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
2011	94	53	27	8	2	1		1	186	2519.4
2012	59	37	7	2			1		106	50.5
Сумма	1659	561	181	57	29	5	2		2495	2730.9
Среднее	127.6	43.2	13.9	4.4	2.2	0.4	0.2	0.1	191.9	210.1
2013	56	39	20	5		1	1		122	43.5

Суммарная сейсмическая энергия за 2013 г., равная $\Sigma E=43.5 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$, является достаточно высокой относительно периода 2000–2010 гг. (рис. 6), но в 4.8 раза ниже среднегодового значения $\Sigma E=210.1 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ с учетом значений 2011, 2012 гг.

Согласно данным табл. 3, средний показатель числа зарегистрированных землетрясений в пределах энергетических классов $K_p=9.6-10.5$ в 2013 г. в 1.4 раза превысил среднее значение за предыдущие годы.

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

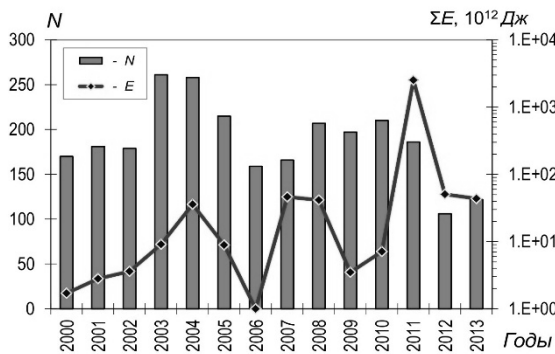


Рис. 6. Изменение ежегодного числа коровых землетрясений Приамурья и Приморья и суммарной сейсмической энергии ΣE за 2000–2013 гг.

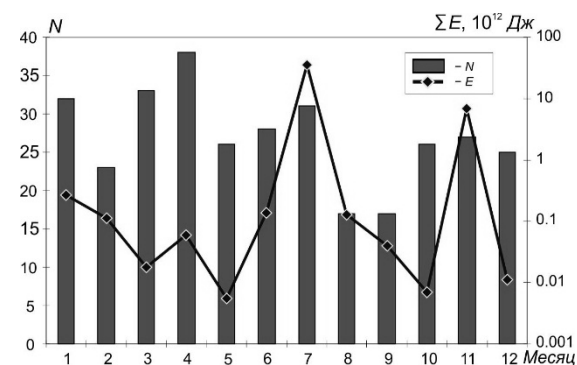


Рис. 7. Изменение числа коровых землетрясений и суммарной сейсмической энергии по месяцам 2013 г.

Число всех зарегистрированных **коровых землетрясений** в 2013 г. в регионе «Приамурье и Приморье» равно $N=323$, что на 17.3 % выше числа землетрясений в 2012 г. ($N=267$) [1]. Суммарная сейсмическая энергия всех коровых землетрясений 2013 г. составила $\Sigma E=43.453 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$, что лишь в 1.2 раза ниже выделившейся энергии в 2012 г., равной $\Sigma E=50.464 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ [1].

Несмотря на то, что больше всего коровых землетрясений было зарегистрировано в апреле ($N=38$), наибольший всплеск коровой сейсмической активности, согласно рис. 7, пришелся на июль месяц, когда произошло ощутимое землетрясение в районе хр. Турана с $K_p=13.6$ и $MLH=4.6$, в результате которого выделилось $\Sigma E=35.81 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ энергии, что составляет 82.4 % от суммарной годовой сейсмической энергии коровых землетрясений. Наиболее спокойный сейсмический режим наблюдался в мае и октябре 2013 года.

В регионе «Приамурье и Приморье» существующей сетью станций в 2013 г. зарегистрировано восемь **глубокофокусных землетрясений**, что соизмеримо с их числом в 2012 г. ($N=7$). Суммарная сейсмическая энергия всех глубокофокусных землетрясений 2013 г. составила $\Sigma E=1.5 \cdot 10^{16} \text{ Дж}$, что в шесть раз выше энергии, выделившейся в 2012 г. [1]. Эпицентры всех глубокофокусных землетрясений располагались в акватории Японского моря, захватывая юг Приморского края, в районе №5 (рис. 5).

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 2013 год. Наибольшее число ($N=141$) землетрясений с очагами в земной коре, как и в предыдущем году, произошло в Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2). Наименьшее число ($N=3$) коровых землетрясений в 2013 г. было зарегистрировано в Сихотэ-Алиньском районе (№ 5).

Таблица 4. Распределение коровых землетрясений по энергетическому классу K_p , глубокофокусных – по магнитуде $MPVA$ и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Приамурья и Приморья в 2013 г.

$h \leq 30 \text{ км}$															
№	Районы	K_p										N_Σ	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$		
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
1	Становой	1	13	35	12	11	4							76	0.053
2	Янкан-Тукурингра-Джагдинский	3	46	58	16	10	5	3						141	0.455
3	Зейско-Селемджинский		5	6			1							12	0.026
4	Турано-Буреинский		3	18	23	14	5					1		64	35.860
5	Сихотэ-Алиньский					1	1	1						3	0.117
6	Приграничный		1	12	5	3	4	1			1			27	6.942
	Всего	4	68	129	56	39	20	5				1	1	323	43.453

$h \geq 200 \text{ км}$							
№	Районы	$MPVA$				N_Σ	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
		4	5	6	7		
5	Сихотэ-Алиньский	2	2	3	1	8	14891.3
6	Приграничный						
	Всего	2	2	3	1	8	14891.3

Примечание. При составлении таблицы величина глубокофокусных землетрясений приводилась к магнитуде MS путем пересчета из магнитуды $MPVA$ по следующим соотношениям: $MS=1.77 \cdot MPVA-5.2$ ($70 \text{ км} < h \leq 390 \text{ км}$); $MS=1.85 \cdot MPVA-4.9$ ($h > 390 \text{ км}$), затем рассчитывалась по формуле Гуттенберга-Рихтера: $\lg E=11.8+1.5MLH$ [15].

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 2012–2013 гг. Максимальное количество (82.5 %) высвобожденной сейсмической энергии коровых землетрясений отмечено в Турано-Буреинском районе (№ 4) (табл. 4, рис. 8 и 9).

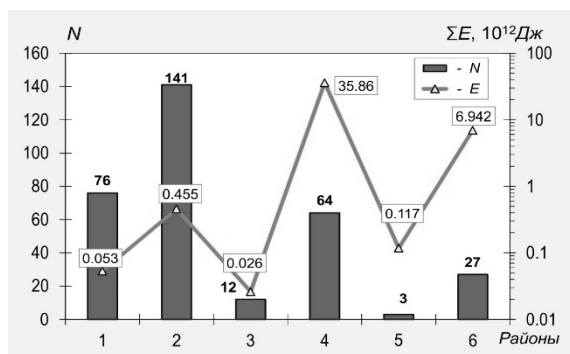


Рис. 8. Распределение числа коровых землетрясений (1) и суммарной сейсмической энергии (2) ΣE по шести районам Приамурья и Приморья в 2013 г.

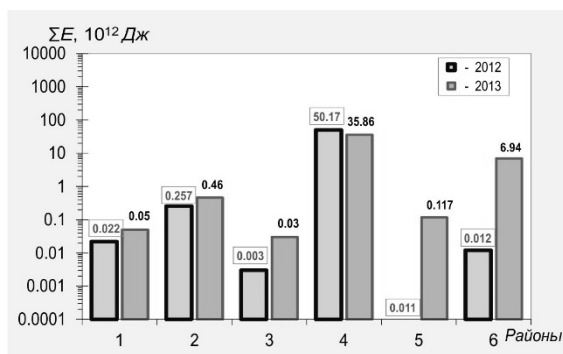


Рис. 9. Изменение суммарной сейсмической энергии ΣE коровых землетрясений по районам Приамурья и Приморья в 2012–2013 гг.

Далее приводится обзор сейсмичности в каждом из условно выделенных районов региона. В Становом районе (№ 1) в 2013 г. уровень сейсмической активности немного повысился по сравнению с таковым в 2012 году. Здесь зарегистрировано 76 коровых землетрясений, что

на 18.4 % больше зарегистрированных землетрясений 2012 г. ($N=62$) [1]. Суммарная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=5.3 \cdot 10^{10}$ Дж, в 2.4 раза выше соответствующей величины ($\Sigma E=2.2 \cdot 10^{10}$ Дж) 2012 г. (табл. 4, рис. 8 и 9).

Наиболее сильное землетрясение произошло 30 июня в 02^h48^m с $K_p=10.3$ и $h=16$ км. Эпицентр землетрясения располагался на границе с Якутским регионом, в южной части Станового хребта (рис. 5).

В течение всего 2013 г. регистрировались слабые события ($K_p=6.3-9.0$) северо-восточнее Бомнака (рис. 5). Весьма вероятно, что небольшая их часть имеет техногенное происхождение.

К западной части района приурочено наибольшее число эпицентров землетрясений, но энергетический класс этих событий также не превышает $K_p=8.9$.

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

В **Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№ 2)** сейсмическая активность несколько возросла по сравнению с активностью в 2012 году. В 2013 г. здесь было зарегистрировано $N=141$ коровое землетрясение (табл. 4, рис. 8 и 9), что на 14.9 % больше, чем в 2012 г. ($N=120$). Соответственно, и количество выделившейся суммарной сейсмической энергии в данном районе увеличилось в 1.8 раз по сравнению с 2012 г. ($\Sigma E=4.5 \cdot 10^{11}$ Дж вместо $\Sigma E=2.6 \cdot 10^{11}$ Дж [1]). Заметно возросло число слабых событий с $K_p=5.6-6.5$, вероятно по причине более стабильной работы сейсмических станций в пределах района (табл. 4).

Достаточно плотно эпицентры землетрясений расположились к западу от Зейского водохранилища. Наиболее сильное землетрясение здесь (1), которое произошло 2 января в 19^h45^m с $h=15 \pm 2$ км и с $K_p=11.4$. Надо заметить, что очаг землетрясения находился на западном фланге протяженной разломной зоны, к которой принадлежал и очаг Сквородинского землетрясения.

В течение всего 2013 г. продолжались наблюдения за афтершоковым процессом непосредственно в области очага Сквородинского землетрясения 2011 г., приуроченного к Южно-Тукурингскому широтному разлому. Здесь было зарегистрировано 20 афтершоков с разбросом по энергетическому классу $K_p=5.9 \div 11.0$. Из них наиболее сильное землетрясение (7) произошло 14 июня в 23^h39^m с $h=14 \pm 4$ км и с $K_p=11.0$. Сведений о макросейсмических проявлениях этого землетрясения не поступало.

В непосредственной близости к южной части Зейского водохранилища, в отрогах хр. Тукурингра 13 апреля в 05^h18^m зарегистрировано землетрясение (6) с $h=7 \pm 2$ км и с $K_p=10.6$.

Несколько событий низких энергетических классов зарегистрированы с восточной стороны Зейского водохранилища, в отрогах хр. Соктахан. Наиболее заметное землетрясение здесь произошло 6 сентября в 02^h56^m с $h=26 \pm 3$ км и с $K_p=10.1$.

Восточная часть района асейсмична, лишь несколько слабых землетрясений с $K_p < 7.6$ зарегистрированы на юго-востоке.

В **Зейско-Селемджинском районе (№ 3)** в 2013 г. число зарегистрированных землетрясений немного снизилось по сравнению с 2012 г. ($N=12$ в 2013 г. против $N=16$ в 2012 г.) [1]. Несмотря на это, количество суммарной сейсмической энергии района возросло на порядок (с $\Sigma E=3 \cdot 10^9$ Дж в 2012 г. [1] до $\Sigma E=3 \cdot 10^{10}$ Дж в 2013 г. (табл. 4, рис. 8 и 9)).

Эпицентры нескольких землетрясений расположились в северной части Зейско-Буреинской равнины. Наиболее сильное ($K_p=10.4$) землетрясение здесь произошло 12 ноября в 04^h16^m с $h=8 \pm 1$ км.

Эпицентры немногочисленных слабых ($K_p=5.6-7.0$) землетрясений зарегистрированы в северо-западной части района и на территории Амурско-Зейской равнины, три из которых произошли непосредственно вблизи сейсмической станции «Октябрьск» ОСТВ (рис. 5).

В **Турано-Буреинском районе (№ 4)** в 2013 г. (так же, как и в 2012 г.) зарегистрирован самый высокий уровень сейсмической активности в регионе. Число зарегистрированных землетрясений возросло ($N=64$) по сравнению с 2012 г. ($N=50$), количество выделившейся суммарной сейсмической энергии немного уменьшилось и составило $\Sigma E=35.86 \cdot 10^{12}$ Дж, что в 1.4 раза ниже соответствующей ($\Sigma E=50.17 \cdot 10^{12}$ Дж [1]) величины в 2012 г. (табл. 4, рис. 8 и 9).

Самое сильное ощутимое ($I_{\max}=4$ балла) землетрясение (8) в данном районе и в регионе в целом произошло 22 июля в 15^h08^m с $MLH=4.6$. Сведения об этом землетрясении приводятся выше.

Наибольшая плотность эпицентров землетрясений района наблюдалась восточнее Экимчана. Наиболее сильное землетрясение этой группы произошло 10 марта в 13^h20^m с $K_p=9.7$ и $h=7 \pm 1$ км.

Несколько активизировалась северная часть района. Здесь, на шельфе Охотского моря, у м. Отличительный 15 декабря в 18^h46^m зарегистрировано землетрясение с $K_p=10$. Глубина очага землетрясения составила $h=27\pm 3$ км.

Эпицентры трех землетрясений с $K_p=9.6-9.8$ зарегистрированы в пределах разветвленной системы разломов Тан-лу, в восточной части района.

В Сихотэ-Алиньском районе (№ 5) в 2013 г. было зарегистрировано три землетрясения с очагами в земной коре (ранее, в 2012 г., не было зафиксировано ни одного такого землетрясения). Суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений района составила $\Sigma E=0.117\cdot 10^{12}$ Дж. [1]. Наиболее сильное из них (9) зарегистрировано 1 августа в 18^h39^m на шельфе Японского моря, северо-восточнее Тернея с $K_p=11$. Глубина очага землетрясения составила $h=20\pm 3$ км. Два других события с $K_p<10$ были отмечены на северной и северо-западной окраине района. Вся центральная часть района в 2013 г. была асейсмичной.

Число глубокофокусных землетрясений в районе в 2013 г. ($N=8$) сопоставимо с 2012 г. ($N=7$). Суммарная сейсмическая энергия глубокофокусных землетрясений района повысилась в шесть раз по сравнению с 2012 г. и составила $\Sigma E=1.5\cdot 10^{16}$ Дж (табл. 4). Для четырех глубокофокусных землетрясений (4, 5, 10, 11) рассчитаны механизмы очагов.

Эпицентры всех глубокофокусных землетрясений сосредоточились на юге Приморского края, обрамляя его по береговой полосе (рис. 5).

Наиболее сильное глубокофокусное землетрясение (4) с $MPVA=6.7$ и $h=570\pm 7$ км произошло 5 апреля в 13^h00^m (более подробное описание приведено выше).

В Приграничном районе (№ 6) число зарегистрированных коровых землетрясений в 2013 г. возросло на 29.6 % ($N=27$) по сравнению с показателем 2012 г. ($N=19$) [1]. Суммарная сейсмическая энергия коровых землетрясений существенно увеличилась по сравнению с таковой в 2012 г. ($\Sigma E=1.2\cdot 10^{10}$ Дж [1]) и составила $\Sigma E=6.9\cdot 10^{12}$ Дж (табл. 4, рис. 8 и 9).

Самое сильное коровое землетрясение (12) произошло 19 ноября в 18^h57^m в восточной части района с $K_p=12.8$ и $MLH=4.8$. Эпицентр землетрясения находился на территории КНР, восточнее Харбина. Очаг землетрясения, принадлежащий к разломной зоне Тан-Лу [16], был локализован на глубине $h=16$ км.

Немного возросла сейсмическая активность западной части района. Здесь 20 февраля в 11^h30^m зарегистрировано землетрясение (2) с $K_p=11$ и $MLH=4.1$. Эпицентр его находился на территории Китая, северо-западнее Благовещенска.

Несколько землетрясений умеренных энергий зарегистрированы вблизи государственной границы.

В Приграничном районе в 2013 г., как и в 2012 г., глубокофокусных землетрясений не зарегистрировано.

В заключение можно сказать, что в целом сейсмический режим региона «Приамурье и Приморье» в 2013 г. идентичен таковому в 2012 г. Так же, как и в предыдущем году, Турано-Буреинский район (№4) продолжает быть доминирующим районом по уровню высвобожденной сейсмической энергии коровых землетрясений. В Янкан-Тукурингра-Джагдинском районе (№2) продолжался умеренный афтершоковый процесс Сковородинского землетрясения 2011 году.

Можно отметить, что более стабильная работа сейсмических станций в 2013 г. положительно повлияла на содержание каталога землетрясений. Но, несмотря на это, в каталоге заметен дефицит событий низких классов (с $K_p\leq 6.5$). Особенно это касается Станового района №1 и Янкан-Тукурингра-Джагдинского №2.

В 2013 г. наблюдалось значительное увеличение высвобожденной суммарной сейсмической энергии глубокофокусных землетрясений в Сихотэ-Алиньском районе №5.

Особенностью 2013 г. явилось некоторое увеличение числа зарегистрированных техногенных событий, из которых особенно энергоемкие зарегистрированы на территории Китая.

В целом на большей территории региона «Приамурье и Приморье» сохранялся умеренный уровень сейсмической активности.

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. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 152–161.

2. **Костылев Д.В. (отв. сост.).** Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
3. **Результаты комплексных сейсмологических работ** (отчет СФ ГС РАН за 2013 г.). – Южно-Сахалинск: Фонды СФ ГС РАН, 2013. – 171 с.
4. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Авдеева Л.И. (сост.).** Каталог землетрясений и взрывов Приамурья и Приморья за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
5. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
6. **Костылев Д.В. (сост.).** Стационарные сейсмические станции и сеть цунами Сахалина в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
7. **Костылев Д.В. (сост.).** Стационарные сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
8. **Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2013** // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013
9. **International Seismological Centre, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015** [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
10. **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.
11. **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.
12. **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.
13. **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.
14. **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.
15. **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.
16. **Габсатарова И.П.** Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
17. **Лукаш Н.А., Коваленко Н.С. (сост.).** Дополнение к каталогу землетрясений Приамурья и Приморья за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
18. **Годзиковская А.А.** Местные взрывы и землетрясения. – Личный архив, 2000. – 108 с.
19. Каталоги землетрясений и взрывов Приамурья и приморья за 2000-2011 гг. // Землетрясения Северной Евразии, 2000–2011 гг. – Обнинск: ГС РАН, 2000-2012. – Приложение на CD.
20. **Медведев С.В.** (Москва), **Шпонхойер В.** (Иена), **Карник В.** (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
21. **Коваленко Н.С. (отв. сост.), Лукаш Н.А. (сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Приамурья и Приморья в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
22. **Богинская Н.В. (отв. сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Приамурья и Приморья за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.

METADATA IN ENGLISH

PRIAMURYE AND PRIMORYE

Kovalenko N.S.¹, Fokina T.A.¹, Safonov D.A.^{1,2}

¹*Sakhalin Branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences,*

Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, kovalenko@seismo.sakhalin.ru

²*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, d.safonov@imgg.ru*

Abstract. The review of seismicity of Amur and Primorye in 2013 according to the data of permanent seismic stations's network of the Sakhalin branch of the GS RAS is presented. Maps of the representative registration of earthquakes (M_{\min}), of epicenters of earthquakes and explosions are presented. Distributions of shallow earthquakes by T.G. Rautian energy classes K_R , and of deep-focused by magnitude $MPVA$ are shown; total amount of seismic energy released in six seismoactive areas is given. The results of observations of aftershock activity of Skovorodino earthquake on October 14, 2011 ($M=6.2$) are presented. Seismicity recorded in 2013 is compared with the results of long-term observations. In general, the seismic regime of the Priamurye and Primorye region in 2013 is identical to that in 2012. The Turano-Bureinsky district (No. 4) continues to be the dominant region in terms of released seismic energy of crustal earthquakes, which is similar to the previous year. The more stable operation of seismic stations in 2013 had a positive effect on the quality of seismic events in the catalog. There is a noticeable shortage of small events in the catalog (with $K_p \leq 6.5$) despite this. This is mostly relevant to Stanovoy District No. 1 and Yankan-Tukuringra-Dzhagdinsky No. 2 regions. There was a significant increase in the total amount of released seismic energy of deep-focus earthquakes in the Sikhote-Alin area No. 5 in 2013. The peculiarity of 2013 was a slight increase in the number of recorded technogenic events, the largest of which are located on the territory of northern China. In most parts of the Amur and Primorye region the level of seismic activity in 2013 remained moderate.

Keywords: Crust and deep-focus seismicity, aftershocks, seismic energy.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.14

For citation: Kovalenko, N.S., Fokina, T.A., & Safonov, D.A. (2019). Priamurye and Primorye. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 161–172. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.14

References

1. Kovalenko, N.S., Fokina, T.A., & Safonov, D.A. (2018). Priamurye and Primorye. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), 152–161. (In Russ.).
2. Kostylev, D.V. (2019). Seismic stations of Priamurye and Primorye in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
3. *Rezultaty kompleksnykh seismologicheskikh rabot (otchet SF GS RAN za 2013 g.)* [Results of complex seismological works (The report of the SB FRC UGS RAS for 2013)]. (2013). *Yuzhno-Sakhalinsk: Funds SB FRC UGS RAS*, 171 p. (In Russ.).
4. Kovalenko, N.S., & Avdeyeva, L.I. Catalog of earthquakes and explosions of Priamurye and Primorye for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
5. Rautyan, T.G. (1960). [Earthquake energy]. *Trudy IFZ AN SSSR* [Proceedings of the IPF of the USSR Academy of Sciences], 9 (176), 75–114.
6. Kostylev, D.V. (2019). Stationary seismic stations and tsunami network of Sakhalin in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
7. Kostylev, D.V. (2019). Seismic stations of Kuril-Okhotsk region in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
8. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations. (2019). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013/
9. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>

10. Poplavskaya, L.N., Bobkov, A.O., Kuznetsova, V.N., Nagornykh, T.V., & Rudik, M.I. (1989). [The principles of formation and structure of algorithmic providing the regional center of processing of seismological observations (on the example of the Far East)]. In *Seysmologicheskiye nablyudeniya na Dal'nem Vostoke USSR. Metodicheskiye raboty ESSN*. [Seismological observations in the Far East of the USSR. Methodical works of ESSN] (pp. 32–51). Moscow: Nauka Publ. (In Russ.).
11. Oskorbin, L.S., & Bobkov, A.O. (1997). [Seismic mode of seismogene zones of the South of the Far East]. In *Geodinamika tektonosfery zony sochleneniia Tikhogo okeana s Evrazii. t.VI. (Problemy seysmicheskoy opasnosti Dal'nevostochnogo regiona)*. [Geodynamics tektonosfer of a zone of a joint of the Pacific Ocean with Eurasia. T.VI. (Problems of seismic hazard of the Far East region)] (pp. 179–197). Yuzhno-Sakhalinsk: IMGiG Publ. (In Russ.).
12. Sholokhova, A.A., Oskorbin, L.S., & Rudik, M.I. (1987). [Earthquakes of Priamurye and Primorye]. In *Zemletryaseniia v USSR v 1985 godu* [Earthquakes in the USSR in 1985] (pp. 135–139). Moscow: Nauka Publ. (In Russ.).
13. Aptekman, Zh.Ya., Zhelankina, T.S., Keylis-Borok, V.I., Pisarenko, V.F., Poplavskaya, L.N., Rudik, M.I., & Solov'yov, S.L. (1979). Mass definition of mechanisms of the centers of earthquakes on the computer. *Selected Papers From Volume 12 of Vychislitel'naya Seysmologiya*, 45–58. (In Russ.).
14. Poplavskaya, L.N., Nagornykh, T.V., & Rudik, M.I. (2001). [Technique and the first results of mass definitions of mechanisms of the centers crust of earthquakes of the Far East]. In *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii v 1995 godu*. [Earthquakes in Northern Eurasia, 1995] (pp. 95–99). Moscow: GS RAS Publ. (In Russ.).
15. Balakina, L.M., Vvedenskaya, A.V., Golubeva, N.V., Misharina, L.A., & Shirokova, Ye.I. (1972). *Pole uprugikh napryazheniy Zemli i mekhanizm ochagov zemletryasenyi*. [Field of elastic tension of Earth and mechanism of the centers of earthquakes]. Moscow: Nauka Publ., 192 p. (In Russ.).
16. Gabsatarova, I.P. (2007). [Borders of seismoactive regions of Russia since 2004]. In *Zemletryaseniia Rossii v 2004 godu* [Earthquakes in Russia in 2004] (pp. 139). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
17. Lukash, N.A., & Kovalenko, N.S. Addition to the catalog of earthquakes in the Priamurye and Primorye for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
18. Godzikovskaya, A.A. (2000). *Mestnyye vzryvy i zemletryaseniia*. [Local explosions and earthquakes]. *Personal archive*, 108 p. (In Russ.).
19. Catalogs of earthquakes and explosions of Priamurye and Primorye for 2000–2011. *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii, 2000–2011*. [Earthquakes in Northern Eurasia, 2000–2011] (Appendix on CD). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
20. Medvedev S.V. (1968). [International seismic intensity scale]. In *Seysmicheskoe rayonirovanie SSSR*. [Seismic zoning of the USSR] (pp. 151–162). Moscow: Nauka Publ. (In Russ.).
21. Kovalenko, N.S. (2018). Macroseismic effect of notable earthquakes in the settlements of Priamurye and Primorye in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
22. Boginskaya, N.V. (2018). Catalog of mechanisms of the centers of earthquakes of Priamurye and Primorye for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).