

## САХАЛИН

Т.А. Фокина<sup>1</sup>, Д.А. Сафонов<sup>1,2</sup>, Д.В. Костылев<sup>1</sup>, В.И. Михайлов<sup>1</sup><sup>1</sup>Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, [fokina@seismo.sakhalin.ru](mailto:fokina@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)

**Аннотация.** Представлен обзор сейсмичности Сахалина за 2014 г. на основе данных региональной сети, состоявшей из четырех стационарных и десяти временных цифровых сейсмических станций, а также десяти станций локальной сети, функционировавшей на юге Сахалина. Определены параметры 450 сейсмических событий, 25 из них – взрывы. Для четырех землетрясений рассчитаны механизмы очагов. 22 землетрясения проявили макросейсмический эффект. Приведена карта эпицентров, даны распределение числа  $N$  коровых и глубокофокусных землетрясений по магнитуде и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по семи сейсмоактивным районам в сравнении со средними параметрами  $N$  и  $\Sigma E$  за 2001–2013 гг. Для каждого района и региона в целом дан анализ параметров сейсмического режима в 2014 г. в сравнении с долговременными средними, описаны максимальные и ощутимые сейсмические события. Сейсмичность Сахалинского региона в 2014 г. можно охарактеризовать как умеренную. Несколько повышенной сейсмическая активность была зафиксирована в Восточно-Сахалинском и Юго-Восточном районах.

**Ключевые слова:** сейсмичность, гипоцентр, энергия, глубокие землетрясения, механизм очага.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2020.23.14

**Для цитирования:** Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Костылев Д.В., Михайлов В.И. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 152–161. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.14

**Региональная сеть станций.** Мониторинг сейсмичности региона, включающего территорию о. Сахалин с шельфом и восточную часть Приамурья, проводился региональной сетью Сахалина [1], состоящей из четырех стационарных: «Южно-Сахалинск» (YSS), «Тымовское» (TYV), «Углегорск» (UGL), «Оха» (OKH) и десяти временных сейсмических станций [1]. При определении параметров слабых, умеренных и сильных землетрясений в полном объеме использовались данные стационарных станций, а также двух временных – «Ноглики» и «Новоалександровск», которые оснащены велосиметрами с более высокой чувствительностью, по сравнению с остальными станциями, оснащенными акселерометрами, предназначенными для регистрации сильных землетрясений, в том числе цунамигенных. Кроме того, на юге Сахалина функционировала локальная сеть из десяти временных цифровых сейсмических станций «DAT», позволяющая регистрировать как сильные, так и слабые локальные землетрясения. К определению параметров землетрясений привлекались данные сейсмических станций Приамурья и Приморья [2], Курило-Охотского региона [3], а также бюллетени ФИЦ ЕГС РАН [4], JMA и ISC [5]. Эти сети обеспечили регистрацию без пропусков всех землетрясений с расчетной магнитудой  $M^p > 3.0$  на большей части региона, за исключением его северной части и небольших участков возле восточной, западной и юго-западной границ (рис. 1), где землетрясения происходят редко. Поэтому в данной работе за представительный уровень магнитуды принимается  $M^p \geq 3.0$ .

В 2014 г. на побережье Татарского пролива, в г. Александровск-Сахалинский (рядом со стационарной станцией TYV на рис. 1), был открыт новый стационарный наблюдательный пункт «Александровск-Сахалинский» (ALKS), оснащенный акселерометром CMG-5T и предназначенный для регистрации сильных землетрясений.

Локальная сеть станций, создаваемая с 1999 г. для наблюдений за сейсмичностью южной, наиболее заселенной, части о. Сахалин [6], состояла из полевых цифровых станций DAT (DAT-4/DAT-5а, LE-3Dlite). Сведения о станциях и их параметрах приведены в Приложении [7]. На протяжении 2014 г. наблюдения велись не менее чем девятью станциями, большую часть времени работали все десять станций [8]. Конфигурация локальной сети на юге Сахалина в 2014 г. не менялась, карта обеспечиваемой ею магнитудной представительности землетрясений приведена на рис. 2.

Классификация местных землетрясений, регистрируемых локальной сетью, осуществлялась по энергетическим классам  $K_r$  шкалы Т.Г. Раутиан [9], с переходом к расчетным магнитудам

$M^P$ , в которых представлены карты магнитудной представительности на рис. 1 и 2, по формуле Т.Г. Раутиан [10]:

$$M^P = (K_P - 4) / 1.8. \quad (1)$$

Изолинии представительной регистрации землетрясений на рис. 1 и 2 показаны с шагом  $\Delta M^P = 0.5$  ( $M_{\min} = 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5$ , что соответствует  $K_P = 6.7, 7.6, 8.5, 9.4, 10.3$ ).

При определении параметров сильных землетрясений использовались данные запущенного в эксплуатацию в октябре 2008 г. программно-технического комплекса опорной широкополосной цифровой сейсмической станции для Службы предупреждения о цунами (ПТК ОШЦСС) «Южно-Сахалинск», который состоял из пяти пунктов наблюдения: центрального, расположенного на сейсмической станции «Южно-Сахалинск» и оборудованного широкополосным велосиметром CMG-3 с регистратором GSR-24, и четырех выносных пунктов, оборудованных акселерометрами CMG-5T и теми же регистраторами GSR-24, размещенными в городах Корсаков (KOR), Невельск (NEV), Холмск (KHL) и Долинск (DOL).

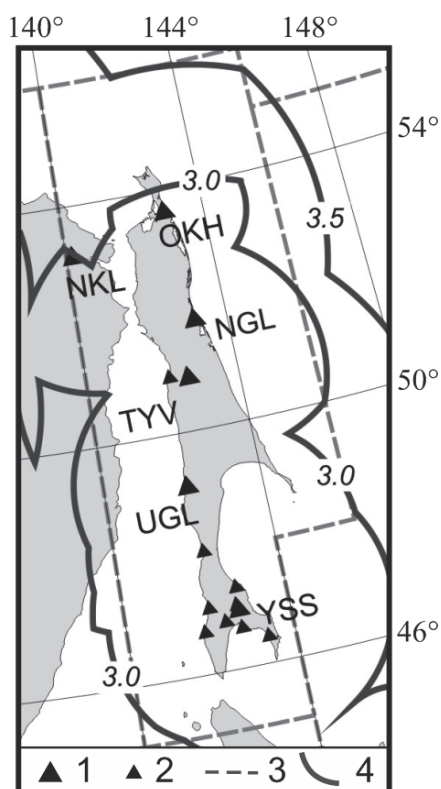


Рис. 1. Карта магнитудной представительности  $M_{\min}$  землетрясений Сахалина

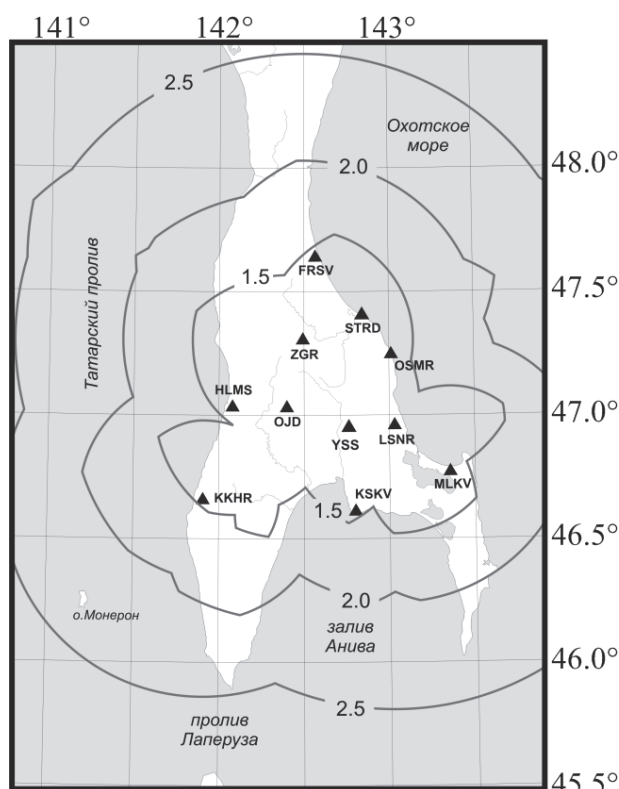


Рис. 2. Карта магнитудной представительности  $M_{\min}$  землетрясений юга Сахалина

1 – широкополосная сейсмическая станция, оснащенная велосиметром; 2 – пункт, оснащенный акселерометром; 3 – граница региона; 4 – изолиния  $M_{\min}$ .

1 – полевая станция локальной сети на юге Сахалина; 2 – изолиния  $M_{\min}$ .

**Методика обработки** сейсмологических данных описана в [11–21]. Границы региона [22], схема его деления на отдельные сейсмоактивные районы не изменились. Классификация землетрясений, зарегистрированных региональной сетью, проводилась по энергетическим классам  $K_C$  С.Л. Соловьёва [11] и  $K_P$  Т.Г. Раутиан [10], а также магнитудам  $MLH$ ,  $MPV$ ,  $MSH$  по аппаратуре СКД [23] и  $MPVA$ ,  $MSHA$  – по короткопериодной аппаратуре СКМ-3 [12, 23].

Для единой классификации всех землетрясений использовалась расчетная магнитуда  $M^P$ . Для мелкофокусных землетрясений  $M^P$  равна магнитуде  $MLH$ , а при ее отсутствии вычисляется из  $K_C$ . Для глубокофокусных землетрясений  $M^P$  вычисляется из  $MSH$  или, при ее отсутствии, из  $MSHA$  [12, 19, 20]:

$$M^P = (K_C - 1.2) / 2 \quad \text{для землетрясений с } h \leq 80 \text{ км}, \quad (2)$$

$$M^P = (MSH - 1.71) / 0.75 \quad \text{при } h \geq 81 \text{ км}, \quad (3)$$

$$M^P = (MSHA - 1.71) / 0.75 \quad \text{при } h \geq 81 \text{ км}. \quad (4)$$

Для землетрясений с известными классами  $K_P$  и при отсутствии  $K_C$  была использована приведенная выше формула Т.Г. Раутиан (1). Если магнитуда  $MPVA$  была единственной энергетической оценкой землетрясения, то  $M^P$  вычислялась по формуле:

$$M^P = (MPVA - 2.5) / 0.65. \quad (5)$$

Энергия землетрясений (в Дж) оценивалась по формуле Гутенберга-Рихтера из [21]:

$$\lg E = 4.8 + 1.5 \cdot M^P. \quad (6)$$

**Сейсмичность региона.** В 2014 г. в региональный каталог Сахалина [24] включены параметры 450 сейсмических событий, 25 из них – взрывы. Для 22 землетрясений имеются макросейсмические данные [25], для четырех определены механизмы очагов [26]. Карта эпицентров всех сейсмических событий приведена на рис. 3.

Обзор сейсмичности юга Сахалина по данным локальной сети приведен в [8].

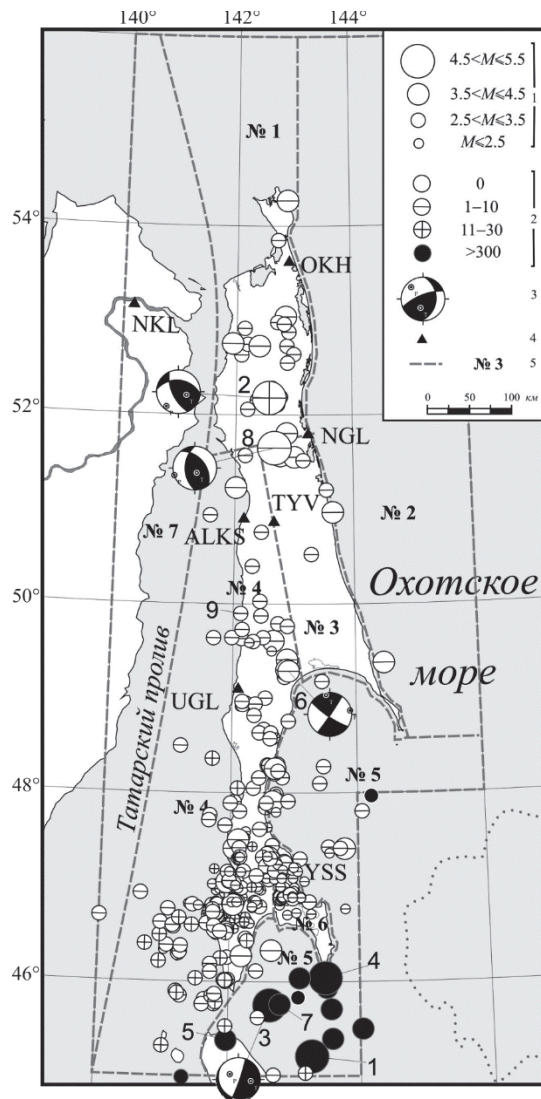


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Сахалина в 2014 г.

1 – магнитуда  $M^P$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 3 – диаграмма механизма очага, нижняя полусфера, зачернена область сжатия; 4 – сейсмическая станция; 5 – граница и номер района.

Глубокофокусная сейсмичность Сахалина в 2014 г. представлена 12 землетрясениями Юго-Восточного (№ 5) района. Эпицентры 11 из них находятся в южной части региона, в акватории залива Анива и южнее, между островами Сахалин и Хоккайдо. Их гипоцентры расположены на глубине 287–347 км, расчетные магнитуды  $M^P=3.3-5.3$ . Одно землетрясение произошло в заливе Терпения на глубине 568 км с  $M^P=3.3$ . Макросейсмический эффект на территории России ни одно глубокофокусное землетрясение не проявило, самое сильное из них ощущалось в Японии с интенсивностью в I балл по шкале JMA [27], что соответствует 1–2 баллам по шкале MSK-64 [28].

Мелкофокусная сейсмичность Сахалина представлена 412 коровыми землетрясениями с глубиной гипоцентра 3–17 км, одним землетрясением в Японском море ( $h=64$  км,  $M^P=3.1$ ) и 25 событиями с глубиной  $h=0$  км, идентифицированными как «возможно взрыв», которые при анализе сейсмичности не учитывались.

В табл. 1 представлены распределение землетрясений Сахалина по расчетной магнитуде  $M^P$ , их суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам Сахалина в 2014 г., а также, для мелкофокусных событий, средние значения этих параметров за период 2001–2013 гг. На рис. 4 показано изменение ежегодного числа мелкофокусных землетрясений региона и их суммарная сейсмическая энергия за 2001–2014 гг.

Из табл. 1 и рис. 4 видно, что в 2014 г. зарегистрировано  $N=413$  мелкофокусных землетрясений, из них 176 – с магнитудой  $M \geq 3$ , что в 1.2 раза ниже среднего значения за период 2001–2013 гг. ( $N_{cp}=211.7$ ), тогда как суммарная сейсмическая энергия почти в 10 раз ниже среднего значения за указанный период.

Функция распределения выделившейся на территории региона Сахалин сейсмической энергии по данным каталогов за 1962–2014 гг. приведена

в [29], где уровень сейсмичности региона в 2014 г. по методике «СОУС’09» отнесен к категории «фоновый средний».

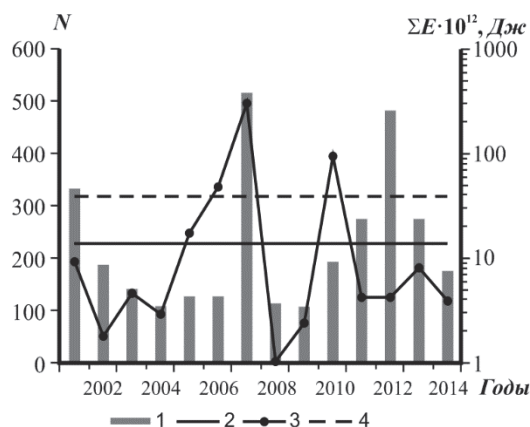
**Таблица 1.** Распределение числа коровых и глубокофокусных землетрясений по расчетной магнитуде  $M^P$ , их суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам Сахалина в 2014 г. и средние значения этих параметров для мелкофокусных событий за период 2001–2013 гг.

№	Районы	$h \leq 70 \text{ км}$										
		$M^P$						2014 г.			2001–2013 гг.	
		$\leq 2.7$	3	3.5	4	4.5	5	$\Sigma N$	$N$ ( $M \geq 3$ )	$\Sigma E$ , $10^{12} \text{ Дж}$	$N_{\text{ср.}}$ ( $M \geq 3$ )	$\Sigma E_{\text{ср.}}$ , $10^{12} \text{ Дж}$
1	Северный	1	11	9	2	–	1	24	23	1.668	54.5	8.387
2	Охотоморский шельф	–	1	1	1	–	–	3	3	0.064	3.5	1.279
3	Восточно-Сахалинский	1	5	6	2	1	–	15	14	0.909	4.1	0.210
4	Западно-Сахалинский	193	88	16	6	1	–	304	111	1.043	133.8	26.945
5	Юго-Восточный	18	10	4	3	–	–	35	17	0.223	5.4	0.038
6	Восточная часть Южного Сахалина	24	6	1	–	–	–	31	7	0.022	7	0.204
7	Хабаровский приграничный	–	1	–	–	–	–	1	1	0.002	3.4	0.029
	Всего	237	122	37	14	2	1	413	176	3.931	211.7	38.508

№	Районы	$h \geq 280 \text{ км}$				$\Sigma N$	$\Sigma E$ , $10^{12} \text{ Дж}$
		$M^P$					
		3.5	4.0	4.5	5.3		
5	Юго-Восточный	2	5	3	1	12	7.302

Примечание. Значение  $M=3$  соответствует диапазону  $2.8 \leq M \leq 3.2$ ;  $M=3.5 \rightarrow 3.3 \leq M \leq 3.7$ ;  $M=4 \rightarrow 3.8 \leq M \leq 4.2$ ;  $M=4.5 \rightarrow 4.3 \leq M \leq 4.7$ ;  $M=5 \rightarrow 4.8 \leq M \leq 5.2$ .



**Рис. 4.** Изменение ежегодного числа  $N$  землетрясений с  $M \geq 3.0$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  мелкофокусных землетрясений Сахалина за период 2001–2014 гг.

1 –  $N$ ; 2 – среднегодовое число  $N_{\text{ср}}$  землетрясений с  $M \geq 3.0$  за 2001–2013 гг.; 3 –  $\Sigma E$ ; 4 – среднегодовое значение суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E_{\text{ср}}$  за 2001–2013 гг.

наиболее сильное в 2014 г. на территории региона глубокофокусное событие зарегистрировано 20 февраля в 23<sup>h</sup>12<sup>m</sup> с  $M^P=5.3$ ,  $MSH=5.7$ ,  $Mw(\text{рег})=5.0$ ,  $h=346 \text{ км}$  (3 на рис. 3) с эпицентром в Охотском море, между островами Сахалин и Хоккайдо. Макросейсмический эффект землетрясения на территории России не отмечен, в Японии оно ощущалось с интенсивностью в I балл по шкале JMA [27], что соответствует 1–2 баллам по шкале MSK-64 [28]. Механизм его очага [26] классифицируется как взрез с горизонтальной и вертикальной нодальными плоскостями север–северо-восточного простирания.

На рис. 5 представлен график Бенъоффа, характеризующий ход сейсмического процесса в Сахалинском регионе в течение 2014 г. Примерно одинаковый наклон графика в течение года может свидетельствовать об отсутствии областей затишья или активизации перед сейсмическими событиями регионального масштаба, все происходящие землетрясения можно отнести к фоновой сейсмичности. Стрелками показаны самые сильные землетрясения года, вызвавшие «ступеньки» на графике.

Наиболее крупная «ступень» соответствует трем землетрясениям февраля 2014 г. Первое из них, глубокофокусное событие 12 февраля в 14<sup>h</sup>55<sup>m</sup> UTC с  $M^P=4.6$ ,  $MSH=5.1$ ,  $h=299 \text{ км}$  (1 на рис. 3), локализовано в Охотском море, северо-восточнее о. Хоккайдо. Следующее землетрясение, 19 февраля в 12<sup>h</sup>49<sup>m</sup> с  $MLH=4.9$ ,  $Mw(\text{рег})=4.7$ ,  $h=11 \text{ км}$  (2 на рис. 3), произошло на севере о. Сахалин и ощущалось в ближайших к эпицентру населенных пунктах с интенсивностью от 2 до 4 баллов [25]. Согласно определенному механизму очага [26], подвижка в очаге реализовалась в условиях СВ–ЮЗ сжатия и классифицируется как взброс со сдвиговой компонентой.

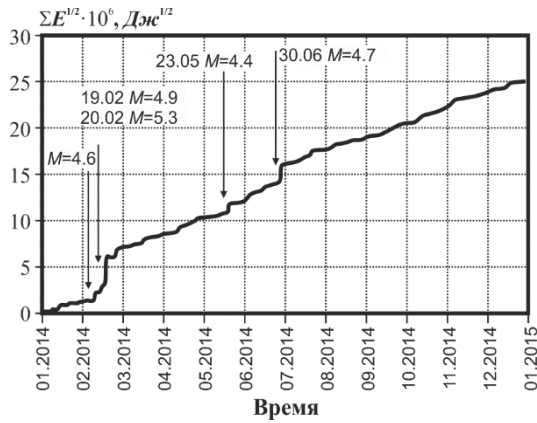


Рис. 5. График Беньоффа для землетрясений Сахалина за 2014 г.

Четвертое относительно сильное землетрясение (6) произошло 23 мая в 23<sup>h</sup>42<sup>m</sup> с  $M^p=4.4$ ,  $K_C=10.1$ ,  $h=10$  км в центральной части Сахалина и ощущалось в ближайших к эпицентру населенных пунктах с интенсивностью от 2 до 3–4 баллов [25]. Подвижка в очаге реализовалась в условиях субширотного сжатия и субмеридионального растяжения и классифицируется как сдвиг [26].

Пятое землетрясение (8), отраженное на графике Беньоффа, произошло 30 июня в 20<sup>h</sup>58<sup>m</sup> с  $M^p=4.7$   $K_C=10.7$ ,  $h=10$  км на севере центральной части Сахалина. Оно ощущалось в ближайших к эпицентру населенных пунктах с интенсивностью от 2–3 до 3–4 баллов [25]. Землетрясение стало следствием взбросовой подвижки, произошедшей в условиях ВСВ-ЗЮЗ сжатия [26].

Сейсмичность по семи сейсмоактивным районам Сахалина в 2014 г. представлена на рис. 6 числом мелкофокусных землетрясений  $N$  и их суммарной сейсмической энергией  $\Sigma E$  в сравнении с долговременными средними значениями этих параметров за период 2001–2014 гг. В таб. 2 представлено распределение ощутимых землетрясений 2014 г. по районам региона и приведены максимальные для районов значения  $K_C$ ,  $MLH$  и  $MSH$ .

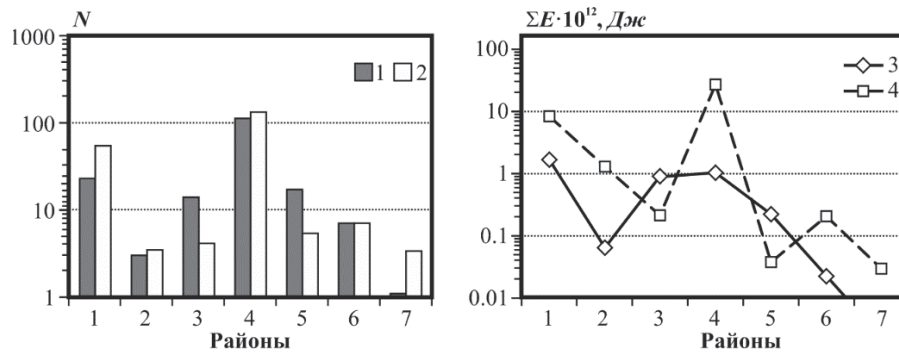


Рис. 6. Распределение по районам Сахалина числа мелкофокусных землетрясений  $N$  (а) и суммарной сейсмической энергии (б) в 2014 г. в сравнении с их среднегодовыми значениями за 2001–2013 гг.

1 – число землетрясений  $N$  в 2014 г.; 2 –  $N_{cp}$  за период 2001–2013 гг. (а); 3 – суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  в 2014 г.; 4 – среднегодовые за период 2001–2013 гг. значения  $\Sigma E$  по районам Сахалина (б).

Таблица 2. Распределение ощутимых землетрясений по районам Сахалина, максимальная величина класса  $K_{Cmax}$  или магнитуд  $MLH_{max}$  и  $MSH_{max}$  и максимальная интенсивность сотрясений  $I_{max}$

№	Район	Число ощутимых землетрясений	$I_{max}$ , балл	$MLH_{max}$	$MSH_{max}$	$K_{Cmax}$
1	Северный	4	4	4.9	5.7	11.1
2	Охотоморский шельф	–	–	–	–	9.0
3	Восточно-Сахалинский	2	3–4	4.7	–	10.7
4	Западно-Сахалинский	13	4–5	3.9	5.7	10.5
5	Юго-Восточный	2	3	–	–	9.3
6	Восточная часть Южного Сахалина	1	2	–	–	8.1
7	Хабаровский приграничный	–	–	–	–	–
	Всего	22	–	–	–	–

Рассмотрим сейсмичность каждого из семи районов более детально.

В Северном районе (№ 1) зарегистрировано 24 коровых землетрясения с магнитудами  $M^p=2.7–4.9$ . Из них 23 события представительного уровня с  $M^p \geq 3$ , что в 2.4 раза меньше среднего значения ( $N=54.5$ ) за период 2001–2013 гг. Суммарная сейсмическая энергия в 5 раз меньше среднегодовой за указанный период (табл. 1, рис. 6).

Самое сильное землетрясение района (2 на рис. 3), 19 февраля в  $12^{\text{h}}49^{\text{m}}$  с  $MLH=4.9$ ,  $h=11$  км, ощущалось в пос. Вал ( $\Delta=35$  км) с интенсивностью 4 балла; в пос. Горячие Ключи, Ноглики, Катангли (37, 58 и 69 км) – 3–4 балла; Тунгор (134 км) – 2–3 балла; пос. Ныш, Арги-Паги, г. Оха (75, 95 и 155 км) – 2 балла [28].

Всего в районе отмечено четыре ощутимых землетрясения, интенсивность остальных не превышала 3–4 балла (табл. 2).

На **Охотоморском шельфе (№ 2)** зарегистрировано три землетрясения с  $M^p=2.8–3.9$ , что типично для этого района, т.к. среднее число событий представительного уровня за период 2001–2013 гг. равно 3.5. Однако суммарная сейсмическая энергия почти в 20 раз меньше среднего значения за указанный период (табл. 1, рис. 6). В целом район характеризуется слабой сейсмичностью, но 12 июня 2005 г. на его территории произошло Пильтунское землетрясение [30] с  $MLH=5.5$ , из-за чего среднее значение суммарной сейсмической энергии за период 2001–2013 гг. заметно превышает годовые значения этой величины за указанный период, кроме 2005 г.

В **Восточно-Сахалинском районе (№ 3)** зарегистрировано 15 землетрясений, из них 14 – с  $M^p \geq 3.0$ , что в 3.4 раза выше среднего значения за период 2001–2013 гг. Суммарная сейсмическая энергия в 4.3 раза превысила среднее значение за указанный период (табл. 1, рис. 6).

Самое сильное землетрясение района, 30 июня в  $20^{\text{h}}58^{\text{m}}$  с  $M^p=4.7$  (8 на рис. 3), ощущалось в пос. Ныш, Ноглики, Катангли (19, 33, 36 км) с интенсивностью 3–4 балла, в пос. Арги-Паги, на берегу Луньского залива и в пос. Вал (39, 69, 75 км) – 2–3 балла.

Сейсмичность района была очень низкой в 2001–2010 гг. В 2011 г. произошло Тымовское землетрясение [31] с  $MLH=5.0$ , и в течение 2012–2014 гг. уровень сейсмической активности остается повышенным как по числу землетрясений, так и по их суммарной сейсмической энергии.

В **Западно-Сахалинском районе (№ 4)** расположено большинство станций локальной сети, благодаря чему удастся регистрировать большое число слабых землетрясений. В 2014 г. в этом районе зарегистрировано 304 землетрясения, из них 111 событий представительного уровня с  $M^p \geq 3$ , что в 1.2 раза меньше среднего значения за период 2001–2013 гг. Сейсмическая энергия в 25.8 раза меньше среднего значения за этот период.

Район характеризуется периодами высокой сейсмической активности. В 2000–2007 гг. здесь происходили самые сильные землетрясения региона: Углегорско-Айнское 4 (5) августа 2000 г. с  $M_{WHRVD}=6.8$  [32], Такойское 1 сентября 2001 г. с  $M_{WHRVD}=5.2$  [33], Горнозаводское 17 августа 2006 г. с  $M_{WHRVD}=5.7$  [34], Невельские 2 августа 2007 г. с  $M_{WGCMT}=6.2$  и 5.8 [13, 35].

Самое сильное в 2014 г. землетрясение района, 23 мая в  $23^{\text{h}}42^{\text{m}}$  с  $M^p=4.4$ ,  $h=10$  км (6 на рис. 3), ощущалось в пос. Леонидово (3 км) с интенсивностью 3–4 балла, в пос. Забайкалец и г. Поронайск (7, 17 км) – 2–3 балла, в пос. Тихменево, Гастелло, Буюклы, Вахрушев (11, 22, 27, 35 км) – 2 балла.

Всего в районе произошло 13 ощутимых землетрясений [25], максимальная интенсивность сотрясений составила 4–5 баллов, их вызвало в г. Холмск (7 км) землетрясение 16 декабря в  $13^{\text{h}}26^{\text{m}}$  ( $M_p=3.9$ ,  $K_c=10.5$ ,  $h=10$  км). Землетрясение ощущалось еще в 16 населенных пунктах южного Сахалина с интенсивностью от 4 до 2 баллов.

Интенсивность остальных ощутимых землетрясений района не превышала четырех баллов. Ни одного глубокофокусного землетрясения с эпицентром на территории района в 2014 г. зафиксировано не было.

**Юго-Восточный район (№ 5)** представлен 35 мелкофокусными и 12 глубокофокусными землетрясениями. Число мелкофокусных землетрясений представительного уровня с  $M^p \geq 3.0$ , равное  $N=17$ , в 3.1 раза превышает среднее значение за 2001–2013 гг. Суммарная сейсмическая энергия в 5.9 раза больше среднего годового значения за указанный период (табл. 1, рис. 6).

Макросейсмический эффект на территории района проявило лишь одно землетрясение, зарегистрированное 22 октября в  $22^{\text{h}}14^{\text{m}}$  ( $M_p=3.8$ ,  $K_c=8.8$ ,  $h=10$  км) и ощущавшееся в пос. Взморье (15 км) с интенсивностью в 3 балла (табл. 2).

Глубокофокусная сейсмичность описана выше.

В **Восточной части Южного Сахалина (№ 6)** было зарегистрировано 31 мелкофокусное землетрясение, из них семь – представительного уровня с  $M^p \geq 3.0$ , что равно среднегодовому значению за период 2001–2013 гг. Суммарная сейсмическая энергия в 9.3 раза меньше среднего годового значения за указанный период (табл. 1, рис. 6). Кроме того, на территории района зарегистрировано 25 взрывов, которые производились в карьере, где добывается щебень.

Самое сильное ( $K_C=8.1$ ) землетрясение произошло 19 сентября в  $14^{\text{h}}23^{\text{m}}$  на глубине  $h=10$  км и ощущалось в пос. Углезаводск и Быков (20 и 25 км) с интенсивностью в 2 балла. Это землетрясение было единственным ощутимым (табл. 2).

В Хабаровском приграничном районе (№ 7) в 2014 г. локальной сетью зарегистрировано одно землетрясение с  $K_p=9.4$ ,  $M^p=3$ . Эпицентр находился в акватории Татарского пролива.

Сейсмичность Сахалинского региона в 2014 г. можно охарактеризовать как умеренную. Несколько повышенная сейсмическая активность зафиксирована в Восточно-Сахалинском (№ 3) и Юго-Восточном (№ 5) районах.

### Л и т е р а т у р а

1. Костылев Д.В. Региональная сеть сейсмических станций Сахалина в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
2. Костылев Д.В. Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
3. Костылев Д.В. Сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2014 г. Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
4. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2014. (2020) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2014](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014)
5. International Seismological Centre (2020). On-line Bulletin. URL: <https://doi.org/10.31905/D808B830>
6. Фокина Т.А., Паршина И.А., Сафонов Д.А., Сен Рак Се, Ким Чун Ун. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 148–158.
7. Михайлов В.И. Сейсмические станции локальной сети юга о. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
8. Михайлов В.И. Юг о. Сахалин // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 87–88.
9. 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.
10. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
11. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до  $17^\circ$  // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
12. Волкова Л.Ф., Поплавская Л.Н., Соловьёва О.Н. Шкалы *MPVA*, *MSHA* для определения магнитуд близких глубокофокусных землетрясений Дальнего Востока // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. Методические работы ЕССН. – М.: Наука, 1989. – С. 81–85.
13. Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин / Ред. Б.В. Левин, И.Н. Тихонов. – М.: Янус-К, 2009. – 204 с.
14. 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.
15. 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.
16. Сафонов Д.А., Нагорных Т.В., Коновалов А.В., Степнов А.А. Тензор момента, механизмы очага землетрясений и напряженное состояние территории о. Сахалин // Вулканология и Сейсмология. – 2017. – № 3. – С. 59–70.
17. Сафонов Д.А., Коновалов А.В. Использование программы ISOLA для определения тензора сейсмического момента землетрясений Курило-Охотского и Сахалинского регионов // Тихоокеанская геология. – 2017. – Т. 36. – №. 3. – С. 102–112.
18. Snoke, J.A., Munsey, J.W., Teague, A.C., Bollinger. G.A. A program for focal mechanism determination by combined use of polarity and SV-P amplitude ratio data // Earthquake Notes. V. 55. No. 3. 1984. P. 15.
19. Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.

20. Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
21. Гутенберг Б., Рихтер К.Ф. Магнитуда, интенсивность, энергия и ускорение как параметры землетрясений (II) // Слабые землетрясения. – М.: ИЛ, 1961. – С. 72–119.
22. Габсатарова И.П. Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
23. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР / Отв. сост. Кондорская Н.В., Аранович З.И., Шебакин Н.В. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
24. Сохатюк А.С. (отв. сост.), Децик И.В., Богинская Н.В., Паршина И.А., Ферчева В.Н. Каталог землетрясений Сахалина за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
25. Сохатюк А.С. (отв. сост.), Лукаш Н.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Сахалина в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
26. Сафонов Н.А., (отв. сост.), Богинская Н.В. Каталог механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
27. Hisada T., Nakagawa K. Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildings. – Japan: 1958.
28. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
29. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.В., Воропаев В.П. Оценка уровня сейсмической активности регионов России // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 67–73.
30. Коновалов А.В., Патрикеев В.Н., Сафонов Д.А., Нагорных Т.В., Семенова Е.П., Степнов А.А. Пильтунское землетрясение 12 июня 2005 г. ( $M_w=5.6$ ) и современная сейсмичность в районе нефтегазовых месторождений северо-восточного шельфа о. Сахалин // Тихоокеанская геология. – 2015. – Т. 34. – № 1. – С. 61–71.
31. Семенова Е.П., Сафонов Д.А., Михайлова Р.С. Тымовское землетрясение 12 декабря 2011 г. с  $K_p=13.6$ ,  $M_w=5.1$ ,  $I_0=6-7$  (Центральный Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2011 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 442–450.
32. Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Фокина Т.А., Поплавский А.А., Пермикин Ю.Ю., Стрельцов М.И., Ким Чун Ун, Сафонов Д.А., Мельников О.А., Рудик М.И., Оскорбин Л.С. Углегорско-Айное землетрясение 4 (5) августа 2000 года на Сахалине // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 265–284.
33. Поплавская Л.Н., Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Нагорных Т.В., Ким Чун Ун, Сен Рак Се, Урбан Н.А. Такойское землетрясение 1 сентября 2001 года с  $M=5.2$ ,  $I_0=7$  (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 331–344.
34. Фокина Т.А., Сафонов Д.А. Горнозаводское землетрясение 17 августа 2006 г. с  $MLH=5.9$ ,  $K_c=12.0$ ,  $I_0=7$  (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2006 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 367–374.
35. Сафонов Д.А., Нагорных Т.В., Фокина Т.А. Невельские землетрясения 2 августа 2007 года с  $MLH=6.3$  и  $MLH=6.0$ ,  $I_0=8$  (о. Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2007 году. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 396–407.

## SAKHALIN

*Fokina, T.A.<sup>1</sup>, Safonov, D.A.<sup>1,2</sup>, Kostylev, D.V.<sup>1</sup>, Mikhaylov, V.I.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Sakhalin branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences,  
Yuzhno-Sakhalinsk, fokina@seismo.sakhalin.ru

<sup>2</sup>Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Yuzhno-Sakhalinsk, d.safonov@imgg.ru

**Abstract.** A review of the Sakhalin seismicity in 2014 based on the data of regional network is given. The network included four stationary and ten temporary digital seismic stations. This network was supported by ten stations of local network operating in the south of Sakhalin. Parameters of 450 seismic events, including 25 explosions, and focal mechanisms for 4 events are determined. 22 earthquakes had a macroseismic effect.



The map of earthquake completeness and the map of epicenters are given. The distribution of crust and deep earthquakes on magnitude and their summarized energy for seven seismoactive areas in comparison with average parameters for 2001–2013 are presented. For each area and the region as a whole, an analysis of the seismic regime parameters in 2014 in comparison with long-term parameters is given, tangible and strong earthquakes are described. The seismicity of the Sakhalin region in 2014 can be characterized as a moderate one. Somewhat increased seismic activity was recorded in the East Sakhalin and Southeastern areas.

**Keywords:** seismicity, hypocenter, energy, deep earthquakes, focal mechanism.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2020.23.14

**For citation:** Fokina, T.A., Safonov, D.A., Kostylev, D.V., & Mikhaylov, V.I. (2020). [Sakhalin]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 152–161. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.14

## References

1. Kostylev, D.V. (2020). [Regional network of Sakhalin seismic stations in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
2. Kostylev, D.V. (2020). [Seismic stations of Amur and Primorye in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
3. Kostylev, D.V. (2020). [Seismic stations of Kuril-Okhotsk region in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
4. GS RAS. Bulletin of Teleseismic Stations, 2014. (2020). Retrieved from [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2014](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014)
5. International Seismological Centre. (2020). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
6. Fokina, T.A., Parshina, I.A., Safonov, D.A., Sen Rak Se, & Kim Chun Un (2005) [Sakhalin]. In *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii v 1999 godu*. [Earthquakes of North Eurasia, 1999] (pp. 148-158). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
7. Mikhaylov, V.I. (2020). [Seismic stations of local network of south Sakhalin in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
8. Mikhaylov, V.I. (2016). [South of Sakhalin]. In *Zemletryaseniia Rossii, 2014 god* [Earthquakes in Russia, 2014] (pp. 87-88). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
9. Rautian, T.G. (1964). [Determination of earthquake energy at a distance of 3000 km]. In *Experimentalnaya seismika. (Trudy IFZ AN USSR; № 32(199))* [Experimental seismic. (Works IFZ Academy of Sciences of the USSR)] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
10. Rautian, T.G. (1960). [Energy of earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seysmichnosti. (Trudy IFZ AN USSR; № 9(176))* [Methods of detailed studying of seismicity. (Works IFZ Academy of Sciences of the USSR)] (pp. 75–114). Moscow, Russia: IFZ AN USSR Publ. (In Russ.).
11. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1967). [Earth surface oscillation velocity in body waves of shallow focus Kuril-Kamchatka earthquakes at distances up to 17°]. *Fizika Zemli* [Physics of the Earth], 1, 37–60. (In Russ.).
12. Volkova, L.F., Poplavskaya, L.N., & Solov'yova, O.N. (1989). [MPVA, MSHA scales for determining magnitudes of nearby deep focus earthquakes in the Far East]. In *Seysmologicheskie nablyudeniya na Dal'nem Vostoke SSSR. Metodicheskie raboty ESSN* [Seismological observations in the Far East of the USSR. Methodological work of ECHS] (pp. 81–85). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
13. Levin B.W. & Tikhonov I.N. (Eds.). (2009). *Nevel'skoe zemletriasenie i tsunami 2 avgusta 2007 goda, o. Sakhalin* [The 2 August, 2007 Nevelsk earthquake and tsunami, Sakhalin Island]. Moscow, Russia: Yanus-K Publ., 204 p. (In Russ.).
14. 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, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
15. Oskorbin, L.S., & Bobkov, A.O. (1997). [Seismic mode of seismogene zones of the South of the Far East]. In *Geodinamika tektonosfery zony sochleneniya 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, Russia: IMGiG Publ. (In Russ.).

16. Safonov, D.A., Nagornykh, T.V., Konovalov, A.V., & Stepnov, A.A. (2017). The moment tensors, focal mechanisms, and stresses on Sakhalin Island. *Journal of Volcanology and Seismology*, 11(3), 225–234.
17. Safonov, D.A., & Konovalov, A.V. (2017). [Moment tensor inversion in the Kuril-Okhotsk and Sakhalin Regions using ISOLA software] *Tikhookeanskaya geologiya* [Pacific Ocean geology], 36(3), 102–112. (In Russ.).
18. Snoke, J.A., Munsey, J.W., Teague, A.C., & Bollinger, G.A. (1984). A program for focal mechanism determination by combined use of polarity and SV-P amplitude ratio data. *Earthquake Notes*, 55(3), 15.
19. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1967). [Relationship between the energy class and the magnitude of the Kuril earthquakes]. *Fizika Zemli*. [Physics of the Earth], 2, 13–23. (In Russ.).
20. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1968). [New data on the dynamics of seismic waves of shallow focus Kuril-Kamchatka earthquakes]. In *Problemy cunami*. [Tsunami problems] (pp. 75–97). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
21. Gutenberg, B., & Richter, K.F. (1961). [Magnitude, intensity, energy and acceleration as parameters of earthquakes (II)]. In *Slabye zemletryaseniya*. [Weak earthquakes] (pp. 72–119). Moscow, Russia IL Publ. (In Russ.).
22. Gabsatarova, I.P. (2007). [Borders of seismoactive regions of Russia since 2004]. In *Zemletryaseniya Rossii v 2004 godu*. [Earthquakes of Russia in 2004] (p. 139). Obninsk, Russia: GS RAS, (In Russ.).
23. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabliudenii na seismicheskikh stantsiiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabliudenii SSSR* [Instructions on the procedure for the production and processing of observations at seismic stations of the Unified System of Seismic Observations of the USSR]. Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
24. Sohatyuk, A.S., Decik, I.V., Boginskaya, N.V., Parshina, I.A., & Fercheva, V.N. (2020). [Catalog of earthquakes of Sakhalin]. *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
25. Sohatyuk, A.S., & Lukash, N.A. (2020). [The macroseismic effect of tangible earthquakes in the settlements of Sakhalin in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
26. Safonov, D.A., & Boginskaya, N.V. (2020). [Catalog of the mechanisms of the foci of the Sakhalin earthquakes in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoy Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
27. Hisada, T., & Nakagawa, K. (1958). *Recent Japanese Developments in Engineering Seismology and Their Application to Buildings*. Building Research Institute, Ministry of Construction, Japanese Government.
28. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaia shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
29. Saltykov, V.A., Kravchenko, N.M., Poygina, S.G., & Voropaev, V.P. (2016). [Estimation of the level of seismic activity in Russian regions]. In *Zemletryaseniia Rossii, 2014 god* [Earthquakes in Russia, 2014] (pp. 67–73). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
30. Konovalov, A.V., Patrikeev, V.N., Safonov, D.A., Nagornykh, T.V., Semenova, E.P., & Stepnov, A.A. (2015). [ $M_w=5.6$  Piltun earthquake of June 12, 2005, and the contemporary seismicity in the area of oil-and-gas fields in the northeastern shelf of Sakhalin Island]. *Tikhookeanskaya geologiya* [Pacific Ocean geology], 9(1), 47–56.
31. Semenova, E.P., Safonov, D.A., & Mikhaylova, R.S. (2017). [Tymovsk earthquakes on December 12th, 2011 with  $M_w=5.1$ ,  $I_0=6-7$  (Sakhalin Island)]. In *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii, 2011 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2011] (pp. 442–450). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
32. Poplavskaya, L.N., Nagornykh, T.V., Fokina, T.A., Poplavskii, A.A., Permikin, Y.Y., Strel'cov M.I., Kim Chun Un, Safonov, D.A., Mel'nikov, O.A., Rudik, M.I., & Oskorbin, L.S. (2006). [Ulegorsk-Ain earthquake on August 4 (5) 2000 on Sakhalin]. In *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii, 2000 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2000] (pp. 265–284). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
33. Poplavskaya, L.N., Fokina, T.A., Safonov, D.A., Nagornykh, T.V., Kim Chun Un, Sen Rak Se, & Urban, N.A. (2007). [Takoe earthquake of September 1, 2001 with  $M=5.2$ ,  $I_0=7$  (Sakhalin)]. In *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii, 2001 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2001] (pp. 331-344). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
34. Fokina, T.A., & Safonov, D.A. (2012). [Gornozavodsky earthquake on August 17, 2006 with  $MLH=5.9$ ,  $K_S=12.0$ ,  $I_0=7$  (Sakhalin)]. In *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii, 2006 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2006] (pp. 367–374). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
35. Safonov, D.A., Nagornykh, T.V., & Fokina, T.A. (2013). [Nevelsk earthquakes on August 2, 2007 with  $MLH=6.3$  and  $MLH=6.0$ ,  $I_0=8$  (Sakhalin Island)]. In *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii, 2007 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2007] (pp. 396–407). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).