

САХАЛИН

Т.А. Фокина¹, Д.А. Сафонов^{1,2}, Д.В. Костылев¹, В.И. Михайлов¹¹Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия, fokina@seismo.sakhalin.ru²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия, d.safonov@imgg.ru

Аннотация. Представлен обзор сейсмичности Сахалина за 2013 г. на основе данных четырех стационарных сейсмических станций и десяти временных цифровых сейсмических станций «DAT», работавших на юге Сахалина. Определены параметры 688 землетрясений, для пяти рассчитаны механизмы очагов. 42 землетрясения проявили макросейсмический эффект. Приведена карта эпицентров, даны распределение коровых и глубокофокусных землетрясений по магнитуде и суммарная сейсмическая энергия по семи сейсмоактивным районам. Для каждого района описана сейсмическая обстановка.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмичность, сейсмическая станция, афтершок, магнитуда.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.15

Для цитирования: Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Костылев Д.В., Михайлов В.И. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 173–183. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.15

Региональная сеть. В 2013 г. сейсмическая сеть Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН на о. Сахалин пополнилась тремя наблюдательными пунктами: в июле по проекту «Создание в южной части острова Сахалин опытной зоны системы мониторинга состояния защищенности от угроз сейсмического характера инфраструктурных объектов и объектов жизнеобеспечения», в рамках реализации мероприятий Федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 г.», на юге острова были открыты станции «Ильинское» (ILY), «Новиково» (NOV) и «Огоньки» (OGK). Сейсмические станции региона, включающего территорию о. Сахалин с шельфом и восточную часть Приамурья, представлены в Приложении [1] вместе с их параметрами. Существующая региональная сеть станций Сахалина совместно со станциями Приамурья и Приморья [2] и Курило-Охотского региона [3] обеспечила на большей части региона регистрацию без пропусков землетрясений с расчетной магнитудой $M^p > 3.0$ (рис. 1). Поскольку новые наблюдательные пункты оборудованы акселерометрами, которые не регистрируют слабые сейсмические события, представительность землетрясений в регионе Сахалин по сравнению с таковой в 2012 г. [4] не изменилась.

Параметры землетрясений определялись на основе материалов наблюдений, полученных на четырех стационарных сейсмических станциях Сахалина: «Южно-Сахалинск» (YSS), «Тымовское» (TYV), «Углегорск» (UGL) и «Оха» (OKH) [1]. Данные цифрового комплекса IRIS-2 (STS-1, GS-13, FBA-23), действующего на станции «Южно-Сахалинск» с 14 июня 1992 г. [5], в полной мере использовались в сводной обработке. Данные станций типа Datamark LS7000XT «Тымовское» и «Оха», оснащенных с 26 июня 2005 г. аппаратурой L4C-3D, STS-2 [6], привлекались для определения координат гипоцентра.

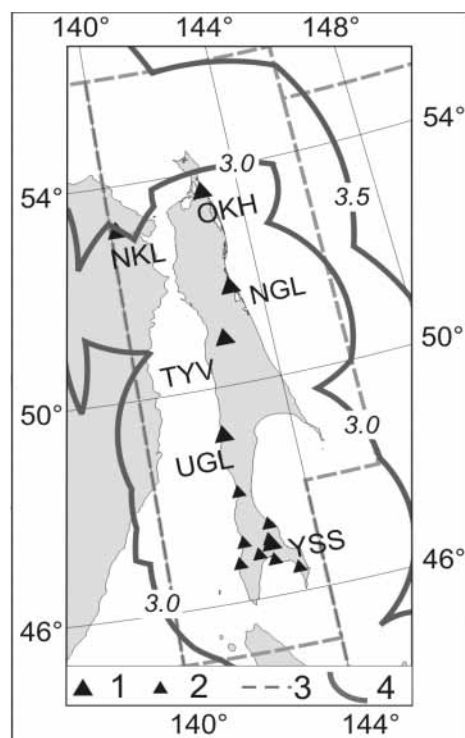


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} Сахалина

1 – широкополосная региональная сейсмическая станция; 2 – выносной пункт службы предупреждения о цунами; 3 – граница региона; 4 – изолиния M_{\min} .

Для определения параметров землетрясений региона Сахалин привлекались традиционно данные всех сейсмических станций Приамурья и Приморья, Курило-Охотского региона, а также бюллетени ФИЦ ЕГС РАН [7], JMA, ISC [8].

Локальная сеть, создаваемая с 1999 г. для наблюдений за сейсмичностью в южной, наиболее заселенной части о. Сахалин [9], в 2013 г. продолжала функционировать. Она состояла из временных полевых цифровых станций типа DAT Японского производства. Сведения о станциях приведены в Приложении [10] вместе с их параметрами.

На протяжении 2013 г. (за исключением десяти дней в феврале) наблюдения велись не менее чем девятью станциями, большую часть времени работали все десять станций [11]. Конфигурация локальной сети на юге Сахалина в 2013 г. не менялась, обеспечиваемая ею карта магнитудной представительности землетрясений приведена на рис. 2. Классификация местных землетрясений, регистрируемых локальной сетью, осуществлялась по энергетическим классам K_p шкалы Т.Г. Раутиан [12] с переходом к расчетным магнитудам M^P по формуле Т.Г. Раутиан [13]:

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

Изолинии представительной регистрации локальных землетрясений на рис. 2 показаны именно в расчетных магнитудам M^P с шагом $\Delta M^P = 0.5$ ($M_{\min} = 1.5, 2.0$ и 2.5 , что соответствует $K_p = 6.7, 7.6$ и 8.5).

Каталог землетрясений по данным локальной сети юга о. Сахалин [14] содержит параметры 1262 землетрясений и 25 событий категории «возможно взрыв». Обзор сейсмичности юга Сахалина по данным локальной сети представлен в [11].

При определении параметров сильных землетрясений использовались данные запущенного в эксплуатацию в октябре 2008 г. программного-технического комплекса опорной широкополосной цифровой сейсмической станции для Службы предупреждения о цунами (ПТК ОШЦСС «Южно-Сахалинск»), который состоял из пяти пунктов наблюдения: центрального, оборудованного широкополосным велосиметром CMG-3 с регистратором GSR-24, расположенного на сейсмической станции «Южно-Сахалинск», 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). В 2010 г. на о. Сахалин были открыты два новых пункта – «Новоалександровск» (NVA), включенный в комплекс «Южно-Сахалинск», и «Ноглики» (NGLK) – на севере острова. Координаты всех пунктов приведены в Приложении [1], конфигурация сети на юге Сахалина – на рис. 2. На значение представительной магнитуды эта группа влияния не оказывает, поскольку регистрирует только относительно сильные землетрясения. Станция «Ноглики» позволила снизить представительную магнитуду на западном шельфе северной части Сахалина с $M_{\min} = 3.5$ до $M_{\min} = 3.0$.

Методика обработки сейсмологических данных описана в [15–25]. Границы региона [26], схема его деления на отдельные сейсмо-активные районы не изменились и остались такими же, как в 2012 г. [4]. Классификация землетрясений, зарегистрированных региональной сетью, проводилась по энергетическим классам K_C С.Л. Соловьёва [15] и K_p Т.Г. Раутиан [13], а также магнитудам MLH , MPV , MSH по среднепериодной аппаратуре СКД [27]; $MPVA$, $MSHA$ – по короткопериодной аппаратуре СКМ-3 [16, 27].

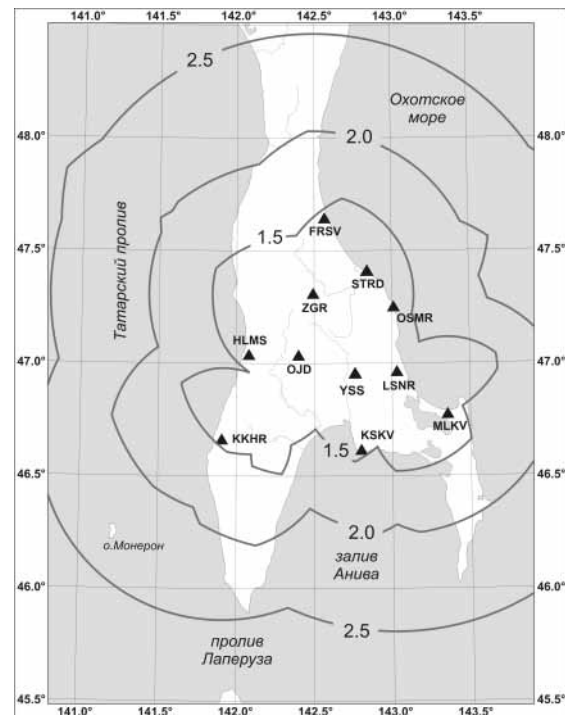


Рис. 2. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min} , временная сеть локальных сейсмических станций и станции ПТК ОШЦСС «Южно-Сахалинск» в 2013 г.

1 – широкополосная сейсмическая станция; 2 – сейсмическая станция локальной сети; 3 – выносной пункт ПТК ОШЦСС, 4 – изолиния M_{\min} .

Для единой классификации всех землетрясений использовалась расчетная магнитуда M^P . Расчетная магнитуда M^P для мелкофокусных землетрясений равняется магнитуде MLH при наличии таковой в каталоге, а при ее отсутствии вычисляется из K_C . Для глубокофокусных землетрясений M^P вычисляется из MSH или, при ее отсутствии, из $MSHA$ [15, 16, 23, 24]:

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

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

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

Для землетрясений с известными классами K_p при отсутствии K_C была использована приведенная выше формула Т.Г. Раутиан (1).

Если магнитуда $MPVA$ была единственной энергетической оценкой землетрясения, то:

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

Энергия землетрясений (в Дж) оценивалась по формуле Гутенберга-Рихтера из [25]:

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

В региональный каталог Сахалина за 2013 г. [28] включены параметры 688 сейсмических событий, из них 25 идентифицированы как «возможно взрыв». 681 событие имеет глубину гипоцентра $h \leq 24$ км, семь – глубокофокусные ($h = 270-409$ км).

Карта эпицентров всех сейсмических событий приведена на рис. 3. Самое сильное ($MLH = 5.1$, $M_w = 5.1$) в 2013 г. землетрясение (9) зафиксировано 25 ноября в 03^h23^m в проливе Лаперуза на глубине $h = 12$ км. Землетрясение ощущалось в п. Шебунино ($\Delta = 61$ км) и на о. Монерон ($\Delta = 63$ км) с интенсивностью $I = 4$ балла [29]. Для него удалось определить механизм очага [30]. Этому землетрясению посвящена отдельная статья в настоящем сборнике [31].

Для 42 землетрясений имеются макросейсмические сведения [29]. Максимальный ($I = 4-5$ баллов) макросейсмический эффект наблюдался при двух землетрясениях (1 и 5 на рис. 3): 24 января в 14^h15^m ($MLH = 4.5$, $h = 10$ км) в п. Москальво ($\Delta = 36$ км), и 4 июля в 11^h08^m ($MLH = 4.3$, $h = 10$ км) в г. Невельске, пп. Горнозаводск и Шебунино ($\Delta = 14, 17, 30$ км, соответственно).

Для пяти землетрясений определены механизмы очагов [30].

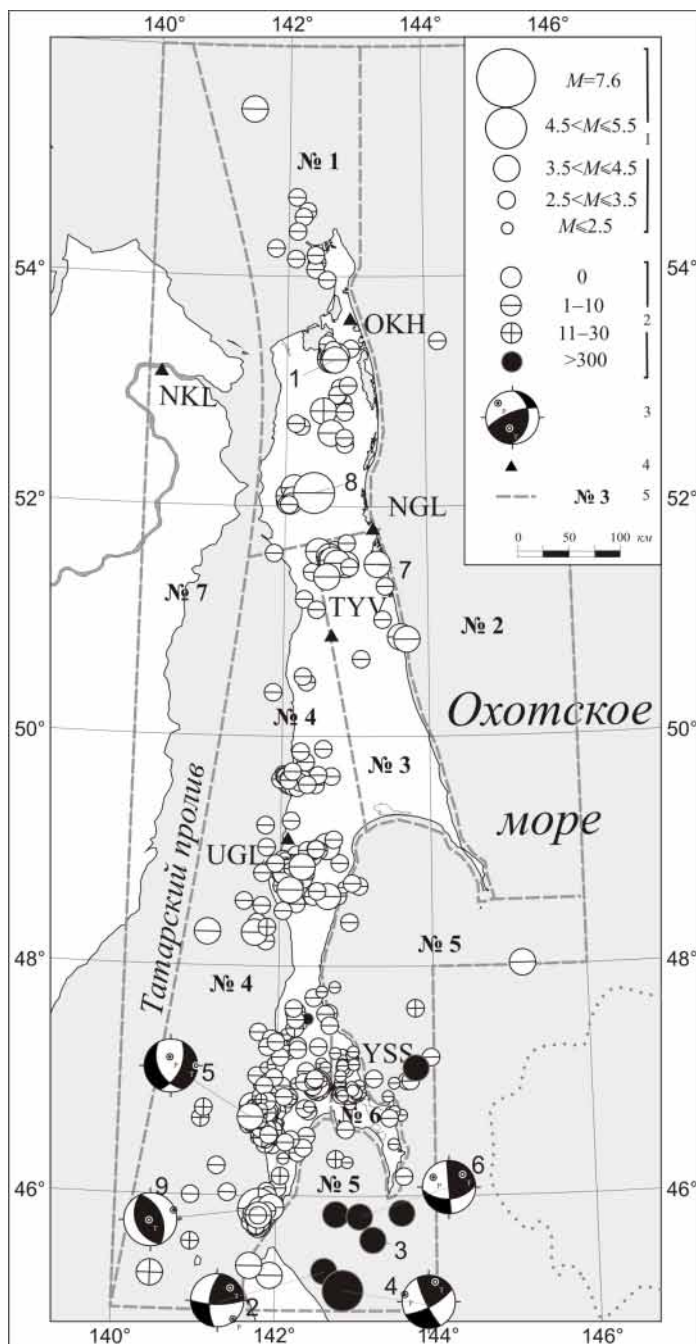


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Сахалина в 2013 г.

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

Сейсмичность региона рассматривается для мелкофокусных (исключая 25 событий с глубиной $h=0$ км, идентифицированных как «возможно взрыв») и глубокофокусных землетрясений отдельно. Сейсмическая активность мелкофокусных землетрясений Сахалина в 2013 г., по сравнению с таковой в 2012 г. [4], возросла в полтора раза по числу зарегистрированных землетрясений и в два раза по уровню суммарной сейсмической энергии (рис. 4). При сравнении со средними за 2001–2012 гг. показателями видно, что число землетрясений в 2013 г. ($N=656$) в два раза выше среднего ($N_{cp}=282$), но сейсмическая энергия – в пять раз ниже среднего значения за указанный период.

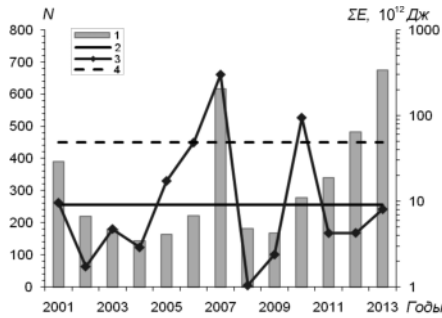


Рис. 4. Изменение ежегодного числа землетрясений N и суммарной сейсмической энергии ΣE , мелкофокусных землетрясений Сахалина за период 2001–2013 гг.

1 – N ; 2 – среднегодовое число землетрясений за 2001–2012 гг.; 3 – ΣE ; 4 – среднегодовое значение ΣE за 2001–2012 гг.

Сейсмичность по семи сейсмоактивным районам Сахалина представлена на рис. 5 ежегодным числом мелкофокусных землетрясений и их суммарной сейсмической энергией в 2001–2013 гг.

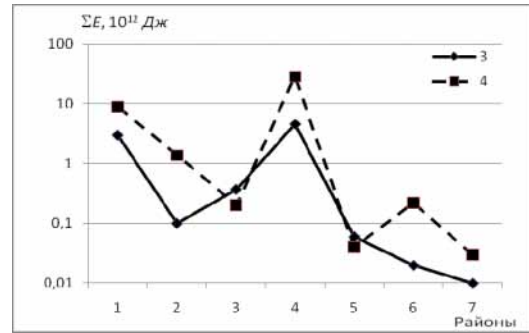
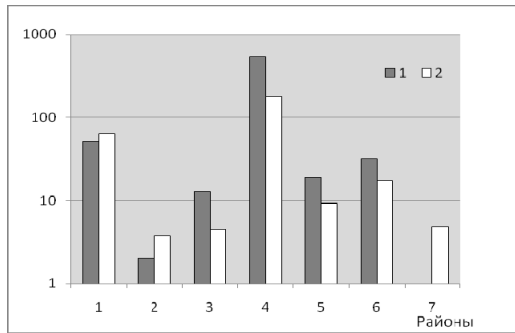


Рис. 5. Соотношение числа N (а) и суммарной сейсмической энергии ΣE (б) мелкофокусных землетрясений по районам Сахалина в 2013 г. и их среднегодовых значений за 2001–2012 гг.

1 – N (2013 г.); 2 – N_{cp} за 2001–2012 гг. (а); 3 – ΣE (2013 г.); 4 – среднегодовое значение ΣE по районам Сахалина за 2001–2012 гг. (б).

В табл. 1 дано распределение землетрясений по районам Сахалина в 2013 г.

Таблица 1. Распределение коровых и глубокофокусных землетрясений по расчетной магнитуде M^P и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Сахалина в 2013 г.

$h \leq 24$ км										
№	Район	M^P							ΣN	ΣE , 10^{12} Дж
		≤ 2.0	2.5	3	3.5	4	4.5	5		
1	Северный		2	20	19	9	1	1	52	2.967
2	Охотоморский шельф				1	1			2	0.096
3	Восточно-Сахалинский		2	4	3	3	1		13	0.372
4	Западно-Сахалинский	45	287	147	43	14	1	1	538	4.552
5	Юго-Восточный	1	13	2	2	1			19	0.056
6	Восточная часть Южного Сахалина	19	11	2					32	0.020
7	Хабаровский приграничный									
	Всего	65	315	175	68	28	3	2	656	8.062
$h \geq 270$ км										
№	Район	M^P				ΣN	ΣE , 10^{12} Дж			
		3.5	4.0	4.5	5.5					
5	Юго-Восточный	1	2	2	2	7	30.6			

Глубокофокусная активность в 2013 г. представлена семью землетрясениями, произошедшими в Юго-Восточном (№ 5) районе. Магнитуа самого сильного из них (4) составила $MSH=6.0$. Макросейсмический эффект ни одно глубокофокусное землетрясение не проявило.

Распределение ощутимых землетрясений по районам региона представлено в табл. 2, где приведены также максимальные для районов значения K_{Cmax} , MLH и MSH . Всего в 2013 г. на Сахалине ощущалось 42 землетрясения, 25 из них произошло в районе № 4, 11 – в районе № 1. Максимальная интенсивность в этих районах составила 4–5 баллов.

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	K_{Cmax}	MLH_{max}	MSH_{max}	I_{max} , балл
1	Северный	11	11.0	5.0		4–5
2	Охотоморский шельф	1	10.2	4.1	5.6	3
3	Восточно-Сахалинский	4	10.8	3.9	4.9	4
4	Западно-Сахалинский	25	11.6	5.1	5.2	4–5
5	Юго-Восточный		10.2	5.5	6.0	
6	Восточная часть Южного Сахалина	1	7.7			2
7	Хабаровский приграничный					
	Всего	42				

Рассмотрим сейсмичность каждого из семи районов более детально.

В Северном районе (№ 1) зарегистрировано 52 коровых землетрясения, что в 1.4 раза меньше, чем в 2012 г. ($N=73$), и в 1.2 раза меньше среднего значения ($N=64$) за период 2001–2012 гг. (рис. 5). Суммарная сейсмическая энергия сравнима с энергией, выделенной в 2012 г. ($E=3.09 \cdot 10^{12}$ Дж), и почти в три раза меньше среднегодовой за указанный период (табл. 1, рис. 5).

Самое сильное ($MLH=5.0$) землетрясение района (8) произошло 24 ноября в 10^h20^m на глубине $h=10$ км. Оно ощущалось в пп. Ноглики (61 км), Ныш (68 км), Арги-Паги (87 км), Мгачи (117 км), г. Александровске-Сахалинском (135 км), п. Тымовское (140 км), г. Николаевскена-Амуре (164 км) с интенсивностью в 2–3 балла.

Второе по силе ($MLH=4.5$) землетрясение района (1) произошло 24 января в 14^h15^m на глубине $h=10$ км, оно ощущалось в п. Москальво (36 км) с интенсивностью в 4–5 баллов, в п. Тунгор (26 км), г. Охе (38 км), п. Некрасовка (45) – 3–4 балла.

Всего в районе отмечено 11 ощутимых землетрясений, интенсивность остальных не превышала 3 баллов (табл. 2).

На Охотоморском шельфе (№ 2) зарегистрировано два землетрясения, что типично для этого района, где среднее число событий за период 2001–2012 гг. равно 4. Суммарная сейсмическая энергия почти в 14 раз меньше среднего значения за указанный период (табл. 1, рис. 5).

Относительно сильное ($MLH=4.1$) землетрясение, происшедшее 10 декабря в 02^h06^m на глубине $h=10$ км, ощущалось в п. Тымовское (74 км) с интенсивностью в 3 балла, в пп. Красная Тымь (73 км) и Воскресеновка (75 км) – 2 балла.

В Восточно-Сахалинском районе (№ 3) зарегистрировано 13 землетрясений, что в 1.5 раза меньше, чем в 2012 г. ($N=54$), но в три раза выше среднего значения за период 2001–2012 гг., суммарная сейсмическая энергия несколько превысила среднее значение за указанный период (табл. 1, рис. 5).

Самое сильное ($MLH=4.3$) землетрясение района (7) произошло 14 октября в 08^h36^m на глубине $h=8$ км и ощущалось в п. Катангли (24 км) с интенсивностью в 4 балла, в п. Ноглики (35 км) – 3–4 балла.

Всего в районе отмечено четыре ощутимых землетрясения, интенсивность остальных не превышала трех баллов (табл. 2).

В Западно-Сахалинском районе (№ 4) расположена, в основном, локальная сеть сейсмических станций, благодаря которой удается регистрировать большое число слабых землетрясений. В 2013 г. в этом районе зарегистрировано 538 землетрясений, что более чем в полтора раза больше чем в 2012 г. ($N=326$) и в три раза больше среднего значения за период

2001–2012 гг., сейсмическая энергия в пять раз превышает энергию предыдущего года ($E=0.9 \cdot 10^{12}$ Дж), но в шесть раз меньше среднего значения за этот период, поскольку район характеризуется периодами высокой сейсмической активности, начиная с 2000 г.

В районе № 4 в 2000–2007 гг. происходили наиболее сильные землетрясения региона, такие как 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 [17, 35].

Самое сильное землетрясение года (9) с $MLH=5.1$ произошло 25 ноября в Западно-Сахалинском районе, ему в данном сборнике посвящена отдельная статья [31].

Довольно сильное ($MLH=4.3$) землетрясение (5) произошло 4 июля в 11^h08^m на юго-западном побережье Сахалина, на глубине $h=8$ км. Землетрясение ощущалось в г. Невельске (14 км), пп. Горнозаводск (17 км) и Шебунино (30 км) с интенсивностью в 4–5 баллов и еще в десяти населенных пунктах юга о. Сахалин с интенсивностью от 2 до 4 баллов. Для этого землетрясения определен механизм очага, тип сейсмодислокации – сбросовый, согласно полученному решению, землетрясение произошло в условиях широтного растяжения, сброс произошел либо вдоль плоскости восток-юго-восточного падения, сопровождаемый небольшим левосторонним сдвигом, либо вдоль плоскости запад-юго-западного падения с небольшим правосторонним сдвигом. Такой механизм очага не характерен для западного побережья Южного Сахалина, находящегося в условиях широтного сжатия. В [36, 37] приведено альтернативное решение механизма очага этого события, выполненное по иной методике, согласно которому в очаге реализовалась взбросовая сейсмодислокация.

Всего в районе произошло 25 ощутимых землетрясений [30] (табл. 2), интенсивность остальных не превышала 4 баллов. Ни одного глубокофокусного землетрясения с эпицентром на территории района в 2013 г. зафиксировано не было.

Юго-Восточный район (№ 5) представлен 19 мелкофокусными и семью глубокофокусными землетрясениями, суммарная сейсмическая энергия первых в 1.5 раза больше среднего годового значения за период 2001–2012 гг. (рис. 5).

Глубокофокусные землетрясения, зарегистрированные сетью СФ ФИЦ ЕГС РАН, находятся в диапазоне глубин $h=270–409$ км [28] с эпицентрами в акватории зал. Анива (рис. 3). Для трех из них (2, 4, 9) определены механизмы очагов. Типы дислокации в очагах землетрясений относительно поверхности близки к характерным для региона сдвиговым (2, 4). Простирающиеся плоскости с левосторонней подвижкой субмеридиональные (2) либо юго-восточные (4), плоскость правосторонней подвижки соответственно субширотная или северо-западная, у события 2 присутствует заметная взбросовая компонента вдоль одной из нодальных плоскостей. Тип события (9) – взброс по субмеридиональным плоскостям.

В **Восточной части Южного Сахалина (№ 6)** было зарегистрировано 32 мелкофокусных землетрясения, что почти в два раза больше среднего годового значения за период 2001–2012 гг., суммарная сейсмическая энергия в 11 раз меньше среднего годового значения (рис. 5). Кроме того, на территории района зарегистрировано 25 взрывов, которые производились в карьере, где добывается щебень.

Самое сильное ($K_C=10.4$) землетрясение произошло 7 июля в 22^h24^m на глубине $h=6$ км. Единственное ощутимое землетрясение района зарегистрировано 26 апреля в 00^h46^m на глубине $h=10$ км ($K_C=7.7$), оно ощущалось в г. Южно-Сахалинск (19 км) с интенсивностью в 2 балла.

В **Хабаровском приграничном районе (№ 7)** в 2013 г. ни одного землетрясения не было зарегистрировано.

Сейсмичность Сахалинского региона в 2013 г. можно охарактеризовать как умеренную. Несколько повышенная активность зафиксирована в Восточно-Сахалинском районе (№3) на фоне отсутствия активизаций в предыдущие годы, а также в Западно-Сахалинском районе (№ 4), выразившаяся в умеренно-сильном землетрясении с $MLH=5.1$.

Л и т е р а т у р а

1. 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.

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. **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.
4. **Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Костылев Д.В., Михайлов В.И.** Сахалин // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 162–171.
5. **Старовойт О.Е., Мишаткин В.Н.** Сейсмические станции Российской академии наук. – Москва–Обнинск: ГС РАН, 2001. – 88 с.
6. **Фокина Т.А., Кислицына И.П., Сафонов Д.А., Михайлов В.И.** Сахалин // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 175–184.
7. **Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2013** // ФИЦ ЕГС РАН [Сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013
8. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
9. **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.
10. **Михайлов В.И. (сост.).** Локальная сеть сейсмических станций Сахалина в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
11. **Михайлов В.И.** Юг о. Сахалин // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 86–87.
12. **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.
13. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
14. **Паршина И.А., Ферчева В.Н. (сост.).** Каталог землетрясений юга о.Сахалин в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
15. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Скорость колебания земной поверхности в объемных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до 17° // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
16. **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.
17. **Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин** / Ред. Б.В. Левин, И.Н. Тихонов. – М.: Янус-К, 2009. – 204 с.
18. **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.
19. **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.
20. **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.
21. **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.
22. **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.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 95–99.
23. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.

24. Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
25. Гутенберг Б., Рихтер К.Ф. Магнитуда, интенсивность, энергия и ускорение как параметры землетрясений (II) // Слабые землетрясения. – М.: ИЛ, 1961. – С. 72–119.
26. Габсатарова И.П. Границы сейсмоактивных регионов России с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
27. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 272 с.
28. Кислицына И.П., Сохатюк А.С. (отв. сост.), Децик И.В. (сост.). Каталог землетрясений Сахалина за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
29. Сохатюк А.С., Лукаш Н.А., Левина В.И. (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Сахалина в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
30. Гладырь Ж.В. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
31. Семёнова Е.П., Сафонов Д.А., Фокина Т.А. Крильонское землетрясение 25 ноября 2013 г. с $M_w=5.2$, $I_0=6-7$ (о. Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 466–476. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.41
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-Айское 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.
36. Сафонов Д.А. (отв. сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений региона Сахалин за 2012–2013 гг., определенных по волновым формам // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
37. 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.

METADATA IN ENGLISH

SAKHALIN

Fokina T.A.¹, Safonov D.A.^{1,2}, Kostylev D.V.¹, Mikhaylov V.I.¹

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 for Sakhalin in 2013 based on the data of four seismic stationary stations and 10 temporary digital seismic stations "DAT", working in the south of Sakhalin, is given. Main parameters of 688 earthquakes and focal mechanisms of five of them are determined. 42 earthquakes showed a macroseismic effect. The maps of the representativeness of earthquakes and of epicenters are given, the distribution of

crust and deep earthquakes on magnitude and their summarized energy for seven seismoactive districts are presented. For each area seismic conditions are described.

The seismicity of the Sakhalin region in 2013 can be characterized as moderate. Somewhat increased seismic activity was recorded in the East Sakhalin region, against the background seismicity at previous years. Somewhat increased activity was also recorded in the West Sakhalin region, where a moderately strong earthquake occurred with $MLH=5.1$.

Keywords: earthquake, seismicity, seismic station, aftershock, magnitude, seismic energy.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.15

For citation: Fokina, T.A., Safonov, D.A., Kostylev, D.V., & Mikhaylov, V.I. (2019). Sakhalin. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 173–183. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.15

References

1. Kostylev, D.V. (2019). Stationary seismic stations and tsunami stations of Sakhalin in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (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. Kostylev, D.V. (2019). Stationary seismic stations of Kuril-Okhotsk region in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
4. Fokina, T.A., Safonov, D.A., Kostylev, D.V., & Mikhaylov, V.I. (2018). Sakhalin. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), 162–171. (In Russ.).
5. Starovoyt, O.E., & Mishatkin, V.N. (2001). *Seismicheskie stancii Rossiyskoy akademii nauk* [Seismic stations of the Russian Academy of Sciences]. Moscow, Russia: GS RAS Publ., 88 p. (In Russ.).
6. Fokina, T.A., Kislicina, I.P., Safonov, D.A., & Mikhaylov, V.I. (2012). [Sakhalin]. In *Zemletryaseniya Severnoy Evrazii v 2006 godu*. [Earthquakes in Northern Eurasia, 2006] (pp. 175–184). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
7. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations. (2019). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013/
8. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
9. Fokina, T.A., Parshina, I.A., Safonov, D.A., Sen R.S., & Kim Ch.U. (2005). [Sakhalin]. In *Zemletryaseniya Severnoy Evrazii v 1999 godu*. [Earthquakes in Northern Eurasia, 1999] (pp. 148–158). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
10. Mikhaylov, V.I. (2019). Seismic stations of local network of Sakhalin in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
11. Mikhaylov, V.I. (2015). [South of Sakhalin]. In *Zemletryaseniia Rossii, 2013 god* [Earthquakes in Russia, 2013] (pp. 86–87). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
12. Rautian, T.G. (1964). [On the determination of the energy of earthquakes at a distance of 3000 km]. In *Ekspperimental'naiia seismika. Trudy IFZ ANSSSR № 32 (199)* [Experimental seismic. Proceedings of the IFZ SA USSR № 32 (199)] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
13. Rautyan, T.G. (1960). [Earthquake energy]. *Trudy IFZ AN SSSR* [Proceedings of the IPF of the USSR Academy of Sciences], 9 (176), 75–114. (In Russ.).
14. Parshina, I.A., Fercheva, V.N., & Decik, I.V. (2015). [Catalog of earthquakes of South Sakhalin]. In *Zemletryaseniia Rossii, 2013 god* [Earthquakes in Russia, 2013] (Appendix on CD). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
15. 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.).
16. 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 *Seismologicheskie 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.).

17. Levin, B.W., & Tikhonov, I.N. (Eds) (2009). *Nevel'skoe zemletriasenie i tsunami 2 avgusta 2007 goda, o. Sakhalin* [The 2 August, 2007 Nevel'sk earthquake and tsunami, Sakhalin Island]. Moscow, Russia: Yanus-K Publ., 204 p. (In Russ.).
18. 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.).
19. 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: IMGiG Publ. (In Russ.).
20. Balakina, L.M., Vvedenskaya, A.V., Golubeva, N.V., Misharina, L.A., & Shirokova, Ye.I. (1972). *Pole uprugikh napryazheniy Zemli i mekhanizm ochagov zemletryaseniya*. [Field of elastic tension of Earth and mechanism of the centers of earthquakes]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 192 p. (In Russ.).
21. 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]. In *Teoriya i analiz seysmologicheskikh nablyudeny (Vychislitel'naya seysmologiya T.12)*. [Theory and analysis of seismological observations (Computing seismology V.12)] (pp. 45–58). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
22. 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 *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1995 godu*. [Earthquakes in Northern Eurasia, 1995] (pp. 95–99). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
23. Solov'yov, S.L., & Solov'yova, O.N. (1967). [Relationship between the energy class and the magnitude of the Kuril earthquakes]. *Fizika Zemli*. [Izvestiya, Physics of the Solid Earth], 2, 13–23. (In Russ.).
24. 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.).
25. Gutenberg, B., & Richter, K.F. (1961). [Magnitude, intensity, energy and acceleration as parameters of earthquakes (II)]. In *Slabye zemletriaseniia* [Weak earthquakes] (pp. 72–119). Moscow, Russia: IL Publ. (In Russ.).
26. Gabsatarova, I.P. (2007). [Borders of seismoactive regions of Russia since 2004]. In *Zemletryaseniia Rossii v 2004 godu*. [Earthquakes in Russia in 2004] (p. 139). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
27. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nablyudenii na seismicheskikh stantsiiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nablyudenii 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]. (1982). Moscow, Russia: Nauka Publ., 272 p. (In Russ.).
28. Kislicina, I.P., Sohatyuk, A.S., & Decik, I.V. (2019). [Catalog of earthquakes of Sakhalin]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
29. Kislicina, I.P. (2019). [The macroseismic effect of tangible earthquakes in the settlements of Sakhalin in 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
30. Gladyr, J.V. (2019). [Catalog of the mechanisms of the foci of the Sakhalin earthquakes in 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
31. Semenova E.P., Safonov D.A., & Fokina T.A. (2019). Earthquake near Crillon Cape on November 25th, 2013 with $M_w=5.2$, $I_0=6-7$ (Sakhalin Island). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 466–476. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.41
32. Poplavskaya, L.N., Nagornykh, T.V., Fokina, T.A., Poplavskii, A.A., Permikin, Y.Y., Strel'cov, M.I., Kim, Ch.U., 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, Ch.U., Sen, R.S., & 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 $MLH=5.9$, $K_C=12.0$, $I_0=7$ (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.).
36. Safonov, D.A. (2019). Catalog of mechanisms for the foci of earthquakes in the Sakhalin region for 2012–2013, determined by waveforms. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
37. Safonov, D.A., Nagornykh, T.V., Konovalov, A.V., & Stepnov, A.A. (2017). [Moment tensor, focus mechanism of earthquake and stress state of the island Sakhalin]. *Vulkanologiya i Seismologiya*. [Journal of Volcanology and Seismology], 3, 59–70. (In Russ.).