

КУРИЛО-ОХОТСКИЙ РЕГИОН**Т.А. Фокина¹, Д.А. Сафонов^{1,2}, Е.Н. Дорошкевич¹, Д.В. Костылев¹**¹Сахалинский 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 годовой сейсмичности Курило-Охотского региона по 863 землетрясениям, параметры которых определены на основе данных четырех Курильских станций. Приведено их распределение по глубине гипоцентра. Максимальная глубина составила в 2013 г. $h=620$ км. Приведены распределение землетрясений по магнитуде и суммарная сейсмическая энергия по районам региона. Представлена карта эпицентров, а также механизмов очагов (для 23 землетрясений). Для каждого района описана сейсмическая обстановка.

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

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.16

Для цитирования: Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Дорошкевич Е.Н., Костылев Д.В. Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 184–197. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.16

Региональная сеть и карта M_{\min} . Сеть сейсмических станций Сахалинского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (СФ ФИЦ ЕГС РАН) на территории Курило-Охотского региона в 2013 г. состояла из четырех стационарных станций: «Северо-Курильск» (SKR), «Курильск» (KUR), «Южно-Курильск» (YUK) и «Малокурильское» (SHO) (рис. 1), а также двух выносных пунктов станции «Северо-Курильск»: «Плато» и «Шумшу», и четырех выносных пунктов станции «Южно-Курильск»: «Головнино» (GLVR), «Лагунное» (LAGR), «Менделеево» (MNDR) и «Туман» (GRPR). Сведения о местоположении курильских станций и регистрирующей аппаратуре приведены в Приложении к настоящему ежегоднику [1].

Сейсмическая сеть курильских станций, совместно со станциями Приамурья и Приморья [2] и Сахалина [3], обеспечила на значительной части территории Курило-Охотского региона регистрацию без пропусков землетрясений с расчетной магнитудой $M^p > 4.0$ ($K_c > 9$). Только на территории Онекотан-Матуанского района (№ 2) и северо-восточной части Охотского моря без пропусков могут регистрироваться лишь события с $M^p \geq 4.5$ ($K_c \geq 10$). И на небольшом участке юго-западной части Охотского моря, находящемся в окружении трех региональных станций, представительными являются землетрясения с $M^p \geq 3.5$ ($K_c \geq 8$). Карта магнитудной представительности в пределах границ Курило-Охотского региона показана на рис. 1, она не изменилась по сравнению с картой за 2012 г. [4].

Методика обработки записей землетрясений, представленная в [5–16], не изменилась. По-прежнему для определения параметров землетрясений региона привлекались инструментальные данные сейсмических станций Приамурья и Приморья [2] и Сахалина [3], а также бюллетени ФИЦ ЕГС РАН [17], Japan Meteorological Agency (JMA) [18], и ISC [19]. Границы региона оставались в рамках изменений 2004 г., когда северо-восточная часть региона вошла в зону ответственности Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН, а юго-западная часть (о. Хоккайдо и Японское море) была исключена из зоны ответственности СФ ЕГС РАН, т.к. для этой территории существуют более представительные каталоги, составляемые в Японии [20, 21]. Но небольшая восточная часть острова, отрезанная по меридиану $\lambda=144^\circ\text{E}$ (рис. 1), осталась как район № 6. Основные параметры землетрясений рассчитывались в программе MGPW, разработанной в СФ ФИЦ ЕГС РАН, при использовании годографа Р.З. Тараканова [8]. Механизмы очагов рассчитывались в программе FOCMES [15, 16].

Для оценки сейсмической энергии землетрясений используются расчетные магнитуды M^p . Если для мелкофокусных ($h \leq 80$ км) толчков определена магнитуда MLH по стандартной методике [22], то она и берется в качестве расчетной магнитуды. Для всех остальных землетрясений производится пересчет (или из класса K_c , или из разных магнитуд MPV , $MPVA$, MSH , $MSHA$)

по формулам связи магнитуд по объемным и поверхностным волнам С.Л. Соловьёва и О.Н. Соловьёвой из [11–13]:

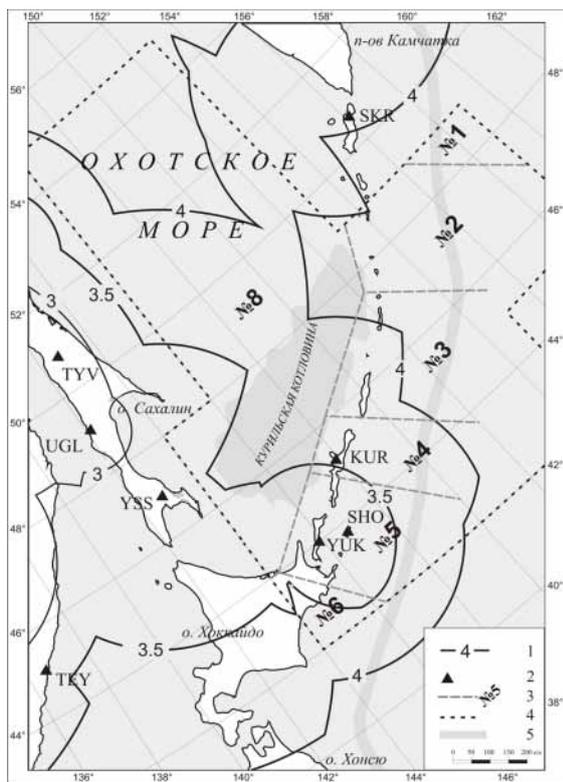


Рис. 1. Карта магнитудной представительности землетрясений M_{\min}^P Курило-Охотского региона в 2013 г.

1 – изолиния M_{\min}^P ; 2 – сейсмическая станция; 3 – граница и номер района соответственно; 4 – граница региона; 5 – ось глубоководного Курило-Камчатского жёлоба.

В региональный каталог землетрясений [24] включены параметры 863 землетрясений с $M^P=2.6-7.2$ (что всего на пять событий больше, чем в 2012 г. [4]). Гипоцентры 698 землетрясений (80.9 % общего числа) локализованы в верхнем глубинном интервале с $h \leq 80$ км, 139 (16.1 %) – в промежуточном слое с $h=81-300$ км, 26 (3 %) – в нижнем интервале глубин $h > 300$ км. 532 землетрясения, т.е. 61.6 % общего числа произошли в интервале $30 \text{ км} \leq h \leq 60 \text{ км}$. Распределение всех землетрясений по глубине приведено на рис. 2.

Для 38 землетрясений получены сведения об их макросейсмических проявлениях в населенных пунктах Курильских островов, максимальная интенсивность сотрясений на территории региона составила $I=6-7$ баллов по шкале MSK-64 [24, 25]. Гипоцентры ощутимых землетрясений находились в глубинном диапазоне $h=11-368$ км, 27 из них зафиксировано на глубине менее 80 км. Дополнительно для 48 землетрясений имеются сведения об интенсивности макросейсмических проявлений на территории Японских островов [19, 25].

Механизмы очагов землетрясений 2013 г. определены для 23 землетрясений Курило-Охотского региона [26], что на четыре механизма меньше, чем в 2012 г. [4].

– для событий с глубиной $h \leq 80$ км:

$$\begin{aligned} M^P &= MLH; \\ M^P &= (K_C - 1.2)/2; \\ M^P &= (MSH - 1.71)/0.75; \\ M^P &= (MPV - 2.5)/0.65; \\ M^P &= (MSHA - 1.71)/0.75; \\ M^P &= (MPVA - 2.5)/0.65; \end{aligned}$$

– для событий с $h > 80$ км:

$$\begin{aligned} M^P &= (MSH - 1.71)/0.75; \\ M^P &= (MPV - 2.5)/0.65; \\ M^P &= (K_C - 1.2)/2; \\ M^P &= (MSHA - 1.71)/0.75; \\ M^P &= MLH; \\ M^P &= (MPVA - 2.5)/0.65. \end{aligned}$$

Энергия землетрясений (в Дж) оценивалась по формуле Гутенберга-Рихтера из [23]:

$$\lg E = 4.8 + 1.5 \cdot M^P.$$

Каталоги землетрясений региона в 2013 году. Результаты обработки записей землетрясений, сведений о знаках вступлений Р-волн и макросейсмических данных представлены в настоящем ежегоднике в четырех Приложениях на CD – это каталог всех землетрясений Курило-Охотского региона [24], каталог ощутимых землетрясений с представлением всех пунктов, где наблюдался макросейсмический эффект [25], каталог механизмов очагов некоторых землетрясений [26] и список названий населенных пунктов [27], в которых отмечен макросейсмический эффект землетрясений в 2013 году.

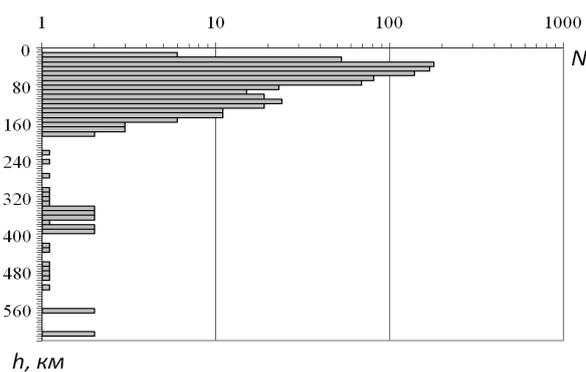


Рис. 2. Распределение землетрясений Курило-Охотского региона по глубине гипоцентра h , км в 2013 г.

Карта эпицентров и механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона в 2013 г. приведена на рис. 3. Как всегда, основная часть эпицентров располагается вдоль западного склона Курило-Камчатского глубоководного желоба, глубина гипоцентров возрастает в северо-западном направлении.

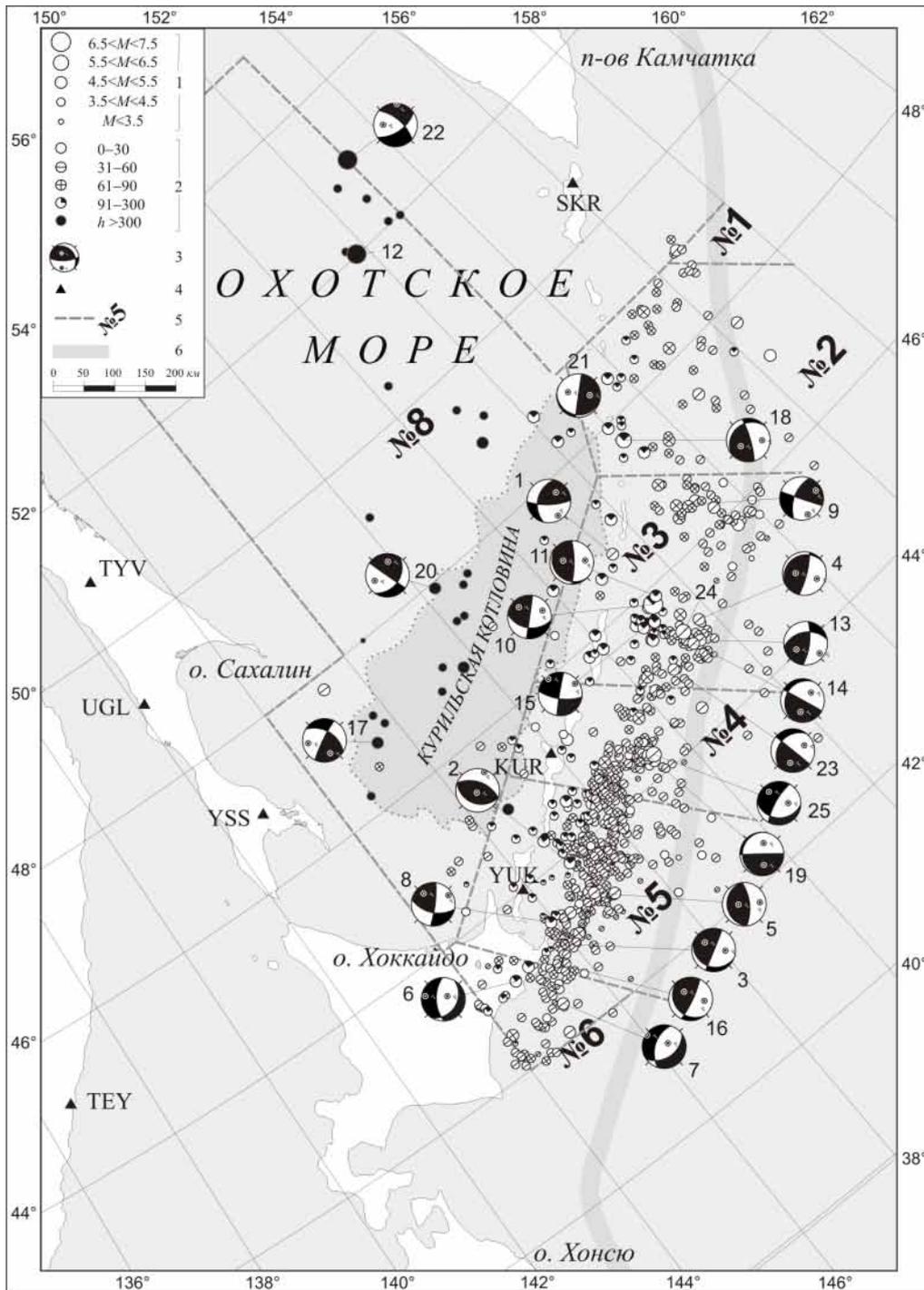


Рис. 3. Сейсмическая сеть и карта эпицентров землетрясений Курило-Охотского региона в 2013 г.

1 – магнитуда M^P ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – стереограмма механизма очага в проекции на нижнюю полу-сферу, зачернены области сжатия; 4 – сейсмическая станция; 5 – граница и номер района соответственно; 6 – граница зоны ответственности сети СФ ФИЦ ЕГС РАН; 7 – ось глубоководного Курило-Камчатского желоба.

Самое сильное землетрясение региона (10) произошло 19 апреля в 03^h05^m с $MLH=6.8$, $MPV=7.5$, $MSH=7.6$. Его эпицентр находился с Тихоокеанской стороны Курильской дуги, в 100 км к востоку от о. Уруп. Интенсивность сотрясений от 6–7 баллов в п. Рейдово ($\Delta=261$ км, о. Итуруп)

до 2 баллов в г. Южно-Сахалинске ($\Delta=665$ км, о. Сахалин). Поскольку землетрясение произошло на глубине $h=118$ км, расчетную магнитуду $M^P=7.9$ мы должны определить из $MSH=7.6$. Судя по макросейсмическому эффекту, это значительно завышенная оценка магнитуды, но взять за основу $MLH=6.8$ тоже неправильно, т.к. она явно занижена, что нормально для заглубленных землетрясений. В настоящем ежегоднике этому и другим землетрясениям Урупской серии 2012–2013 гг. посвящена статья Д.А. Сафонова [28], где автор приводит определенную им магнитуду $M_{w, \text{рег}}=7.0$, которая более других характеризует энергию данного землетрясения. В этой статье именно ее мы используем в качестве расчетной магнитуды $M^P=7.0$ для этого землетрясения.

Сейсмичность региона. По совокупности данных за 2010 г. [29] были построены графики повторяемости землетрясений с гипоцентрами в поверхностном ($h \leq 80$ км) и глубоком ($h \geq 81$ км) слоях, из которых следовало, что в 2010 г. для поверхностных землетрясений можно считать представительной магнитуду $M^P=4.0$, для глубоких – $M^P=4.5$ [30]. Поскольку в 2011–2013 гг. условия регистрации существенно не менялись, представительность землетрясений осталась прежней. Для единообразия дальнейший сравнительный анализ сейсмичности региона в 2013 г. проведен для землетрясений с $M^P \geq 4.5$.

На рис. 4 даны распределения землетрясений по магнитудам в поверхностном ($h \leq 80$ км) и глубоком ($h \geq 81$ км) сейсмоактивных слоях в 2001–2013 гг.

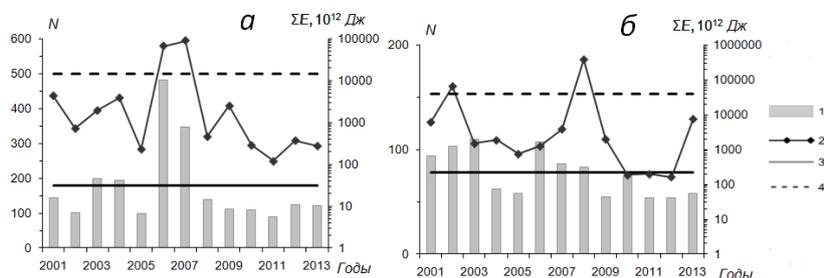


Рис. 4. Распределение числа мелкофокусных (а) и глубокофокусных (б) землетрясений с $M^P \geq 4.5$ и величины суммарной сейсмической энергии ΣE Курило-Охотского региона за 2001–2013 гг.

1 – число землетрясений N ; 2 – сейсмическая энергия ΣE ; 3 – среднее число землетрясений по данным за 2001–2012 гг.; 4 – средняя величина энергии за период 2001–2012 гг. [4].

Число мелкофокусных землетрясений с $M^P \geq 4.5$ ($N=121$) в 1.5 раза ниже среднего значения за 2001–2012 гг., а их суммарная сейсмическая энергия ($\Sigma E=2.76 \cdot 10^{14}$ Дж), почти в 52 раза меньше среднего значения за предыдущие 12 лет. Число глубокофокусных ($h > 80$ км) землетрясений с $M^P \geq 4.5$ в 1.3 раза меньше среднего значения за 2001–2012 гг., их сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=7.50 \cdot 10^{15}$ Дж, в 5.2 раза меньше среднего значения за предыдущие 12 лет.

В табл. 1 приведены распределение землетрясений Курило-Охотского региона, зарегистрированных в 2013 г., по расчетным магнитудам M^P и суммарная сейсмическая энергия ΣE для каждого сейсмоактивного района.

Как видно из табл. 1, в верхнем интервале глубины больше всего землетрясений ($N=295$) зарегистрировано в Кунашир-Шикотанском районе (№5), но лишь 26 из них имеют магнитуду $M^P \geq 4.5$. Самым сейсмически активным в 2013 г. был Северо-Итурупский район (№4), где зарегистрировано 179 мелкофокусных землетрясений, 40 из них – с магнитудой $M^P \geq 4.5$. Сейсмическая энергия северо-итурупских землетрясений верхнего слоя ($\Sigma E=167.57 \cdot 10^{12}$ Дж) в 4.7 раза больше энергии кунашир-шикотанских землетрясений, составляя почти 56 % сейсмической энергии мелкофокусных землетрясений региона.

В промежуточном интервале глубины ($81 \text{ км} \leq h \leq 300 \text{ км}$) наибольшая сейсмическая активность проявилась в Симушир-Урупском районе (№3), где было зарегистрировано 39 землетрясений, 20 из них – с магнитудой $M^P \geq 4.5$, суммарная сейсмическая энергия $\Sigma E=2009.27 \cdot 10^{12}$ Дж, что составляет 26.7 % сейсмической энергии всех глубокофокусных ($h > 80$ км) землетрясений региона.

В промежуточном и нижнем ($h > 300 \text{ км}$) интервалах глубины зарегистрировано 34 землетрясения с эпицентрами в Охотском море (район №8), суммарная сейсмическая энергия $\Sigma E=5424.69 \cdot 10^{12}$ Дж составила 72.2 % сейсмической энергии глубокофокусных ($h > 80$ км) землетрясений региона.

Таблица 1. Распределение землетрясений по магнитудам M^P и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам Курило-Охотского региона в 2013 г.

№	Район	M^P									N_{Σ}		$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$	
		<4	4	4.5	5	5.5	6	7	8	8.5	$M^P < 4.5$	$M^P \geq 4.5$	$M^P < 4.5$	$M^P \geq 4.5$
$h \leq 80 \text{ км}$														
1	Парамуширский	3	3								6	3	1.13	0.93
2	Онекотан-Матуанский	24	10	1							35	11	6.70	5.28
3	Симушир-Урупский	90	19	7	6						122	32	82.45	76.93
4	Северо-Итурупский	139	26	12	1	1					179	40	167.57	161.14
5	Кунашир-Шикотанский	269	19	5	2						295	26	35.77	28.07
6	Восток о. Хоккайдо	43	7	1							51	8	5.28	3.38
8	Охотское море	9	1								10	1	0.92	0.60
	Всего	577	85	26	9	1					698	121	299.82	276.33
	Данные 2012 г.	578	82	30	8	4					702	124	399.02	370.69
	Среднее за 2001–2012 гг.	337	139	27	7	4	1	0.4	0.2		515	178	14307.91	14286.40
$h > 80 \text{ км}$														
1	Парамуширский													
2	Онекотан-Матуанский	8	4	3			1				16	8	51.72	51.21
3	Симушир-Урупский	19	12	7				1			39	20	2009.27	2008.15
4	Северо-Итурупский	10	2								12	2	1.12	0.67
5	Кунашир-Шикотанский	45	5	2	1						53	8	12.40	10.74
6	Восток о. Хоккайдо	8	1	2							11	3	6.65	6.34
8	Охотское море	17	9	5	1			2			34	17	5424.69	5423.89
	Всего	107	33	19	2		1	3			165	58	7505.85	7501.00
	Данные 2012 г.	103	36	13	4	1					157	54	168.33	163.45
	Среднее за 2001–2012 гг.	66	38	23	13	3	1	0.5	0.1	0.1	144	78	38685.95	38682.15

Примечание. Распределение землетрясений по магнитудам построено для следующих диапазонов: $M^P=4.0$ для $M=3.8-4.2$; $M^P=4.5 \rightarrow M=4.3-4.7$; $M^P=5.0 \rightarrow M=4.8-5.2$; $M^P=5.5 \rightarrow M=5.3-5.7$ и т.д.

По числу зарегистрированных глубокофокусных землетрясений ($N=53$) по-прежнему лидирует Кунашир-Шикотанский район, потому что там самые лучшие в регионе условия регистрации (наличие трех сейсмических станций).

В табл. 2 приведены распределение землетрясений по интервалам глубины h , максимальные значения интенсивности сотрясений I_{\max} , энергетического класса $K_{C\max}$ и магнитуд MLH и MSH для каждого района. Данные таблицы подтверждают, что самые сильные мелкофокусные землетрясения в 2013 г. происходили в Северо-Итурупском районе (№ 4), сильнейшие глубокофокусные – в Симушир-Урупском (№ 3) и Охотском море (№ 8), что согласуется с данными табл. 1.

Таблица 2. Распределение землетрясений по интервалам глубины h , максимальные значения интенсивности сотрясений I_{\max} , энергетического класса $K_{C\max}$ и магнитуд MLH и MSH в районах Курило-Охотского региона в 2013 г.

№	Район	$h \text{ км}$	N_{Σ}	$N_{\text{ощут.}}$	I_{\max}	$K_{C\max}$	M_{\max}	
							MLH	MSH
1	Парамуширский	0–30						
		31–80	6			11.2	4.5	5.4
2	Онекотан-Матуанский	0–30	1			10.3		5.2
		31–80	34			11.8	5.0	5.3
		81–189	16			11.6	4.5	6.1
3	Симушир-Урупский	0–30	9			10.5		
		31–80	113			12.9	5.7	6.0
		81–180	39	3	6–7	15.3	6.8	7.6
4	Северо-Итурупский	0–30	16	2	4	10.2	5.0	5.9
		31–80	163	10	5	13.4	6.2	6.6
		81–173	12			10.4		4.6

№	Район	h км	N _Σ	N _{ощут.}	I _{max}	K _{C max}	M _{max}	
							MLH	MSH
5	Кунашир-Шикотанский	0–30	29			10.2	4.4	
		31–80	266	14	4	12.7	5.3	5.6
		81–156	53	6	4	11.9		5.5
6	О. Хоккайдо	0–30	3			9.7		
		31–80	48	1	2	11.0		
		81–126	11	1	2	11.4		
8	Охотское море	0–30	1			9.0		
		31–80	9			10.5		5.0
		81–620	34	1	3	10.0	5.8	7.1

В табл. 2 приведены данные о 38 землетрясениях, проявивших макросейсмический эффект: район, глубина гипоцентра, максимальная интенсивность сотрясений. Как видно из таблицы, большая часть ощутимых землетрясений ($N_{ощут.}=20$) отмечена на территории Кунашир-Шикотанского района (№ 5), но их максимальная интенсивность не превышала 4 баллов.

Максимальный макросейсмический эффект в 6–7 баллов наблюдался для землетрясения (10), происшедшего в Симушир-Урупском районе (№ 3).

Сейсмичность районов региона. Рассмотрим особенности сейсмического процесса в каждом из семи сейсмоактивных районов Курило-Охотского региона. Для представления о вариациях сейсмического режима в районах, рассмотрим данные рис. 5 и 6, где показаны ежегодные числа землетрясений и величина суммарной сейсмической энергии в каждом из районов за 2001–2013 гг. Сопоставление параметров сейсмичности проведено для землетрясений с магнитудой $M^P \geq 4.5$.

В **Парамуширском районе (№ 1)** в верхнем глубинном слое зарегистрировано шесть землетрясения, из них три – с магнитудой $M^P \geq 4.5$ (табл. 1). Самое сильное ($MLH=4.5$, $MSH=5.4$, $h=56$ км) землетрясение произошло 13 декабря в 05^h34^m. Ни одно землетрясение макросейсмического эффекта не проявило. Ни одного землетрясения в промежуточном слое не зафиксировано.

Сейсмичность **Онекотан-Матуанского (№ 2) района** продолжала снижаться. Зарегистрировано 35 мелкофокусных землетрясений (табл. 1), из них 11 – с магнитудой $M^P \geq 4.5$, что в 1.9 раза меньше, чем в 2012 г., и в 4.1 раза меньше среднего значения за период 2001–2012 гг.. Суммарная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=5.28 \cdot 10^{12}$ Дж, почти в 7 раз меньше, чем в 2012 г., и более чем на три порядка ниже среднего значения за указанный период (рис. 5).

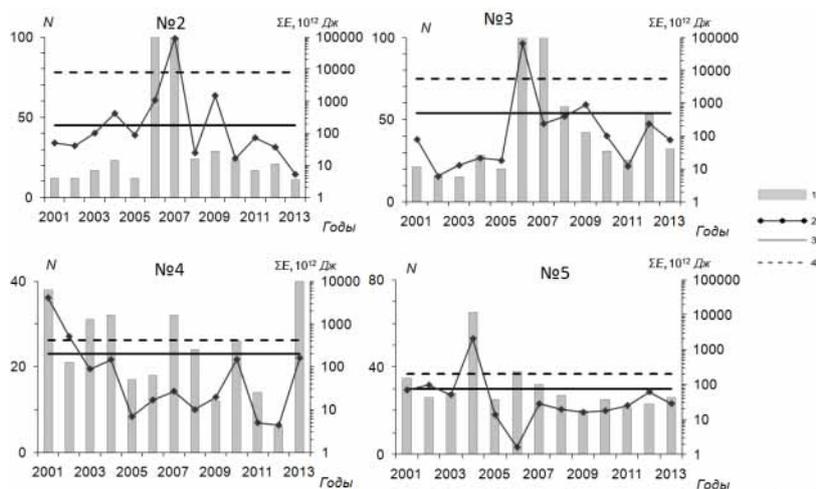


Рис. 5. Распределение ежегодных чисел землетрясений с $M^P \geq 4.5$ и величины суммарной сейсмической энергии ΣE в поверхностном слое ($h \leq 80$ км) по районам Курило-Охотского региона в 2001–2013 гг.

Усл. обозначения те же, что и на рис. 4.

Сейсмическая активность в промежуточном слое несколько возросла: зарегистрировано 16 землетрясений, из них восемь – с $M^P \geq 4.5$, ровно столько же, сколько в 2012 г. [4], и совпадает со средним значением за период 2001–2012 гг.. Суммарная сейсмическая энергия землетрясений

слоя, равная $\Sigma E=51.21 \cdot 10^{12}$ Дж, превысила в 6.5 раз энергию 2012 г., оставаясь в 5 раз меньше среднего ее значения за указанный период (рис. 6).

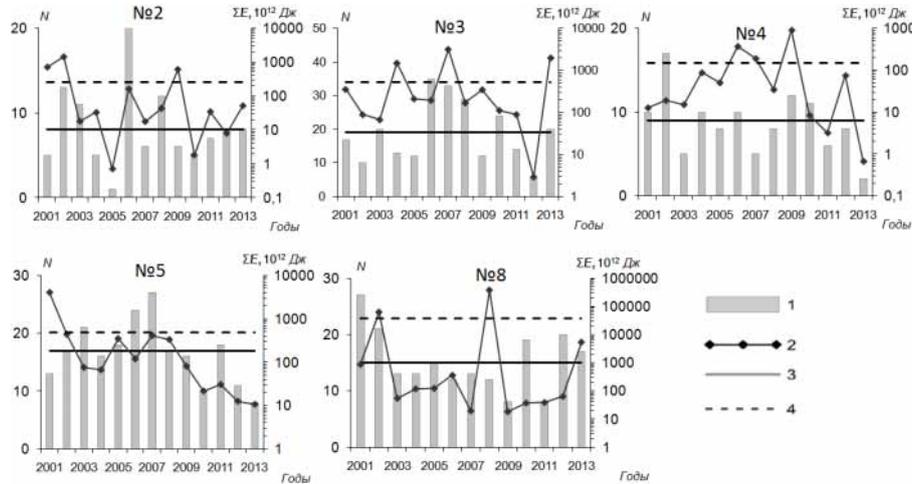


Рис. 6. Распределение ежегодных чисел землетрясений с $M^P \geq 4.5$ и величины суммарной сейсмической энергии ΣE в глубоком слое ($h > 80$ км) по районам Курило-Охотского региона в 2001–2013 гг.

Усл. обозначения те же, что и на рис. 4.

Самое сильное ($MLH=5.0$) мелкофокусное землетрясение произошло 18 декабря в $10^h 01^m$ ($h=74$ км), макросейсмический эффект не отмечен.

Два самых сильных землетрясения с гипоцентрами в промежуточном слое (18 и 21) произошли 21 августа в $08^h 25^m$ ($h=145$ км, $MSH=6.1$) и 29 сентября в $13^h 31^m$ ($h=143$ км, $MSH=5.5$), макросейсмический эффект не наблюдался. Для этих землетрясений определены механизмы их очагов [26]. Механизмы обоих землетрясений можно классифицировать как взрез, т.е. тип сейсмодислокации, при котором одна из возможных плоскостей, в данном случае простирающаяся вдоль островной дуги, субвертикальна, вторая – субгоризонтальна. Интересно, что у этих двух событий решения механизмов очага оказались противоположными: в механизме очага землетрясения 21 августа (18) поднято юго-восточное крыло, со стороны океана, а у землетрясения 29 сентября (21) – северо-западное, со стороны островной дуги.

В Симушир-Урупском районе (№ 3) в верхнем глубинном слое продолжался спад сейсмической активности, начавшийся после двух Симуширских землетрясений (15.11.2006 г. с $M_w=8.3$ и 13.01.2007 г. с $M_w=8.1$ [31]). В 2013 г. здесь зарегистрировано 122 мелкофокусных землетрясения (табл. 1), из них 32 события с $M^P \geq 4.5$, что в 1.7 раза меньше, чем в предыдущем году [4], а также среднего значения за период 2001–2012 гг.. Суммарная сейсмическая энергия меньше в 3 раза, чем в 2012 г., и в 73 раза среднего значения за указанный период (рис. 5).

Самое сильное ($MLH=5.7$) мелкофокусное землетрясение (24) произошло 25 ноября в $05^h 56^m$ ($h=53$ км), макросейсмический эффект не отмечен.

Глубокофокусная сейсмическая активность возросла: в слое $h=81-180$ км зарегистрировано 39 землетрясений (табл. 1, 2), из них 20 имеют магнитуду с $M^P \geq 4.5$, что на одно событие больше среднего значения за период 2001–2012 гг., суммарная сейсмическая энергия в 3.8 раза больше среднего значения за этот период (рис. 6). Самое сильное ($M_{w\text{per}}=7.0$, $MLH=6.8$, $MPV=7.5$, $MSH=7.6$) землетрясение промежуточного слоя (10), о котором упоминалось выше, произошло 19 апреля в $03^h 05^m$, в настоящем ежегоднике ему посвящена отдельная статья [28].

Макросейсмический эффект проявили три землетрясения: самый сильный – от 6–7 баллов в п. Рейдово ($\Delta=261$ км, о. Итуруп) до 2 баллов в г. Южно-Сахалинске ($\Delta=665$ км, о. Сахалин) – самое сильное землетрясение (10). Два других ощутимых землетрясения произошли 21 апреля и 7 июня почти в том же месте и на той же глубине, что и (10), но их магнитуда $M^P=4.8$, интенсивность сотрясений не превышала 2–3 баллов.

Механизмы очагов определены для девяти землетрясений. События (4, 10, 11, 13–15) относятся к Урупской серии и рассматриваются в отдельной статье данного сборника [28]. Механизм очага землетрясения (1), происшедшего 1 января ($MLH=5.3$), классифицируется как взбросодвиг в условиях меридионального сжатия. Землетрясение (9), зарегистрированное

9 апреля ($MLH=4.7$) классифицируется как сдвиговое. Событие (23), случившееся 8 октября ($MLH=4.9$), – взрез с субвертикальной плоскостью, направленной субмеридионально.

В Северо-Итурупском районе (№ 4) мелкофокусная сейсмическая активность возросла: на глубине $h \leq 80$ км зарегистрировано 179 землетрясений (табл. 1, 2), 40 из них с $M^p \geq 4.5$, что в 6.7 раза больше, чем в предыдущем году, в 1.7 раза больше среднего значения за период 2001–2012 гг. Суммарная сейсмическая энергия в 36.8 раза больше, чем в 2012 г., но в 2.6 раза меньше среднегодового значения за указанный период (рис. 5).

Самое сильное ($MLH=6.2$) мелкофокусное землетрясение района (25) произошло 8 декабря в 17^h24^m на глубине $h=40$ км. Оно ощущалось с интенсивностью в 5 баллов на о. Итуруп (пп. Рейдово ($\Delta=153$ км), в с. Горячие Ключи (154 км), г. Курильске (157 км), пп. Китовый (160 км) и Горный (160 км)) и 2 балла на о. Кунашир (пп. Южно-Курильск (282 км) и Горячий Пляж (288 км)).

Всего в районе отмечено 12 ощутимых землетрясений, все они мелкофокусные. Интенсивность всех, кроме (25), не превышала 3–4 баллов.

Для двух землетрясений (19 и 25) определены механизмы очагов (рис. 3). Событие (19), произошедшее 27 августа ($MLH=4.9$), классифицируется как взрез с вертикальной плоскостью северо-западного простирания. Землетрясение (25), зарегистрированное 8 декабря ($MLH=6.2$), также можно классифицировать как взрезное, однако плоскость крутого падения ориентирована вдоль островной дуги, альтернативная плоскость, вдоль которой происходит пологий сброс, падает на юго-запад.

В промежуточном слое сейсмичность снизилась: в интервале $h=81–173$ км зарегистрировано 12 землетрясений, из них только два с $M^p \geq 4.5$, что в 4.5 раза меньше среднегодового числа за 2001–2012 гг., суммарная сейсмическая энергия в 112 раз меньше, чем в 2012 г., и в 223 раза меньше среднегодового значения за указанный период (рис. 6).

В Кунашир-Шикотанском районе (№ 5) мелкофокусная сейсмическая активность снизилась: общее число мелкофокусных землетрясений из-за хороших условий регистрации достигло $N=295$ (табл. 1, 2), из них только 26 с $M^p \geq 4.5$, что на три события больше, чем в предыдущем году, и на четыре события меньше среднего значения за период 2001–2012 гг. Суммарная сейсмическая энергия в 2.2 раза ниже, чем в 2012 г., и в 7.3 раза ниже среднегодовых значений, рассчитанных для этого района за указанный период (рис. 5).

Самое сильное ($MLH=5.3$) мелкофокусное землетрясение (5) произошло 16 февраля в 22^h17^m на глубине $h=55$ км. Оно ощущалось в п. Малокурильское ($\Delta=52$ км) с интенсивностью в 4 балла, в пп. Южно-Курильск (109 км) и Горячий Пляж (112 км) $I=3–4$ балла, в пп. Головино (117 км), Лагунное (115 км), Менделеево (115 км) $I=3$ балла. Механизм очага этого землетрясения классифицируется как классический для данного региона надвиг с нодальными плоскостями, ориентированными вдоль островной дуги.

В промежуточном слое $h=81–156$ км зарегистрировано 53 землетрясения, число событий с $M^p \geq 4.5$ ($N=8$) в 2.1 раза меньше среднегодового значения за период 2001–2012 гг., а суммарная сейсмическая энергия – в 46 раз ниже среднего значения за указанный период (рис. 6).

Самое сильное ($MSHA=6.6$) землетрясение промежуточного слоя произошло 25 ноября в 07^h22^m на глубине $h=102$ км, оно ощущалось в пп. Горный ($\Delta=37$ км), Горячие Ключи (46 км), Малокурильское (104 км) с интенсивностью в 2–3 балла.

Всего в населенных пунктах Кунашир-Шикотанского района ощущались 20 землетрясений. Максимальная интенсивность сотрясений составила 4 балла (табл. 2).

Прим. ред. По данным [19] землетрясения, произошедшие в районе № 5, ощущались на территории японских островов с интенсивностью $I=I–IV$ по шкале JMA [32], что соответствует $I=1.5–6.5$ баллов шкалы MSK-64 [33, 34]. Дополнительно к 29 ощутимым землетрясениям района № 5 в [19] имеются сведения о 23 событиях, имеющих макросейсмический эффект на территории Японии [25].

Помимо упомянутого выше события, еще для четырех землетрясений были определены механизмы очагов. Землетрясение (2), зарегистрированное 5 января ($MSH=5.3$), со взрывным типом сейсмодислокации произошло в условиях сжатия вдоль островной дуги, что несколько необычно. Землетрясения (3) и (16), произошедшие 23 января ($MLH=4.5$) и 16 июля ($MLH=4.4$), имеют практически идентичные механизмы очагов взрезного типа с субвертикальной плоскостью вдоль островной дуги и поднятым юго-восточным крылом. Землетрясение (8),

зарегистрированное 5 апреля ($MSH=5.5$), можно классифицировать как сдвиг в условиях широтного сжатия и меридионального растяжения.

Восток о. Хоккайдо (№ 6) составляет лишь малую часть прежней территории района до 2004 г., поэтому сопоставления параметров сейсмического режима с данными 2001–2012 гг. не проводится.

Здесь в верхнем интервале глубины $h \leq 80$ км было зарегистрировано 51 землетрясение с магнитудой $M^P=2.9-4.9$; в интервале глубины $h=81-126$ км – 11 землетрясений с магнитудой $M^P=3.4-5.1$ (табл. 1, 2).

Макросейсмический эффект отмечен для двух землетрясений (6, 7), произошедших 9 марта: первое – в 12^h16^m ($h=103$ км, $MSH=5.2$), второе – в 20^h11^m ($h=54$ км, $MSH=5.4$), оба ощущались в п. Южно-Курильск ($\Delta=137$ и 184 км соответственно) с интенсивностью в 2 балла. Механизмы очагов этих событий являются сбросовыми с небольшой сдвиговой компонентой, ось субгоризонтального растяжения направлена на северо-северо-восток для первого землетрясения и на север для второго.

Прим. ред. Упомянутые выше ощутимые землетрясения вызвали на территории японских островов сотрясения с интенсивностью $I=III$ по шкале JMA [19, 32], что соответствует $I=5$ баллов по шкале MSK-64 [33, 34]. Дополнительно в [19] имеются сведения о 19 землетрясениях из района № 6, которые ощущались на территории Японии [25].

В **Охотском море (№ 8)** зарегистрировано десять мелкофокусных (одно – с $M^P \geq 4.5$) и 34 глубокофокусных ($h=101-620$ км) землетрясения (табл. 1, 2), 17 из них – с $M^P \geq 4.5$, что на три события меньше, чем в предыдущем году, и на два события больше среднего значения за период 2001–2012 гг. Суммарная сейсмическая энергия в 84 раза превысила величину 2012 г., оставаясь в 6.8 раза меньше среднего значения за указанный период (рис. 6).

Самое сильное землетрясение (22) зарегистрировано 1 октября в 03^h38^m ($h=565$ км, $MSH=7.1$). Механизм очага классифицируется как сдвиг, хотя вдоль обеих плоскостей отмечается заметная сбросовая компонента.

Прим. ред. Событие (22) является афтершоком сильнейшего глубокого землетрясения 24 мая в 05^h44^m с $h=630$ км, $M_w=8.3$, произошедшего на границе Курило-Охотского и Камчатского регионов [35, 36]. По данным Камчатского филиала ГС РАН землетрясение (22) ощущалось в населенных пунктах Камчатского края с интенсивностью до 3 баллов.

Макросейсмический эффект проявило одно землетрясение (17), произошедшее 4 августа в 15^h56^m ($h=368$ км, $MSH=5.8$), интенсивность сотрясений составила 3 балла в п. Мало-Курильское ($\Delta=305$ км), 2 балла – в п. Южно-Курильск (310 км). Механизм очага классифицируется как сдвиговый.

Механизм очага определен также для события (20), произошедшего 31 августа в 23^h52^m ($h=377$ км, $MSH=5.7$), тип сейсмодислокации относительно поверхности – взрез с большой сдвиговой компонентой.

Прим. ред. Следует отметить, что существующая конфигурация сети сейсмических станций (рис. 1) не позволяет локализовать значительное число землетрясений, особенно на севере региона. По данным каталогов агентств ISC [19], KRSC [35], в Парамуширском и Онекотан-Матуанском районах (№ 1, № 2) произошло еще 81 землетрясение, 11 из них имеют магнитуду $M \geq 4.5$. В районе Охотское море (№ 8) произошло дополнительно 39 землетрясений. Небольшое число землетрясений малой магнитуды пропущено в остальных районах. Все они приведены в дополнении [37] и, при востребованности читателей, могут быть использованы совместно с [24] для уточнения параметров локальной сейсмичности.

Заключение. В целом условия регистрации землетрясений в Курило-Охотском регионе в рамках зоны ответственности СФ ФИЦ ЕГС РАН по сравнению с предыдущим годом изменений не претерпели, как и методики обработки. В региональный каталог за 2013 г. включены параметры 863 землетрясений. Для 38 событий получены сведения о макросейсмических проявлениях. Определены механизмы очагов 23 землетрясений методом полярности первых вступлений.

Сильнейшее землетрясение в 2013 г. зарегистрировано 19 апреля в 03^h05^m и имело магнитуду $M_{w,per}=7.0$. Сейсмичность региона в 2013 г. можно считать умеренной, среднее количество зарегистрированных событий и их суммарная сейсмическая энергия по региону в целом не превышают средних величин за 13-летний период. Повышенная активность отмечалась в Симушир-Урупском районе, также возросли число и сила глубокофокусных событий в северной

части района № 8 (Охотское море), что связано с сильным глубокофокусным событием 24 мая в $05^{\text{h}}44^{\text{m}}$ с $h=630$ км, $M_w=8.3$ вне зоны ответственности филиала.

Судя по распределению гипоцентров землетрясений и преимущественной ориентации осей напряжений максимального сжатия определенных механизмов очагов, ортогональной островной дуге, большинство землетрясений Курило-Охотского региона по-прежнему относятся к процессу поддвига Тихоокеанской океанической литосферной плиты под Охотоморскую. Менее сильные и частые события, не относящиеся к данной сейсмогенной зоне, в основном происходят в сейсмогенерирующем слое погруженной Тихоокеанской плиты, также регистрируются более редкие внутриплитовые коровые землетрясения в пределах Охотоморской плиты. Аномалий, не относящихся к данной устойчивой ситуации, а также резких сейсмических активизаций в пределах зоны ответственности в 2013 г. выявлено не было, произошедшие землетрясения можно считать характерным для региона сейсмическим фоном.

Л и т е р а т у р а

1. **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.
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 и сеть цунами Сахалина 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., Дорошкевич Е.Н., Костылев Д.В.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 172–183.
5. **Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Кузнецова В.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И.** Принципы формирования и состав алгоритмического обеспечения регионального центра обработки сейсмологических наблюдений (на примере Дальнего Востока) // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. Методические работы ЕССН. – М.: Наука, 1989. – С. 32–51.
6. **Миталёва Н.А., Бойчук А.Н.** Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 144–154.
7. **Поплавская Л.Н., Миталёва Н.А., Бобков А.О., Бойчук А.Н., Рудик М.И.** Землетрясения Курило-Охотского региона // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М.: Наука, 1996. – С. 91–100.
8. **Тараканов Р.З.** Новые годографы P - и S -волн для Дальневосточного региона. – Владивосток: ДВО РАН, 2005. – 196 с.
9. **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.
10. **Тараканов Р.З., Ким Чун Ун, Сухомлинова Р.И.** Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. – М.: Наука, 1977. – С. 67–75.
11. **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.
12. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–23.
13. **Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л.** Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.
14. **Вермишева Л.Ю., Гангнус А.А.** Применение типизации подвижек в очагах землетрясений для решения сеймотектонических задач // Физика Земли. – 1977. – № 3. – С. 103–109.

15. **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, 1984. – 55. – No. 3. – P. 15.
16. **Сафонов Д.А., Коновалов А.В.** Апробация вычислительной программы ФОСМЕС для определения фокальных механизмов землетрясений Курило-Охотского и Сахалинского регионов // Тихоокеанская геология. – 2013. – 32. – № 3. – С. 102–117.
17. **Сейсмологический бюллетень (сеть телесеismicических станций), 2013** // ФИЦ ЕГС РАН [Сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013
18. **Japan Meteorological Agency.** – URL: <https://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>
19. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
20. **Фокина Т.А., Дорошкевич Е.Н., Нагорных Т.В., Сафонов Д.А.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии. 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 180–187.
21. **Габсатарова И.П.** Границы сейсмоактивных регионов с 2004 г. // Землетрясения России в 2004 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 139.
22. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 272 с.
23. **Гутенберг Б., Рихтер К.Ф.** Магнитуда, интенсивность, энергия и ускорение как параметры землетрясений (II) // Слабые землетрясения. – М.: ИЛ, 1961. – С. 72–119.
24. **Дорошкевич Е.Н., Фокина Т.А. (отв. сост.), Пиневиц М.В., Швидская С.В. (сост.).** Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
25. **Фокина Т.А., Лукаш Н.А., Левина В.И. (сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Курило-Охотского региона и прилегающих территорий в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
26. **Гладырь Ж.В. (отв. сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
27. **Пойгина С.Г., Лукаш Н.А., Фокина Т.А. (сост.).** Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений в Курило-Охотском регионе 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
28. **Сафонов Д.А.** Урупская серия землетрясений 2012–2013 гг. с магнитудой до $M_{w,per}=7.0$ (Курильские острова) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 477–784. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.42
29. **Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.), Пиневиц М.В., Швидская С.В. (сост.).** Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2010 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016 – (На CD).
30. **Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Дорошкевич Е.Н., Михайлов В.И.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016. – С. 199–210.
31. **Рогожин Е.А., Левина В.И.** Симуширские землетрясения 15 ноября 2006 г. (I) и 13 января 2007 г. (II) с $M_w=8.3$ и $M_w=8.1$ (Средние Курилы) // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 326–338.
32. **Hisada T., Nakagawa K.** Recent Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildings. – Japan: 1958.
33. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР. 1965. – 11 с.
34. **Миталева Н.А. (отв. сост.), Брагина Г.И., Пиневиц М.И., Шолохова А.А., Садчикова А.А., Левит Е.В.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 195–211.
35. **Сенюков С.Л., Дрознина С.Я. (отв. сост.), Карпенко Е.А., Леднева Н.А., Назарова З.А., Кожевникова Т.Ю., Митюшкина С.В., Напылова Н.А., Раевская А.А., Ромашева Е.И. (сост.).** Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.

36. Чеброва А.Ю., Абубакиров И.Р., Гусев А.А., Дрознина С.Я., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Титков Н.Н., Чебров Д.В. Охотоморское-III землетрясение 24 мая 2013 г. с $M_{w\text{per}}=8.3$, $I_0=6$ (Охотское море) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 377–396. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.34
37. Левина В.И., Лукаш Н.А. (сост.). Дополнение к каталогу землетрясений Курило-Охотского региона за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.

METADATA IN ENGLISH

KURIL-OKHOTSK REGION

Fokina T.A.¹, Safonov D.A.^{1,2}, Dorishkevich E.N.¹, Kostylev D.V.¹

¹*Sakhalin branch of Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences,
Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, fokina@seismo.sakhalin.ru*

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

Abstract. The review of annual seismicity of Kuril-Okhotsk region is submitted. Parameters of 863 earthquakes are determined by records of four Kuril stations. Their distribution on hypocenter depth is given. The maximal depth has made $h=620$ km in 2013. The distribution of earthquakes on magnitude and their summarized energy on areas of the region is given. The map of epicenters, together with focal mechanisms for 23 earthquakes is shown. For each area seismic conditions are described.

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

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.16

For citation: Fokina, T.A., Safonov, D.A., Dorishkevich, E.N., & Kostylev, D.V. (2019). Kuril-Okhotsk Region. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 184–197. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.16

R e f e r e n c e s

1. 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.).
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 and tsunami stations of Sakhalin in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
4. Fokina, T.A., Safonov, D.A., Doroshkevich, E.N., & Kostylev, D.V. (2018). Kuril-Okhotsk region. *Earthquakes in Northern Eurasia*, 21 (2012), 172–183. (In Russ.).
5. 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 *Seismologicheskiye 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.).
6. Mitalyova, N.A., & Bojchuk, A.N. (1988). [Earthquakes of the Kuril-Okhotsk Region]. In *Zemletryaseniia v SSSR v 1985 godu* [Earthquakes in the USSR, 1985] (pp. 144–154). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
7. Poplavskaya, L.N., Mitalyova, N.A., Bobkov, A.O., Bojchuk, A.N., & Rudik, M.I. (1996). [Earthquakes of the Kuril-Okhotsk Region]. In *Zemletryaseniia v SSSR v 1990 godu* [Earthquakes in the USSR, 1990] (pp. 91–100). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
8. Tarakanov, R.Z. (2005). *Novye godografy P- i S-P-voln dlya Dal'nevostochnogo regiona* [New hodographs of P and S-P-waves for the Far Eastern region]. Vladivostok, Russia: FEB RAS Publ., 196 p.

9. 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 seismologicheskikh nablyudeniy (Vychislitel'naya seismologiya T.12)*. [Theory and analysis of seismological observations (Computing seismology R.12)] (pp. 45–58). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
10. Tarakanov, R.Z., Kim, Ch.U., & Suhomlinova, R.I. (1977). [Regularities of the spatial distribution of the hypocenters of the Kuril-Kamchatka and Japanese regions and their relationship with the peculiarities of geophysical fields]. In *Geofizicheskie issledovaniya zony perekhoda ot Aziatskogo kontinenta k Tihomu okeanu* [Geophysical studies of the transition zone from the Asian continent to the Pacific Ocean] (pp. 67–75). Moscow, Russia: Nauka 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. 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.).
13. 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.).
14. Vermisheva, L.Y., & Gangnus, A.A. (1977). [Application of typification of movements in the focus of earthquakes for solving seismotectonic problems]. *Fizika Zemli* [Izvestiya, Physics of the Solid Earth], 3, 103–109. (In Russ.).
15. Snoke, J.A. (1984). A program for focal mechanism determination by combined use of polarity and SV-P amplitude ratio data. *Earthquake notes*, 55, 15.
16. Safonov, D.A., & Konovalov, A.V. (2013). [Testing the FOCMEC computing program to determine the focal mechanisms of earthquakes in the Kuril-Okhotsk and Sakhalin regions]. *Tihookeanskaya geologiya*. [Pacific geology], 32(3), 102–117. (In Russ.).
17. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations. (2019). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013/
18. Japan Meteorological Agency. (2019). Retrieved from <https://www.jma.go.jp/jma/indexe.html>
19. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
20. Fokina, T.A., Doroshkevich, E.N., Nagornyh, T.V., & Safonov, D.A. (2010). [Kuril-Okhotsk Region] In *Zemletryaseniia severnoi Evrazii v 2004 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2004] (pp. 180–187). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
21. Gabsatarova, I.P. (2007). [Borders of seismoactive regions of Russia since 2004]. In *Zemletryaseniia Rossii v 2004 godu*. [Earthquakes of Russia in 2004] (p. 139). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
22. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabludenii na seismicheskikh stantsiiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabludenii 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.).
23. 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.).
24. Doroshkevich, E.N., Fokina, T.A., Pinevich, M.V. & Shvidskaya, S.V. (2019). [Catalog of earthquakes of Kuril-Okhotsk Region]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
25. Fokina, T.A., Lukash, N.A. & Levina, V.I. (2019). [The macroseismic effect of tangible earthquakes in the settlements of Kuril-Okhotsk Region in 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
26. Gladyr, J.V. (2019). [Catalog of the mechanisms of the foci of the Kuril-Okhotsk Region earthquakes in 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
27. Pojgina, S.G., Lukash, N.A. & Fokina, T.A. (2019) [Information about points for which there is information about macroseismic manifestations of tangible earthquakes in the Kuril-Okhotsk region in 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).

28. Safonov, D.A. (2019). The Urup earthquake sequence 2012–2013 with magnitude up to $M_{w,reg}=7.0$ (Kuril Islands). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 477–784. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.42
29. Doroshkevich, E.N., Pinevich, M.V., & Shvidskaya, S.V. (2016). [Catalog of earthquakes of Kuril-Okhotsk Region in 2010]. In *Zemletryaseniia severnoi Evrazii v 2010 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2010] (Appendix on CD). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
30. Fokina, T.A., Safonov, D.A., Doroshkevich, E.N., & Mihajlov, V.I. (2016). [Kuril-Okhotsk region]. In *Zemletryaseniia severnoi Evrazii v 2010 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2010] (pp. 199–210). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
31. Rogozhin, E.A., & Levina, V.I. (2013). [Simushir earthquakes on November 15, 2006 (I) and January 13, 2007 (II) with $M_w=8.3$ and $M_w=8.1$ (Middle Kuril Islands)]. In *Zemletryaseniia severnoi Evrazii v 2007 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2007] (pp. 326–338). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
32. Hisada, T., & Nakagawa, K. (1958). *Recent Japanese Developments in Engineering Seismology and Their Application to Buildings*. Building Research Institute, Ministry of Construction, Japanese Government.
33. Medvedev, S.V. Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p.
34. Mitaleva, N.A., Bragina, G.I., Pinevich, M.I., Sholohova, A.A., Sadchikova, A.A., & Levit, E.V. (1999). [Kuril-Okhotsk Region] In *Zemletryaseniia severnoi Evrazii v 1993 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 1993] (pp. 195–211). Moscow, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
35. Seniukov, S.L., Droznina, S.Ia., Karpenko, E.A., Ledneva, N.A., Nazarova, Z.A., Kozhevnikova, T.Iu., Mityushkina, S.V., Napylova, N.A., Raevskaia, A.A., Romasheva, E.I. (2019). Kamchatka and Commander Islands earthquake catalog for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
36. Chebrova, A.Yu., Abubakirov, I.R., Gusev, A.A., Droznina, S.Ya., Lander, A.V., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Saltykov, V.A., Titkov, N.N., & Chebrov, D.V. (2019). Okhotsk-III earthquake 24.05.2013 with $M_{w,reg}=8.3$. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 377–396. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.34
37. Levina, V.I., & Lukash, N.A. (2019). Addition to the catalog of earthquakes of the Kuril-Okhotsk region for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).