

**КРИЛЬОНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 25 ноября 2013 г.**с  $M_w=5.2$ ,  $I_0^p=6-7$  (о. Сахалин)Е.П. Семёнова<sup>1</sup>, Д.А. Сафонов<sup>1,2</sup>, Т.А. Фокина<sup>1</sup><sup>1</sup>Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия, [semenova@seismo.sakhalin.ru](mailto:semenova@seismo.sakhalin.ru)<sup>2</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия, [d.safonov@imgg.ru](mailto:d.safonov@imgg.ru)

**Аннотация.** 25 ноября 2013 г. в 03<sup>h</sup>23<sup>m</sup> UTC в акватории пр. Лаперуза было зарегистрировано землетрясение с магнитудой  $M_{wGCMT}=5.2$ . Это землетрясение явилось самым сильным на юге о. Сахалин в 2013 году. Оперативное определение параметров землетрясения было выполнено по данным региональной сети Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН с привлечением данных глобальной сети IRIS (GSN) и станций Университета Хоккайдо. Полученные параметры землетрясения по региональной сети хорошо согласуются с данными международных сейсмологических центров. Максимальная интенсивность сотрясений в отдельных населенных пунктах юго-западного побережья Сахалина составила 4–5 баллов по шкале MSK-64, на острове Хоккайдо – I–III по шкале JMA. Подвижка в очаге землетрясения 25 ноября 2013 г. реализовалась в условиях близгоризонтального сжатия, тип сейсмодислокации – взброс. Возникновение землетрясения 2013 г. в зоне контакта основных региональных тектонических структур – Западно-Сахалинского и Центрально-Сахалинского разломов – связано с развитием двух связанных диагональных депрессий, как бы накатывающихся на основание п-ва Крильон. Привлечение к наблюдениям данных локальной сети полевых станций Южного Сахалина было выполнено с целью отслеживания сейсмического режима в эпицентральной зоне Крильонского землетрясения. Результаты детальных наблюдений в эпицентральной зоне землетрясения 25 ноября 2013 г. представлены в данной статье.

**Ключевые слова:** землетрясение, магнитуда, механизм очага, афтершок, интенсивность, сейсмичность.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.41

Для цитирования: 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

**Введение.** 25 ноября 2013 г. между островами Сахалин и Хоккайдо в акватории пр. Лаперуза было зарегистрировано землетрясение с магнитудой  $M_{wGCMT}=5.2$ . От географического названия м. Крильон, ближайшего к эпицентру, землетрясение получило название Крильонское. Расстояние от эпицентра землетрясения до крайней точки о. Сахалин – м. Крильон – составило 26 км, до м. Соя на Хоккайдо – соответственно 33 км.

Крильонское землетрясение 2013 г. с магнитудой  $M_w=5.2$  является четвертым событием с  $M>5$  за последние 20 лет в череде таких сильных землетрясений как Углегорское 4 августа 2000 г. ( $M_w=7.0$ ) [1], Горнозаводское 2006 г. ( $M_w=5.7$ ) [2], Невельское 2007 г. ( $M_w=6.2$ ) [3], эпицентры которых трассируют систему Западно-Сахалинских разломов.

**Инструментальные данные.** В табл. 1 и на рис. 1 приведены результаты определения параметров землетрясения 25 ноября 2013 г. по данным Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН (три верхние строки таблицы) и международных сейсмологических агентств.

**Таблица 1.** Основные параметры Крильонского землетрясения 25 ноября 2013 г. по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi$ , км	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SKHL (YSS)	03 23 52.9	0.50	45.856		141.823		10.3	4.60	$MPSP=5.7$ , $MS=5.1$ , $ML=5.5$ , $K_c=11.6$	[4]
SKHL (ОСО СД)	03 23 52.60	0.60	45.88	0.02	141.79	0.09	12	3	$MPVA=5.5/23$ , $MLH=5.1/4$ , $M_{w_{per}}=5.1$	[5]

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi$ , км	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SKHL (ОПН)	03 23 53.12	0.01	45.790	0.96	141.783	1.39	12.57	1.70	$ML=5.2$ , $K_p=13.3$	[6]
GS RAS	03 23 53.80	0.93	45.895		141.781		26		$MPSP=5.7/77$ , $MS=5.1/30$	[7]
EMSC	03 23 57.00		45.94		141.89		40		$m_b=5.4$	[8]
NEIC	03 23 54.53	2.18	45.869		141.726		19.5	2.7	$M_w=5.1$ , $m_b=5.6/484$ , $M_s_{20}=4.8/125$	[9]
GCMT	03 23 57.50	0.10	45.930		141.630		20.6	0.4	$M_w=5.2/121$	[9]
JMA	03 23 52.50	0.30	45.990		141.810		22	2.0	$M=5.2$	[10]
ISC	03 23 55.06	0.31	45.858		141.799		23.8	1.99	$m_b=5.6/392$ , $M_s=4.9/126$	[9]
							24.0 <sub>pp</sub>			

Примечание: SKHL (YSS) – региональный информационно-обрабатывающий центр «Южно-Сахалинск»; SKHL (ОСО СД) – отдел сводной обработки сейсмологических данных Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН; SKHL (ОПН) – отдел полевых наблюдений Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН; в графе 10 в знаменателе дроби приведено количество станций.

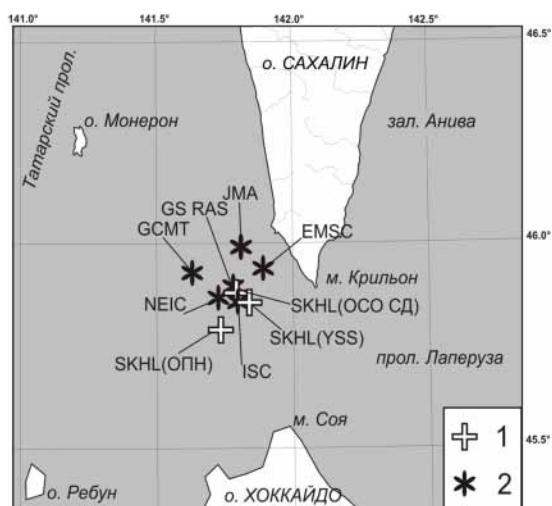


Рис 1. Варианты положения эпицентра землетрясения 25 ноября 2013 г. с  $M_w_{GCMT}=5.2$   
 1 – решения SKHL; 2 – решения других агентств.

Обращает на себя внимание компактное расположение всех решений. Разброс в положении эпицентра находится в диапазоне  $\varphi=48.79^\circ-48.99^\circ$ ,  $\delta=141.63^\circ-141.89^\circ$ . Одностороннее расположение станций локальной сети юга Сахалина (SKHL ОПН) и сейсмологической сети Японского метеорологического агентства (JMA) «отодвинуло» положение эпицентра в противоположные стороны.

Глубина очага Крильонского землетрясения по данным из табл. 1 колеблется в диапазоне  $h=10-40$  км, что соответствует известным заключениям о тектонике о. Сахалин [15]. Земная кора под Сахалином типично континентальная с уменьшением толщины в сторону омывающих его окраинных дальневосточных морей.

Величина землетрясения по данным табл. 1 наилучшим образом характеризуется двумя близкими энергетическими оценками: магнитудой по поверхностной волне  $MS=5.1$  и моментной магнитудой  $M_{w_{per}}=5.1$ . В группе объемных волн магнитудные значения  $m_b$  и  $MPSP$  завышены, однако между собой и эти оценки хорошо согласуются.

По имеющимся инструментальным данным о параметрах землетрясения ( $MS=5.1$  и  $M_w=5.1$ ) из табл. 1 и уравнению макросейсмического поля [16]:






$$I_0=b \cdot M-s \cdot \lg h+c,$$

где соответствующие для Сахалина значения  $b=1.60 \pm 0.05$ ;  $s=4.3 \pm 0.6$ ;  $c=3.3 \pm 0.6$  [17], расчетная интенсивность сотрясений в эпицентре может составлять от  $I_{01}=6-7$  баллов для глубины  $h=12$  км до  $I_{02}=5-6$  баллов для  $h=24$  км.

В обоих случаях проверить достоверность проведенных расчетов проблематично, так как эпицентр землетрясения находился в акватории пролива Лаперуза на значительном расстоянии от населенных пунктов. Учитывая среднее значение глубины афтершоков  $h=11.3$  км [6], а также значение глубины ( $h=12$  км), принятое при расчете коэффициента затухания, можно отдать предпочтение глубине  $h=12$  км. Тогда  $I_{01}=6-7$  баллов. (Прим. ред.).

**Механизм очага** землетрясения 25 ноября 2013 г. был определен с помощью вычислительного модуля FOCMEC [18], интегрированного в комплекс сейсмологических программ SEISAN [19]. Всего было задействовано 53 знака четких вступлений первых движений  $P$ -волны, зарегистрированных на вертикальной компоненте записей сейсмических колебаний. В соответствии с полученным решением, подвижка в очаге землетрясения 25 ноября 2013 г. реализовалась в условиях близгоризонтального восток–северо-восточного сжатия, тип сейсмодислокации – взбросовый. Нодальные плоскости ориентированы на север–северо-запад, одна из них ( $NP1$ ) под углом  $DP=40^\circ$  падает на запад–юго-запад, вторая ( $NP2$ ) – чуть более круто  $DP=50^\circ$ , на восток–северо-восток. Полученное решение согласуется с известными решениями NIED [20], NEIC [21] и GCMT [22] с хорошей точностью (табл. 2).

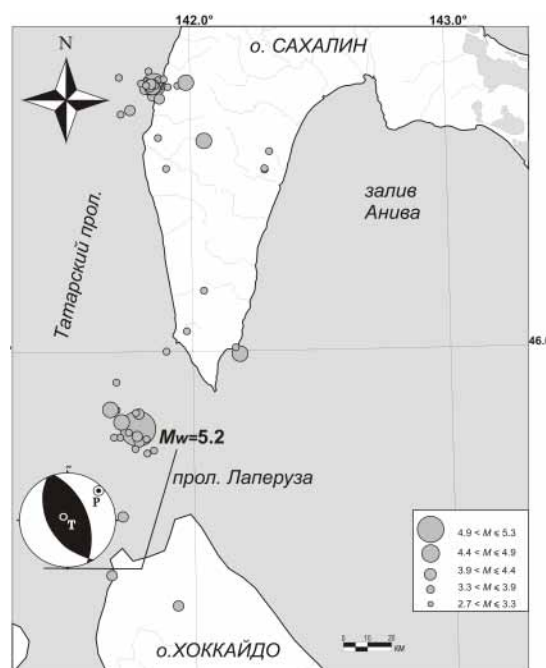
**Таблица 2.** Параметры механизма очага землетрясения 25 ноября 2013 г. по данным СФ ФИЦ ЕГС РАН и других источников [20–22]

Агент-ство	Оси главных напряжений				Нодальные плоскости						Тип сейсмодислокации	Стереодиаграмма механизмов (нижняя полусфера)	Источник
	$T$		$P$		$NP1$			$NP2$					
	PL	$A_z$	PL	$A_z$	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP			
SKHL	83	290	5	65	149	40	82	339	50	97	взброс		[23]
NIED	72	72	18	264	171	63	86	360	27	98	взброс		[20]
GCMT	73	116	14	260	179	60	101	337	32	72	взброс		[22]
NEIC	79	67	10	258	167	56	88	351	35	94	взброс		[21]
ИМГиГ ДВО РАН	66	35	17	263	159	64	71	17	32	123	взброс		[24, 25]

**Афтершоки.** Крильонское землетрясение сопровождалось немногочисленным афтершоковым процессом. В течение месяца локальной сетью юга Сахалина было зарегистрировано 17 афтершоков с магнитудой  $M=2.7$  и выше. [6]. 11 афтершоков произошли в первые сутки после основного толчка. Еще шесть повторных толчков было зарегистрировано в декабре. Суммарная сейсмическая энергия афтершоков составила 7.7 % энергии главного толчка.

Все афтершоки компактно распределены по глубине в диапазоне  $h=10.0-12.8$  км. Облако эпицентров афтершоков вытянуто в север–северо-западном направлении, что соответствует простиранию обеих нодальных плоскостей в механизме очага Крильонского землетрясения (рис. 2).

**Рис. 2.** Карта афтершоков Крильонского землетрясения по данным каталога землетрясений локальной сети полевых станций Южного Сахалина [6]



**Макросейсмические проявления.** Первоначальные данные об интенсивности сотрясений землетрясения 25 ноября 2013 г. были получены оперативными службами. Уже в первые минуты после подземного толчка на сейсмическую станцию «Южно-Сахалинск» поступали многочисленные сообщения от населения, наибольшую обеспокоенность выражали жители верхних этажей многоэтажных зданий областного центра ( $\Delta=140$  км). Землетрясение ощутили во всех населенных пунктах Южного Сахалина, наибольший макросейсмический эффект был отмечен в Невельском и Анивском районах, населенные пункты которых расположены соответственно на восточном и западном побережье п-ва Крильонский. Подробное описание макросейсмических проявлений землетрясения на Сахалине приведено в приложении к наст. ежегоднику [26]. В табл. 3 приведена оценка интенсивности сотрясений на о. Сахалин по результатам макросейсмического обследования сотрудниками отдела сводной обработки СФ ФИЦ ЕГС РАН, в табл. 4 – интенсивность сотрясений на о. Хоккайдо по данным Японского метеорологического агентства [10].

**Таблица 3.** Данные о макросейсмических проявлениях Крильонского землетрясения 25 ноября 2013 г. с  $M_w=5.2$  на территории о. Сахалин

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<u>4–5 баллов</u>					<u>3–4 балла</u>				
1	с. Шебунино	62	46.43	141.86	14	г. Корсаков	112	46.64	142.78
2	с. Горнозаводск	77	46.57	141.82	15	с. Озерский	131	46.61	143.13
<u>4 балла</u>					16	с. Новотроицкое	132	46.90	142.67
3	о-в Монерон	63	46.25	141.24	17	с. Троицкое	133	46.93	142.64
4	г. Невельск	90	46.69	141.86	18	г. Южно-Сахалинск	141	46.96	142.76
5	с. Таранай	97	46.62	142.42	<u>3 балла</u>				
6	с. Зеленодольск	97	46.67	142.32	19	мыс Крильон	24	45.90	142.08
7	с. Золоторыбное	103	46.68	142.48	20	с. Огоньки	110	46.78	142.39
8	с. Рыбацкое	107	46.70	142.53	21	с. Калинино	111	46.87	141.96
9	г. Анива	109	46.72	142.53	22	с. Соловьевка	119	46.73	142.73
10	с. Песчанское	112	46.73	142.57	23	с. Бамбучек	123	46.94	142.28
11	с. Воскресенское	114	46.77	142.52	24	с. Успенское	123	46.85	142.57
12	с. Петропавловское	114	46.78	142.50	25	г. Холмск	130	47.04	142.04
13	с. Правда	119	46.95	142.01	26	с. Новиково	132	46.36	143.36
					<u>2–3 балла</u>				
					27	с. Углезаводск	171	47.32	142.63

**Таблица 4.** Данные о макросейсмических проявлениях Крильонского землетрясения 25 ноября 2013 г. с  $M_w=5.2$  на территории о. Хоккайдо

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<u>I=III</u>					<u>I=I</u>				
1	Wakkanai-shi Soya Cape	41	45.52	141.91	13	Soya Shigeyuki cho	121	44.94	142.58
2	Wakkanai-city fortune-telling (old)	53	45.41	141.67	14	Sakae-cho Honmachi cho Honmachi	129	44.72	141.79
3	Toyotomi-cho West 6	86	45.10	141.78	<u>I=I</u>				
4	Sarufuto village Asakayano	86	45.19	142.27	15	Rishiri town shape	83	45.24	141.22
5	Horonobe-cho Miyano-cho	96	45.02	141.85	16	Rishiri Fuji-cho Nagariya	92	45.19	141.14
<u>I=II</u>					17	Hamatonbetsu-cho Kukuchialo	95	45.12	142.36
6	Sarufuto village Hiroyoshi Saku	66	45.33	142.11	18	Hakatsubetsu Town Nakatsuboti	108	44.96	142.24
7	Wakkanai-shi Numawa river	70	45.25	141.85	19	Soya Hanokicho Misakicho	119	44.96	142.58
8	Rebun-cho Uenoshida	75	45.44	141.05	20	Kamikawa Nakagawa town Nakagawa	121	44.81	142.07
9	Rebun-cho Sailing overnight	77	45.44	141.04	21	Wakkanai City Megumi North	121	44.81	142.07
10	Rebun-cho Kaorin	86	45.30	141.05	22	Soya Shigeyuki cho Honcho (old)	122	44.94	142.58
11	Rishiri Fujicho Kito Era	92	45.13	141.30					
12	Teshio-cho Kawaguchi	110	44.89	141.75					

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
23	Soya Hanako cho Utomo east town	124	44.83	142.32	25	Havamavama district village Hayama Yabu	150	44.53	141.77
24	Otoshihisaku Village Michihiko Fuji	134	44.72	142.26	26	Hadorori cho Nashi-guchi	164	44.43	141.42
					27	Hadoro cho Namachi	169	44.36	141.70
					28	Kochi-cho Koubea	209	44.36	143.36

Примечание. Приведены данные японского метеорологического агентства JMA [10]; интенсивность дана по шкале JMA [27]: I=III характеризуется как умеренное землетрясение: вызывает сотрясение домов и строений, сильное дребезжание окон и дверей, раскачивание висячих предметов, иногда остановку маятниковых часов, приводит в движение воду в сосудах. Некоторые люди от страха выбегают из домов; I=II характеризуется как слабое: ощущается большинством лиц, вызывает слабое дрожание окон и решетчатых выдвижных дверей японского типа; I=I характеризуется как легкое землетрясение: слабо ощущается людьми, находящимися в состоянии покоя или особо чувствительными к землетрясению.

На рис. 3 приведена карта-схема интенсивности сотрясений землетрясения 25 ноября 2013 г. в населенных пунктах о. Сахалин и о. Хоккайдо.

Как видно из рис. 3, интенсивность сотрясений указана по данным двух сейсмологических центров – СФ ФИЦ ЕГС РАН и Японского метеорологического агентства, – которые используют для оценки интенсивности сотрясений разные макросейсмические шкалы: на Сахалине – шкала MSK–64 [28], на Хоккайдо – шкала JMA [27].

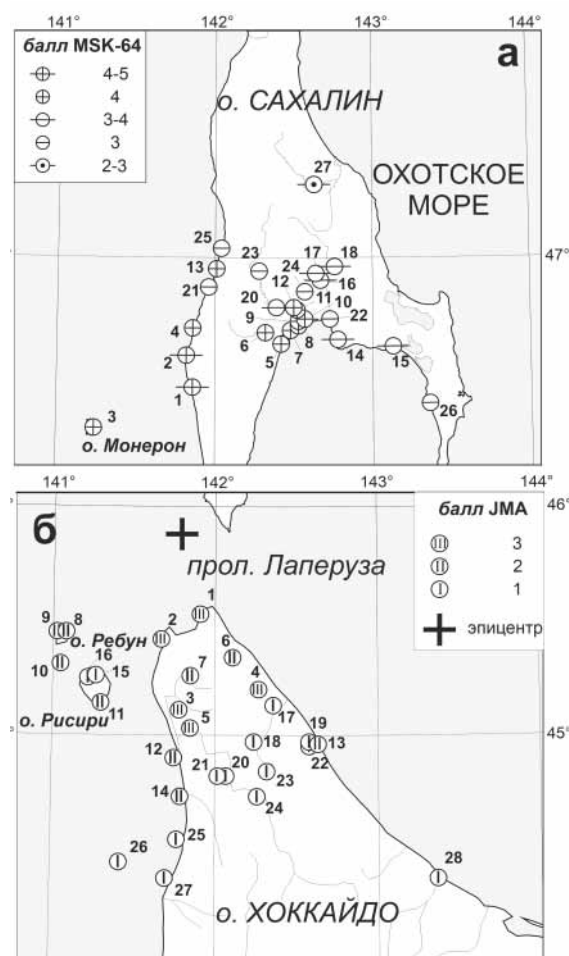
**Рис. 3.** Карта-схема интенсивности сотрясений в населенных пунктах о. Сахалин (а) и о. Хоккайдо (б) от Крильонского землетрясения 25 ноября 2013 г.

Номера населенных пунктов на рис. 3а и рис. 3б соответствуют данным табл. 3 и табл. 4 соответственно. Приближенное соответствие оценок интенсивности сотрясений по шкалам JMA и MSK–64 следующее: I ~ 1–2 балла; II ~ 3–4 балла; III ~ 5 баллов; [29]

В случае, когда методики получения макросейсмических данных существенно отличаются, их сложно сравнивать между собой.

На рис. 3 видно, как быстро затухает интенсивность макросейсмического воздействия в субширотном направлении. Можно предположить, что это обусловлено особенностью геологических условий. Рельеф полуострова Крильонский характеризуется продолжением островной системы меридиональных поднятий и понижений Западно-Сахалинских гор, которая под проливом Лаперуза соединяется с меридиональными хребтами о. Хоккайдо. Со стороны края отмели Японского моря сказывается существование крупной диагональной впадины. Таким образом, субмеридиональные поднятия Сахалина и Хоккайдо частично поглощают энергию сейсмических волн от землетрясения.

На рис. 4 представлен график затухания интенсивности по данным макросейсмического обследования СФ ФИЦ ЕГС РАН. Данные по м. Крильон, полученные от гидрометеостанции, нашли свое отражение на рисунке, но для расчетов коэффициентов затухания использованы не были по причине занижения величины интенсивности сотрясений. При глубине гипоцентра Крильонского землетрясения  $h=12$  км коэффициент затухания  $\nu=4.9$  несколько завышен, но в целом соответствует принятому для Сахалина значению  $\nu=4.3\pm 0.6$  [10].



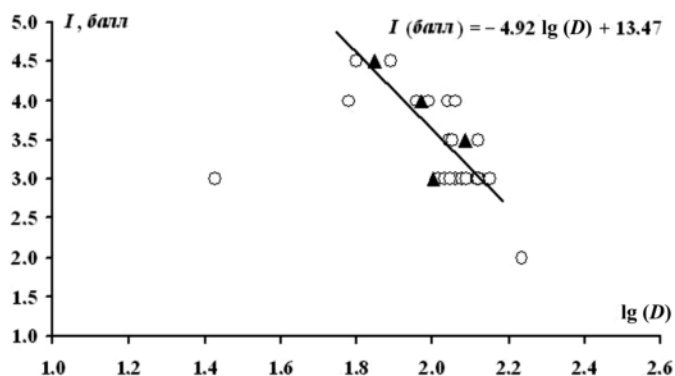


Рис. 4. График затухания интенсивности сотрясений Крильонского землетрясения 25 ноября 2013 г. на Сахалине

На рис. 5 приведена спектрограмма Крильонского землетрясения для станции «Южно-Сахалинск». Максимальные значения амплитуд колебаний отмечены в группе S-волн в интервале частот 0.6–2.3 Гц. Этот интервал частично перекрывается диапазоном 1–100 Гц. Возможно, низкочастотные сейсмические колебания генерировали акустические волны, что и вызвало у населения негативные ощущения.

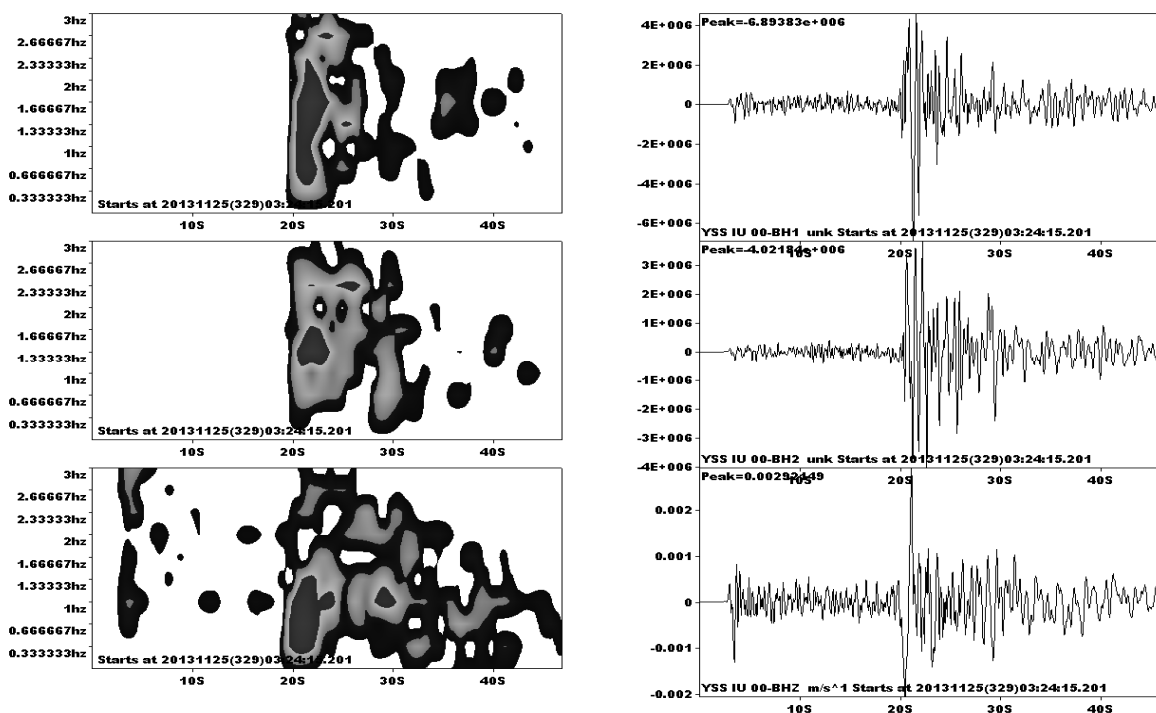
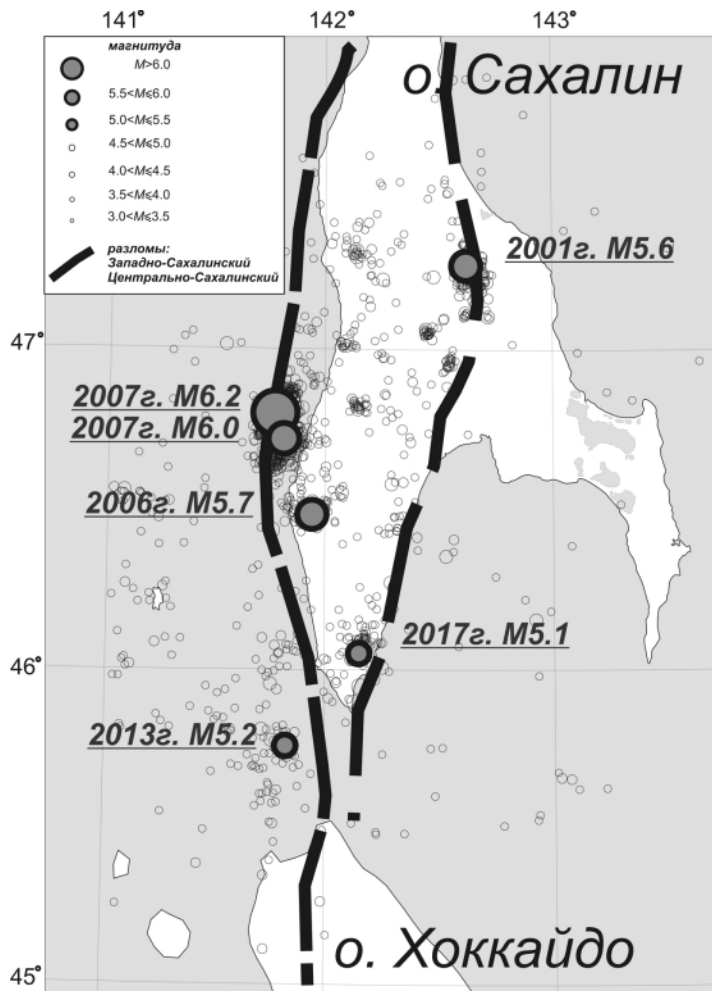


Рис. 5. Спектрограммы землетрясения 25 ноября 2013 г. с магнитудой  $M_w=5.2$ , выполненные по данным сейсмической станции «Южно-Сахалинск», и соответствующие волновые формы

**Современная сейсмичность и тектоническая позиция очаговой зоны Крильонского землетрясения 25 ноября 2013 г.** Крильонское землетрясение 25 ноября 2013 г. с магнитудой  $M_{w\text{per}}=5.1$  произошло в зоне контакта Западно-Сахалинского антиклинория с Татарским синклиноморием, на границе которого наблюдаются сбросы, сбросо-сдвиги и взбросы Западно-Сахалинского литосферного разлома, и которая протягивается вдоль западного побережья о. Сахалин более чем на 1000 км [15]. За период сейсмологических наблюдений вдоль Западно-Сахалинского разлома отмечен наиболее высокий сеймотектонический потенциал. Эпицентр землетрясения 25 ноября 2013 г. с магнитудой  $M_{w\text{per}}=5.1$  находится южнее таких сильных землетрясений как Углегорско-Айнское 2000 г. с магнитудой  $M=7.1$  [1], Горнозаводское 2006 г.

с  $M=5.7$  [2], Невельское 2007 г.,  $M=6.2$  [3], продолжая трассировать зону Западно-Сахалинского разлома вдоль западного побережья о. Хоккайдо (рис. 6). В непосредственной близости от эпицентра Крильонского землетрясения 2013 г. за время инструментальных наблюдений были зарегистрированы ощутимые землетрясения 21 марта 1978 г. с магнитудой  $M=5.1$  и 25 мая 1981 г. с магнитудой  $M=5.2$ . [15]. Наибольшая интенсивность сотрясений до 4–5 баллов от этих землетрясений была отмечена в населенных пунктах западного побережья Южного Сахалина.



**Рис. 6.** Карта эпицентров землетрясений с магнитудой 3.0 и выше по данным каталога локальной сети юга Сахалина за период наблюдений 2001–2017 гг.

Цветом выделены эпицентры землетрясений с магнитудой  $M \geq 5.0$  и выше. Жирным пунктиром нанесены основные тектонические структуры Южного Сахалина.

Подвижка в очаге землетрясения 25 ноября 2013 г. реализовалась в условиях близгоризонтального сжатия. Облако эпицентров афтершоков вытянуто в север–северо-западном направлении, что соответствует простиранию нодальных плоскостей в механизме очага. Особого внимания заслуживает макросейсмический эффект Крильонского землетрясения, сотрясения от которого охватили территорию южной части Сахалина и северного Хоккайдо. На затухание интенсивности макросейсмического воздействия оказали влияние геологические особенности рельефа о. Сахалин и о. Хоккайдо, которые частично поглощают энергию сейсмических волн от землетрясения. В статье был впервые выполнен анализ частотных характеристик сейсмических волн, которые могут влиять на состояние жителей в эпицентральной зоне Крильонского землетрясения. Несомненно, что макросейсмическое проявление сильных землетрясений в районах островных дуг требует дальнейшего наблюдения и анализа.

По оценке параметров максимальных возможных землетрясений, выполненной Л.С. Оскорбиным и А.О. Бобковым в 1997 г. [15], период возникновения сильного землетрясения с  $M=6.0$  на южном фланге Западно-Сахалинского разлома составляет 100 лет.

Авторы одной из первых сейсмо-тектонических схем Сахалина на основании имеющихся данных о геоморфологических особенностях Крильонского полуострова и геофизических данных о повышении мощности третичных осадков в указанном районе отмечали, что сейсмичность здесь связана развитием двух диагональных депрессий, как бы накатывающихся на основание п-ва Крильон [32]. Это заключение не противоречит характеристике Западно-Сахалинской разломной зоны и в доступной для читателя форме облегчает понимание сейсмических процессов, происходящих в районе Сахалино-Японской островной дуги. Возможно, возникновение в 2017 г. землетрясения с магнитудой 5.0 у восточного побережья Крильонского полуострова служит тому наглядным подтверждением.

**Заключение.** Крильонское землетрясение 2013 г. продолжило последовательность сильных сахалинских землетрясений с эпицентрами вдоль простирания одной из наиболее сейсмоактивных структур Сахалина.

## Л и т е р а т у р а

1. 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.Я., Рудик М.И., Оскорбин Л.С. Углегорско-Айное землетрясение 4 августа 2000 года с  $MLH=7.0$ ,  $I_0=8-9$  (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 265–284.
2. Фокина Т.А., Сафонов Д.А. Горнозаводское землетрясение 17 августа 2006 г. с  $MLH=8.9$ ,  $K_c=12.0$ ,  $I_0=7$  (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии в 2006 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 367–374.
3. 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.
4. Семенова Е.П., Федотова М.В., Коргун Н.В., Богинская Н.В., Кускова Н.А., Григорьева О.О., Скибина Ю.А., Гарькина Д.А. Оперативный каталог землетрясений Дальневосточного региона. Фонды СФ ФИЦ ЕГС РАН.
5. 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.
6. 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.
7. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2013 // ФИЦ ЕГС РАН [Сайт]. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2013](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013)
8. **European-Mediterranean Seismological Centre.** – URL: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/>
9. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
10. **Japan Meteorological Agency** [Electronic resource]. – URL: [http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index\\_e.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index_e.html)
11. Дрозин Д.В., Дрозина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. –2010. – Т. 46. – № 3.– С. 22–34.
12. Левин Ю.Н., Михайлов В.И., Семенова Е.П. Современное состояние сейсмологических наблюдений на Сахалине // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2014.– С. 200–204.
13. Богинская Н.В. Обработка сейсмических сигналов в Сахалинском филиале ФИЦ ЕГС РАН // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Одиннадцатой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 58–60.
14. 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.
15. Оскорбин Л.С., Бобков А.О. Сейсмогенные зоны Сахалина и сопредельных областей. // Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т. VI. (Проблемы сейсмической опасности Дальневосточного региона). – Южно-Сахалинск: ИМГиГ, 1997. – С. 154–178.
16. Шебалин Н.В. Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.
17. Оскорбин Л.С. Уравнения сейсмического поля сахалинских землетрясений // Сейсмическое районирование Сахалина. – Владивосток, 1977. – С. 34–45.
18. Snoke J.A., Munsey J.W., Teague A.G., 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.
19. Ottemöller L., Voss P., Havskov J. Seisan earthquake analysis software for Windows, Solaris, Linux and MacOSx. 2011, <https://www.uib.no/rg/geodyn/artikler/2010/02/software>
20. **National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention** [Electronic resource]. –URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp>



21. National Earthquake Information Center. – URL: [http://neic.usgs.gov/neic/epic/epic\\_rect.html](http://neic.usgs.gov/neic/epic/epic_rect.html)
22. The Global Centroid-Moment-Tensor Project [Electronic resource]. – URL: <http://www.globalcmt.org>
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Семёнова Е.П., Фокина Т.А. Макросейсмические проявления Крильонского землетрясения 25 ноября 2013 г. с  $M_w=5.2$  (о. Сахалин). // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
27. Hisada T., Nakagawa K. Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Building. – Japan: 1958.
28. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
29. Миталева Н.А. (отв. сост.), Брагина Г.И., Пиневич М.И., Шолохова А.А., Садсикова А.А., Левит Е.В. Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 195–211.
30. Куралесин Н.А. Научные основы регламентации инфразвука в медицине труда: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. мед. наук. – М., 1997. – 50 с.
31. Икеа М. Землетрясения и животные. От народных примет к науке. Пер. с англ. М.: Научный мир, 2008. – 320 с.
32. Соловьев С.Л., Оскорбин Л.С., Ферчев М.Д. Землетрясения на Сахалине. – М.: Наука, 1967. – 180 с.

## METADATA IN ENGLISH

### *EARTHQUAKE NEAR CRILLON CAPE on NOVEMBER 25th, 2013*

*with  $M_w=5.2$ ,  $I_0=6-7$  (Sakhalin Island)*

*E.P. Semenova<sup>1</sup>, D.A. Safonov<sup>1,2</sup>, T.A. Fokina<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Sakhalin branch FRC UGS RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, [semenova@seismo.sakhalin.ru](mailto:semenova@seismo.sakhalin.ru)*

<sup>2</sup>*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, [d.safonov@imgg.ru](mailto:d.safonov@imgg.ru)*

**Abstract.** On November 25, 2013, at 03:23 UTC, an earthquake with a magnitude of  $M_{wGCMT}=5.2$  was recorded in the Laperuz Strait water area. This earthquake was the strongest in the south of Sakhalin Island in 2013. Parameters of the earthquake have been determined by data of seismic stations of regional network of GS RAS Sakhalin branch, seismic stations of global network IRIS (GSN) and Hokkaido University. Earthquake parameters on data of regional network are in accordance with data of the international seismological centers. The intensity of concussions in some areas of Sakhalin was 4–5 points on a scale of MSK-64 and 3 points on JMA scale on the island of Hokkaido. The focus shift has happened under conditions of close horizontal compression, seismodislocation type – uplift. The earthquake of 2013 has arisen in the place of regional tectonic structures contact – breaks of West Sakhalin and Central Sakhalin. The seismic mode was described by data of local network of field stations. Results of observations of an earthquake on November 25, 2013 are written in this article.

**Keywords:** earthquake, magnitude, focus mechanism, aftershock, intensity, seismicity.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2019.22.41

**For citation:** 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

## References

1. Poplavskaya, L.N., Nagornykh, T.V., Fokina, T.A., Poplavskii, A.A., Permikin, Yu.Yu., Strel'tsov, M.I., Kim, Ch.U., Safonov, D.A., Mel'nikov, O.A., Rudik, M.I., & Oskorbin, L.S. (2006). [Ulegorsk-Ainsk earthquake 04.08.2000 with  $MS=7.0$ ,  $I_0=8-9$  (Sakhalin)] In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2000 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2006] (pp. 265–284). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
2. Fokina, T.A., & Safonov, D.A. (2012). [Gornozavodsky earthquake on August 17th, 2006 with  $MLH=5.9$ ,  $K_C=12.0$ ,  $I_0=7$  (Sakhalin Island)] In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2006 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2006] (pp. 367–374). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
3. Safonov, D.A., Nagornykh, T.V., & Fokina, T.A. (2013). [Nevel'sk earthquakes of August 2th, 2007, at 02<sup>h</sup>37<sup>m</sup> with  $MLH=6.3$  i at 05<sup>h</sup>22<sup>m</sup> with  $MLH=6.0$   $I_0=8$  (South of Sakhalin Island)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2007 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2007] (pp. 396–407). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
4. Semenova, E.P., Fedotova, M.V., Korgun, N.V., Boginskaia, N.V., Kuskova, N.A., Grigor'eva, O.O., Skibina, Yu.A., & Gar'kina, D.A. (2013). [Operational catalog of earthquakes of the region of the Far East]. In *Fondy SF GS RAN* [Fund of SF GS RAS]. Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. (In Russ.).
5. 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.).
6. Parshina, I.A., Fercheva, V.N., & Decik, I.V. (2015). [Catalog of earthquakes of South Sakhalin]. In *Zemletriaseniia Rossii, 2013 god* [Earthquakes in Russia, 2013] (Appendix on CD). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
7. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations. (2019). Retrieved from [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2013/](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013/)
8. European-Mediterranean Seismological Centre. (2019). Retrieved from <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/>
9. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
10. Japan Meteorological Agency. (2019). Retrieved from [http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index\\_e.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index_e.html)
11. Droznin, D.V., & Droznina, S.Ya. (2010). [Program for seismic signal processing DIMAS] *Seismicheskie pribory*. [Seismic Instruments], 46 (3), 22–34. Moscow, Russia: IFZ Publ. (In Russ.).
12. Levin, Yu.N., Mikhailov, V.I., & Semenova, E.P. (2014). [Current state of Sakhalin seismological monitoring]. In *Materialy IX Mezhdunarodnoy seismologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"*. [Proceedings of the IX International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 200–204). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
13. Boginskaia, N.V. (2016). [Processing of seismic signals in the Sakhalin Branch of GS RAS]. In *Materialy XI Mezhdunarodnoy seismologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"*. [Proceedings of the XI International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 58–60). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
14. 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.).
15. Oskorbin, L.S., & Bobkov, A.O. (1997) [Seismogene zones of Sakhalin and the interfaced areas]. In *Geodinamika tektonosfery zony sochleneniia Tikhogo okeana s Evraziei. (Problemy seismicheskoi opasnosti Dal'nevostochnogo regiona)*. [Problems of Seismic Hazard of The Far East Region. (Geodynamics on Tectonosphere of the Pacific-Eurasia Conjunction Zone.) V.VI] (pp. 154–178). Yuzhno-Sakhalinsk, Russia: IM-GiG Publ. (In Russ.).
16. Shebalin, N.V. (1977). *Koeffitsienty uravneniia makroseismicheskogo polia po regionam. Novyi katalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSR s drevneishikh vremen do 1975 g.* [Coefficients of the equation of the macroseismic field on regions. The new catalog of strong earthquakes in the territory of the USSR from the most ancient times to 1975.]. Moscow, Russia: Nauka Publ. 30 p. (In Russ.).
17. Oskorbin, L.S. (1977). [Formula of the seismic field of the Sakhalin earthquakes]. In *Seismicheskoe raionirovanie Sakhalina* [Seismic division into districts of Sakhalin] (pp. 34–45). Vladivostok, Russia. (In Russ.).
18. Snoke, J.A. et al (1984). A program for focal mechanism determination by combined use of polarity and  $SV-P$  amplitude ratio data. *Earthquake notes*, 55, 15.

19. Ottemöller, L., Voss, P., & Havskov, J. (2011). Seisan earthquake analysis software for Windows, Solaris, Linux and MacOSX. Dept. Earth Sci., Univ. Bergen, Bergen, Norway, 335. <https://www.uib.no/rg/geodyn/artikler/2010/02/software>
20. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention. (2019). Retrieved from <http://www.fnet.bosai.go.jp>
21. National Earthquake Information Center. (2019). Retrieved from [http://neic.usgs.gov/neic/epic/epic\\_rect.html](http://neic.usgs.gov/neic/epic/epic_rect.html)
22. Global CMT catalog. (2019). Retrieved from <http://www.globalcmt.org/>
23. 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.).
24. 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.
25. 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.).
26. Kislicina, I.P. (2019). Macroseismic effects of the Krillon earthquake on November 25, 2013 with  $M_w=5.2$  (Sakhalin Island). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 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). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
29. Mitaleva, N.A., Bragina, G.I., Pinevich, M.I., Sholokhova, A.A., Sadsikova, A.A., & Levit, E.V. (1999). [Kurilo-Okhotsky region]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1993 godu*. [Earthquakes in Northern Eurasia, 1993] (pp. 195-211). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
30. Kuralesin, N.A. (1997). [Scientific basis for regulation of infrasound in occupational medicine. Dr. med. sci. diss]. Moscow, Russia, 50 p.
31. Ikea, M. (2008). *Zemletriaseniia i zivotnyye. Ot narodnykh primet k nauke. Per. s angl.* [Earthquake and animals. From superstition to science. Translation from english.] Moscow, Russia: Nauchnyi mir Publ., 320 p.
32. Solov'ev, S.L., Oskorbin, L.S., & Ferchev, M.D. (1967) *Zemletriaseniia na Sakhaline*. [Sakhalin earthquakes]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 180 p. (In Russ.).