

УРУПСКАЯ СЕРИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2012–2013 гг.

с магнитудой до $M_{w\text{рег}}=7.0$ (Курильские острова)

Д.А. Сафонов^{1,2}

¹Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия, d.safonov@imgg.ru

²Сахалинский филиал ФИЦ ЕГС РАН

Аннотация. В июле 2012 г. – ноябре 2013 г. в районе о. Уруп (Курильские острова, Россия) произошла серия сильных землетрясений. В статье проанализировано положение очагов землетрясений, механизмы очагов и макросейсмическая информация по данным СФ ФИЦ ЕГС РАН и ИМ-ГиГ ДВО РАН. Вся совокупность событий, согласно эпицентрии и механизмам очага, делится на рой межплитовых землетрясений в зоне поддвига Тихоокеанской литосферной плиты с магнитудой до $M_w=6.0$ и более сильное и глубокое событие внутри погружившейся плиты с магнитудой $M_w=7.0$.

Ключевые слова: Курильские острова, Урупская серия землетрясений, сейсмическая активность, механизм очага, макросейсмические проявления, рой землетрясений, внутриплитовая подвижка, Тихоокеанская плита.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.42

Для цитирования: Сафонов Д.А. Урупская серия землетрясений 2012–2013 гг. с магнитудой до $M_{w\text{рег}}=7.0$ (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

В июле–сентябре 2012 г. на внешнем тихоокеанском склоне Курильской островной дуги в районе глубоководного желоба, примерно на широте о. Уруп, произошла серия землетрясений, магнитуда самых сильных событий роя достигала значений $MLH=5.9–6.0$ ($M_w=6.0$) [1]. Серия событий продолжилась в 2013 г. в той же очаговой области. Кроме того, 19 апреля 2013 г. вблизи очаговой зоны прежних событий, но значительно глубже и со смещением эпицентра в сторону Курильской гряды, произошло еще одно событие с магнитудой $MLH=6.8$ ($M_{w\text{рег}}=7.0$) [2].

Рассматриваемые сейсмические события не являются для Курило-Охотского региона уникальными (рис. 1). В последнее десятилетие наиболее сильным сейсмическим событием Курильской островной гряды явились парные Симуширские землетрясения 15 ноября 2006 г. ($M_w=8.3$) и 13 января 2007 г. ($M_w=8.1$) [3] с эпицентрами в районе средних Курил. Интересной особенностью Симуширских землетрясений оказалась разнонаправленность тектонических напряжений в их очагах и, как следствие, противоположный тип сейсмодислокаций [4, 5].

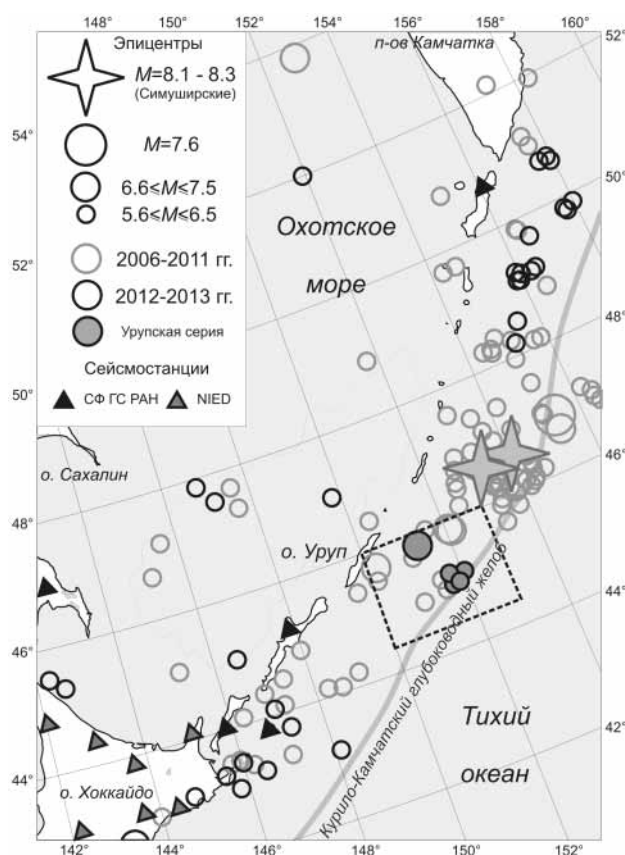


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Курильских островов в 2006–май 2013 гг. по данным СФ ФИЦ ЕГС РАН

Пунктиром показана примерная область Урупской серии событий 2012–2013 гг.

Серия землетрясений 2012–2013 гг. произошла юго-западнее очаговой области Симуширских землетрясений. Подобные и более сильные события в районе о. Уруп происходили и ранее, к примеру, 11 октября 1956 г. здесь зарегистрировано землетрясение с магнитудой $M=7.8$ [6]. Последние сильные землетрясения – два события с магнитудами $M_{W_{GCMT}}=6.9$ и $M_{W_{GCMT}}=6.6$ – произошли в апреле 2009 г. (рис. 2) [7].

Определение основных параметров событий Урупской серии производилось сотрудниками отдела сводной обработки сейсмологических данных СФ ФИЦ ЕГС РАН [1, 2], описание методики и обзор общей ситуации в регионе даны в [8, 9]. В табл. 1 приводятся данные о наиболее сильных событиях серии.

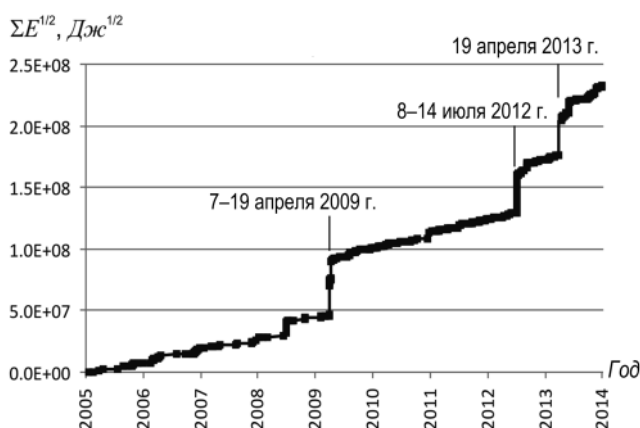


Рис. 2. График Бенъофа для очаговой зоны Урупской серии землетрясений за 2005–2014 гг. по данным региональных каталогов СФ ФИЦ ЕГС РАН

Таблица 1. Основные параметры крупнейших ($M \geq 5.3$) событий Урупской серии землетрясений 2012–2013 гг. по данным каталогов [1, 2]

№	Дата, г мес д	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр				h , км	Δh , км	Магнитуда, энергетический класс	Ис- точ- ник
				φ°, N	$\delta\varphi$	λ°, E	$\delta\lambda^\circ$				
1	2012.07.08	11 33 02.0	0.8	45.15	0.04	151.78	0.07	45	5	$MLH=6.0, K_c=13.1, M_{W_{per}}=6.0$	[1]
2	2012.07.11	02 31 15.7	0.4	45.02	0.09	151.91	0.13	35	4	$MLH=6.0, K_c=12.2, M_{W_{per}}=5.6$	[1]
3	2012.07.12	12 51 58.1	1.2	45.12	0.09	152.19	0.14	45	5	$MLH=5.9, K_c=11.9, M_{W_{per}}=5.6$	[1]
4	2012.07.14	03 44 00.2	0.6	45.20	0.10	151.74	0.15	45	4	$MLH=5.3, K_c=12.4, M_{W_{per}}=5.3$	[1]
5	2012.07.14	04 31 00.4	0.3	45.20	0.08	151.76	0.11	47	5	$MLH=5.4, K_c=12.5, M_{W_{per}}=5.4$	[1]
6	2012.09.09	09 36 35.0	0.9	44.89	0.07	151.82	0.13	35	5	$MLH=5.5, K_c=11.5, M_{W_{per}}=5.4$	[1]
7	2012.09.11	01 28 18.1	0.9	45.03	0.05	151.66	0.09	44	5	$MLH=5.6, K_c=12.8, M_{W_{per}}=5.4$	[1]
8	2013.04.19	03 05 50.2	1.0	45.82	0.1	151.28	0.09	118	7	$MLH=6.8, MSH=7.6, K_c=15.3, M_{W_{per}}=7.0$	[2]
9	2013.06.04	02 22 56.5	0.4	45.03	0.08	151.48	0.11	53	4	$MLH=5.3, K_c=12.7, M_{W_{per}}=5.3$	[2]
10	2013.06.04	11 00 08.1	0.3	45.06	0.05	151.34	0.08	45	5	$MLH=5.5, K_c=12.2, M_{W_{per}}=5.4$	[2]
11	2013.11.25	05 56 48.4	0.9	45.27	0.07	151.35	0.12	53	1	$MLH=5.7, K_c=12.9, M_{W_{per}}=5.7$	[2]

Сейсмический процесс.

В течение 2012–2013 гг. по дан-ным Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН в выделенном пунктиром районе, на рис. 1, было зарегистрировано 230 землетрясений с магнитудой $MLH \geq 3.0$, включая 145 событий представительного для данного региона ($MLH \geq 4.0$) уровня (рис. 3, 4).

Некоторое количество умеренных землетрясений, произошедших весной 2012 г., можно считать сейсмическим фоном, характерным для отличающегося высокой сейсмичностью региона Курильской островной дуги. Начало основной последовательности роя землетрясений положило событие 7 июля в 00^h56^m с магнитудой $MLH=4.9$. После него в период 7–17 июля последовало большое число землетрясений, включая три самых сильных события этого этапа серии: 8 июля

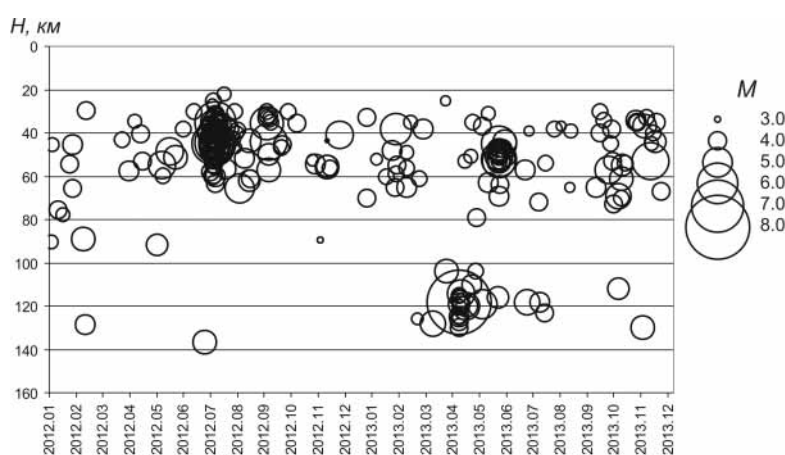


Рис. 3. Диаграмма сейсмического процесса Урупской серии землетрясений 2012–2013 гг.

в $11^{\text{h}}33^{\text{m}}$ с $MLH=6.0$, $M_{w_{\text{per}}}=6.0$ (1 на рис. 4), 11 июля в $02^{\text{h}}31^{\text{m}}$ с $MLH=6.0$, $M_{w_{\text{per}}}=5.6$ (2) и 12 июля в $12^{\text{h}}51^{\text{m}}$ с $MLH=5.9$, $M_{w_{\text{per}}}=5.6$ (3). В сентябре в этом же районе зарегистрировано еще два землетрясения с магнитудой $MLH \geq 5.5$ (6, 7 в табл. 1), после чего активность пошла на спад. Небольшая активизация произошла в феврале 2013 г.: зарегистрировано одно землетрясение с магнитудой $MLH=5.1$ и несколько более слабых событий (рис. 3). Глубина очагов этой серии землетрясений находилась в пределах 20–70 км.

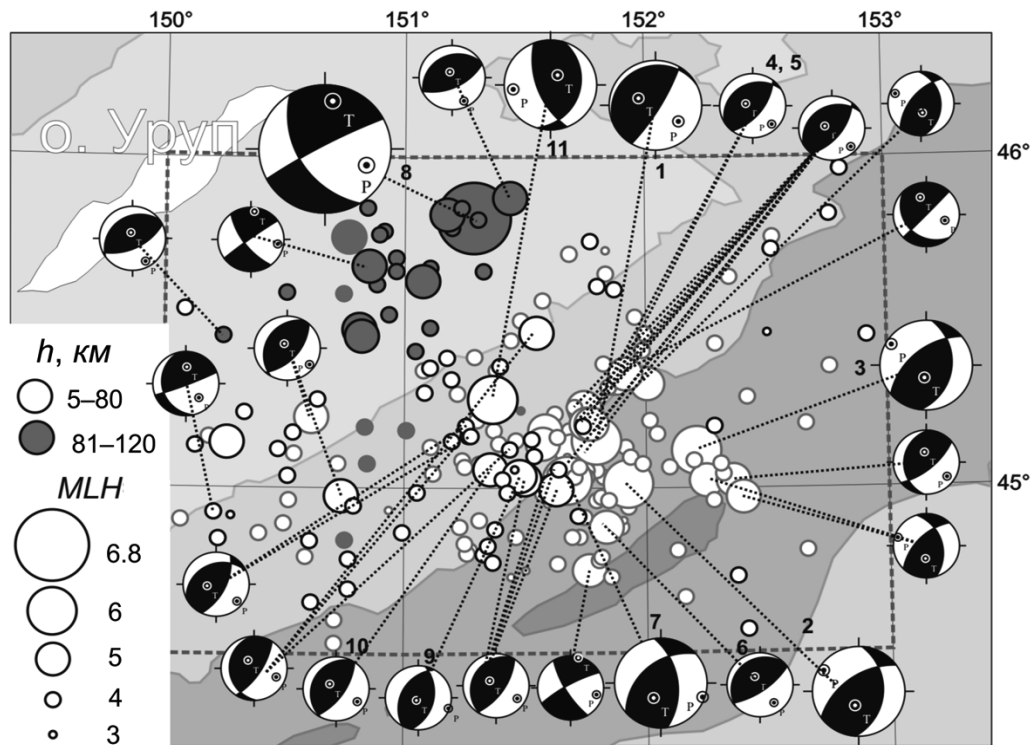


Рис. 4. Эпицентры землетрясений в очаговой области Урупской серии 2012–2013 гг. и стереограммы механизмов очагов

Серым цветом контура показаны события с 4 января 2012 г. до 19 апреля 2013 г., черным цветом контура – с 19 апреля до конца 2013 г. Номера соответствуют землетрясениям из табл. 1. Темным цветом на фоне показан Курильский глубоководный желоб.

19 апреля 2013 г. в $03^{\text{h}}05^{\text{m}}$ в рассматриваемом районе (рис. 1, 4) произошло землетрясение (8) с $MLH=6.8$ ($MSH=7.6$, $M_{w_{\text{per}}}=7.0$, $M_{w_{\text{ГСМТ}}}=7.3$), сопровождавшееся большим количеством афтершоков, магнитуда которых не превышала $M=4.8$. Глубина очага апрельского землетрясения и его афтершоков значительно возросла и составила $h=100\text{--}130$ км, эпицентры сместились на северо-северо-запад в сторону островной дуги.

3–5 июня 2013 г. в очаговой области Урупского роя поверхностных землетрясений июля 2012 г. вновь произошел всплеск сейсмической активности (рис. 3, 4) зарегистрировано 15 землетрясений, включая три события с $M \geq 5.0$, самое крупное из которых с $MLH=5.5$ произошло 4 июня в $11^{\text{h}}00^{\text{m}}$ (10). Последняя активизация произошла здесь же в октябре–ноябре с максимальным событием 25 ноября в $05^{\text{h}}56^{\text{m}}$, $MLH=5.7$ (11). Глубина событий серии находилась в диапазоне $h=30\text{--}76$ км, за исключением нескольких более глубоких афтершоков в очаговой области апрельского землетрясения.

Механизмы очагов землетрясений. Расчет механизмов очагов Урупской серии землетрясений производился независимо, с использованием двух различных методик. Наиболее сильные события обрабатывались методом полярности первых вступлений с использованием программы FOCMES [10, 11] в рамках рутинной обработки сейсмических событий, произошедших в зоне ответственности Сахалинского филиала ГС РАН. Параллельно в ИМГиГ ДВО РАН проводилось определение тензора сейсмического момента методом инверсии волновых форм с использованием программы ISOLA [12], задействовались широкополосные записи сейсмических станций Японии [13]. Каталог механизмов очагов Урупской серии опубликован в Приложении к настоящему Ежегоднику [14]. Результаты определения механизмов очага двумя

методами несколько разнятся, причины и результаты сравнения рассмотрены в [15], в качестве основы возьмем результаты определения тензора сейсмического момента в приближении двойного диполя как более массовые. Всего в очаговой зоне Урупской серии в 2012–2013 гг. определены механизмы очага 38 землетрясений [14].

Большинство землетрясений первого этапа Урупской серии (белые кружки с серым контуром на рис. 4) произошли в условиях близгоризонтального сжатия, направленного вкострости простирающаяся островной дуги, тип сейсмодислокации можно классифицировать как взбросовый, иногда с небольшими сдвиговыми компонентами. Одна из возможных плоскостей разрыва часто достаточно полого падает под островную дугу, сдвиговая компонента вдоль нее чаще всего правосторонняя. Если предположить, что подвижка развивалась вдоль основного поддвига тихоокеанской плиты под острова, – именно эта плоскость является рабочей. Альтернативная плоскость более круто, иногда – субвертикально, падает на юго-восток или восток.

Механизм очага наиболее сильного события (8 на рис. 4) оказался отличным от механизмов предшествовавших ему землетрясений в июле 2012 г. – феврале 2013 г., его можно классифицировать как взрез вдоль субвертикальной плоскости, параллельной островной дуге, либо как левосторонний сдвиг вдоль альтернативной плоскости, под углом, близким к 45° , падающей в юго-западном направлении. Ось растяжения T находится несколько ближе к горизонту, чем ось сжатия P , что позволяет формально отнести Урупское землетрясение 19 апреля 2013 г. к произошедшим в условиях растяжения. Наиболее вероятная подвижка – сброс вдоль субвертикальной плоскости с одновременным правосторонним сдвигом. Механизмы трех глубоких афтершоков, которые удалось получить вблизи очаговой зоны сильнейшего события, оказались разными: два чистых взброса (рис. 4) и сдвиг, похожий по ориентации главных осей на основное событие.

Механизмы очагов третьего этапа серии (белые кружки с черным контуром на рис. 4) в основном схожи с механизмами произошедших в этом же месте событий 2012 г. – взбросовые события с небольшой сдвиговой компонентой. Отличным оказался только механизм последнего сильного землетрясения 25 ноября 2013 г., ось сжатия которого оказалась субширотной.

Макросейсмические проявления. Поскольку эпицентральная зона событий находится вблизи ненаселенных (на момент событий) островов Курильской гряды, данных об их ощущимости в плейстосейстовой области не поступало. Большая часть событий осталась незамеченной жителями либо вызвала слабые колебания с интенсивностью $I=2$ балла в населенных пунктах южной части Курильской островной гряды. Сильный макросейсмический эффект произвело только событие 19 апреля 2013 г., которое ощущалось на флангах островной дуги, а также на о. Сахалин (табл. 2). Максимальные сотрясения зарегистрированы в п. Рейдово ($\Delta=261$ км) в центральной части о. Итуруп – $I=6-7$ баллов.

Таблица 2. Макросейсмические проявления землетрясения 19 апреля 2013 г., $MLH=6.8$

№	Населенный пункт	Δ , км	№	Населенный пункт	Δ , км	№	Населенный пункт	Δ , км	
1	<u>6–7 баллов</u>	261	4	<u>5 баллов</u>	290	7	пос. Лагунное	474	
	пос. Рейдово			пос. Горячие Ключи		8	пос. Менделеево	487	
2	<u>6 баллов</u>	305	5	<u>4–5 баллов</u>	410	9	пос. Головнино	509	
	пос. Горный			пос. Малокурильское		10	<u>3 балла</u>	г. Северо-Курильск	646
3	<u>5–6 баллов</u>	273	6	<u>4 балла</u>	470		11		
	г. Курильск			пос. Южно-Курильск					

Примечание ред. По имеющимся в USGS [16] данным землетрясение 19 апреля 2013 г. довольно интенсивно ощущалось на территории японских островов Хоккайдо и Хонсю. Интенсивность сотрясений достигала $I=III-IV$ по шкале JMA [17] на расстояниях $\Delta=550-1400$ км [18]. Используя примерное соотношение шкал JMA и MSK-64 [19], приводимое в работе [20], получим интенсивность $I=6.5$ баллов (MSK-64) в г. Накасибецу ($\Delta=559$ км) и г. Хатинохе ($\Delta=988$ км) и $I=5$ баллов (MSK-64) в г. Саппоро ($\Delta=846$ км) и г. Хитати ($\Delta=1358$ км). Столь высокая интенсивность сотрясений на больших расстояниях характерна для глубоких землетрясений зоны субдукции [21, 22].

Интерпретация результатов. По положению гипоцентров землетрясений и механизмам очага всю совокупность сейсмических событий можно разделить на два зависимых сейсмических события: рой землетрясений 2012–2013 гг. (с магнитудой до $M_{w_{per}}=6.0$) и сильное землетрясение 19 апреля 2013 г. ($M_{w_{per}}=7.0$) с афтершоковой последовательностью. Рассматриваемые события являются звеньями одного геодинамического процесса. Рой землетрясений не может считаться форшоковой активизацией более глубокого и сильного землетрясения уже потому, что по масштабу (рис. 2) сравним с ним.

Северо-восточный край очаговой области Урупской серии землетрясений граничит с очаговой областью Симуширских событий, где граница литосферных плит после событий 2006–2007 гг., по данным GPS-наблюдений по состоянию на 2012 г. [23], все еще является «не запертой». Поэтому порог магнитуды землетрясения, необходимого для активизации межплитовых подвижек, может оказаться снижен, что можно предположить в качестве причины роя относительно небольших землетрясений вместо одного сильного. К тому же в апреле 2009 г. между очаговыми зонами Симуширских землетрясений и Урупской серии произошли два сильных события с магнитудами $M=6.9$ и $M=6.5$ [7].

В работе [24] авторами было показано, что вдоль Курильской островной дуги, на основании типа механизмов очагов происходящих землетрясений, можно выделить три параллельные зоны эпицентров. Основная из них расположена между дугой и глубоководным желобом, здесь происходит подавляющее число землетрясений, в основном, взбросов и надвигов, причина которых – подвиг Тихоокеанской литосферной плиты под Охотоморскую. Вторая полоса эпицентров проходит во внешней части островной дуги непосредственно под глубоководным желобом, это предположительно внутриплитовые события, среди механизмов очагов землетрясений здесь преобладают сбросы. К этой зоне относится второе событие Симуширского дуплета 2006–2007 гг. [3] Третья сейсмически активная полоса расположена непосредственно под Курильскими островами на глубине 80–150 км, в ней преимущественным типом сейсмодислокации также является сброс (либо взрез) вдоль крутой плоскости, хотя в проекции на погружающуюся плиту такие события оказываются взбросами. Глубокое землетрясение Урупской серии относится к третьей, внутренней зоне.

В работе [25] исследуются зоны растяжения, возникающие на внешней части субдукционных зон Тихого океана после крупных надвиговых землетрясений, таких как Симуширское землетрясение 2006 г. с $M_w=8.3$ или землетрясение Тохоку 2011 г. с $M_w=9.0$. В таких зонах возможны сильные (в том числе цунамигенные) землетрясения со сбросовым типом сейсмодислокации. Вероятно, причиной возникновения подобных землетрясений является изгиб верхней эластичной части погружающейся плиты. Результатом подобных землетрясений является сбросовая подвижка вдоль плоскости, наклоненной в сторону погружения плиты. В работах [15, 26] предложена схема происхождения глубоких событий в третьей зоне. Погрузившаяся в пластичное мантийное вещество плита испытывает излом в обратном направлении. При этом подвижка, возможно, происходит по тем же ослабленным зонам, становящимся в связи с изменением направления движения плиты субвертикальными, но в обратном направлении. Землетрясения, в отличие от первого случая, происходят в условиях сжатия, направленного вдоль направления погружения плиты, однако проекция механизма очага на поверхность классифицируется как сброс.

Таким образом, возможная модель Урупских землетрясений следующая: после серии взбросовых подвижек в зоне контакта литосферных плит в июле 2012 г. произошло перераспределение напряжений в опускающемся блоке Тихоокеанской плиты, вызвавшее в апреле 2013 г. внутриплитовую подвижку вдоль субвертикальной плоскости. В свою очередь, разрядка напряжений на глубине способствовала дальнейшему проскальзыванию между плитами, вызвавшемуся в активизации взбросовых подвижек в июне 2013 года.

Л и т е р а т у р а

1. Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.), Пиневиц М.В., Швидская С.В. (сост.). Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии, – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
2. 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.

3. **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 г. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 326–338.
4. **Ammon C.J., Kanamori H., Lay T.** A great earthquake doublet and seismic stress transfer cycle in the central Kuril islands // *Nature*. – 2008. – **451**. – P. 561–565.
5. **Полец А.Ю., Злобин Т.К.** Реконструкция поля тектонических напряжений до и после катастрофических Симуширских землетрясений 2006 и 2007 гг. // ДАН. – 2012. – **445**, № 1. – С. 90–93.
6. **Ким Чун Ун, Андреева М.Ю.** Каталог землетрясений Курило-Камчатского региона (1737–2005 гг.). / Препринт. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2009. – 126 с.
7. **Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Дорошкевич Е.Н., Михайлов В.И.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ФГБУН ГС РАН, – 2015. – С. 169–179.
8. **Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Дорошкевич Е.Н., Михайлов В.И.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 172–183.
9. **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
10. **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**, № 3. – P. 15.
11. **Snoke, J.A.** (2003). FOCMEC: Focal mechanism determinations. *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*, 85, 1629–1630.
12. **Sokos E.N., Zahradnik J.** ISOLA a Fortran code and a Matlab GUI to perform multiple-point source inversion of seismic data // *Computers & Geosciences*. – 2008. – **34**, Issue 8. – P. 967–977.
13. **National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention**, Japan. – URL: <http://www.fnet.bosai.go.jp>
14. **Сафонов Д.А. (отв. сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2012–2013 гг., определенных по волновым формам // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
15. **Сафонов Д.А., Коновалов А.В., Злобин Т.К.** Урупская серия землетрясений 2012–2013 гг. // Вулканонология и сейсмология. – 2015. – №. 6. – С. 60–70.
16. **United States Geological Survey (USGS)** [Сайт]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
17. **Hisada T., Nakagawa K.** Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildings. – Japan: 1958.
18. **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.
19. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага)**. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
20. **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.
21. **Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В., Иванова Е.И., Гусева Е.М.** Охотоморское-I землетрясение 5 июля 2008 г. с $M_w=7.7$, $I=5$ и Охотоморское-II землетрясение 24 ноября 2008 г. с $M_w=7.3$, $I_0=5$ (Охотское море) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 359–377.
22. **Левина В.И., Митюшкина С.В., Чеброва А.Ю., Иванова Е.И.** Тумрокское-I землетрясение 16 июня 2003 г. с $M_w=6.9$, $I_0=6$ и Тумрокское- II землетрясение 10 июня 2004 г. с $M_w=6.8$, $I_0=5-6$ (Камчатка) // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 314–323.
23. **Kogan M.G., Vasilenko N.F., Frolov D.I., Freymueller J.T., Steblou G.M., Levin B.W., Prytkov A.S.** The mechanism of postseismic deformation triggered by the 2006–2007 great Kuril earthquakes // *Geophys. Res. Lett.* – **38**, L06304, doi:10.1029/2011GL046855, 2011.
24. **Злобин Т.К., Сафонов Д.А., Полец А.Ю.** Распределение землетрясений по типам очаговых подвижек в Курило-Охотском регионе // ДАН. – 2011. – **440**, № 4. – С. 527–529.
25. **Lay T., Ammon C.J., Kanamori H., Kim M.J., Lian Xue.** Outer trench-slope faulting and the 2011 M_w 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake // *Earth, Planets and Space*. – 2011. – **63**, Issue 7. – P. 713–718.
26. **Astiz L., Lay T., Kanamori H.** Large intermediate-depth earthquakes and the subduction process // *Physics of the Earth and Planetary interiors*. – 1988. – **53**. – №. 1–2. – P. 80–166.

METADATA IN ENGLISH

The URUP EARTHQUAKE SEQUENCE 2012–2013

with magnitude up to $M_{w_{\text{reg}}}=7.0$ (Kuril Islands)

D.A. Safonov^{1,2}

¹*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, d.safonov@imgg.ru*

²*Sakhalin Branch FRC UGS RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

Abstract. In July 2012 – November 2013, a series of strong earthquakes occurred near the Urup Island (Kuril Islands, Russia). The article analyzes the position of earthquake foci, focal mechanisms and macroseismic information according to the SF FRC UGS RAS and IMGIG FEB RAS. The entire set of events according to the epicentre and the mechanisms of the source is divided into a swarm of interplate earthquakes in the immersion zone of the Pacific lithospheric plate with a magnitude up to $M_w=6.0$ and a stronger and deeper event inside the submerged plate with a magnitude $M_w=7.0$.

Keywords: Kuril Islands, Urup earthquake sequence, seismic activity, focal mechanism, macroseismic effect, earthquake swarm, intraplate shift, Pacific Plate.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.42

For citation: Safonov, D.A. (2019). The Urup earthquake sequence 2012–2013 with magnitude up to $M_{w_{\text{reg}}}=7.0$ (Kuril Islands). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 477–784. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.42

R e f e r e n c e s

1. Doroshkevich, E.N., Pinevich, M.V., Shvidskaya, S.V. (2018). Regional earthquake catalogue of Kuril-Okhotsk region in 2012. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), Appendix on CD. (In Russ.).
2. Doroshkevich, E.N., Fokina, T.A., Pinevich, M.V., & Shvidskaia, S.V. (2019). Catalog of earthquakes in the Kuril-Okhotsk region for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
3. Rogozhin, E.A., & Levina, V.I. (2013). [Simushir earthquakes on November, 15th, 2006 (I) and January, 13th, 2007 (II) with $M_w=8.3$ and $M_w=8.1$ (Middle Kurily)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2007 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2007] (pp. 326–338). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
4. Ammon, C.J., Kanamori, H., & Lay, T. (2008). A great earthquake doublet and seismic stress transfer cycle in the central Kuril islands. *Nature*, 451 (7178), 561.
5. Polets, A.Y., & Zlobin, T.K. (2012). Reconstruction of the tectonic stresses field before and after the catastrophic Simushir earthquakes in 2006 and 2007. *Doklady Akademii Nauk* [Doklady Earth Sciences], 445 (1), 849–852. (In Russ.).
6. Kim, Ch U, & Andreeva, M.Ju. (2009). *Katalog zemletrjasenij Kurilo-Okhotskogo regiona (1737–2005 gg.)* [Earthquake catalogue of Kuril-Okhotsk region (1737–2005)]. Yuzhno-Sakhalinsk: IMGIG FEB RAS, 126 p. (In Russ.).
7. Fokina, T.A., Safonov, D.A., Doroshkevich, E.N., & Mikhailov, V.I. (2015). [Kuril-Okhotsk region]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2009 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2009] (pp. 169–179). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
8. Fokina, T.A., Safonov, D.A., Doroshkevich, E.N., & Mikhailov, V.I. (2018). Kuril-Okhotsk region. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), 172–187. (In Russ.).
9. Fokina, T.A., Safonov, D.A., Doroshkevich, 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
10. 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.
11. Snoke, J.A. (2003). FOCMEC: Focal mechanism determinations. *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*, 85, 1629–1630.

12. Sokos, E. N., & Zahradnik, J. (2008). ISOLA a Fortran code and a Matlab GUI to perform multiple-point source inversion of seismic data. *Computers & Geosciences*, 34 (8), 967–977.
13. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan. (2019). Retrieved from <http://www.fnet.bosai.go.jp>
14. Lukash, N.A., & Levina, V.I. (2019). Supplement to the catalog of the mechanisms of earthquake foci of the Kuril-Okhotsk region for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
15. Safonov, D.A., Konovalov, A.V., & Zlobin, T.K. (2015). The Urup earthquake sequence of 2012–2013. *Journal of Volcanology and Seismology*, 9 (6), 402–411.
16. United States Geological Survey. (2019). Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
17. Hisada, T., & Nakagawa, K. (1958). *Recent Japanese Developments in Engineering Seismology and Their Application to Buildings*. Building Research Institute, Ministry of Construction, Japanese Government.
18. Fokina T.A., & Lukash N.A. (2019). Macro seismic effect of tangible earthquakes in populated areas of the Kuril-Okhotsk region and adjacent territories in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
19. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p.
20. 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: GS RAS Publ. (In Russ.).
21. Chebrova, A.Yu., Mityushkina, C.V., Ivanova, V.I., & Guseva, E.I. (2014). [Okhotsk-I earthquake July 5, 2008 with $M_w=7.7$, $I_0=5$ and Okhotsk-II earthquake November 24, 2008 with $M_w=7.3$, $I_0=5$ (Sea of Okhotsk)]. In *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii, 2008 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2008] (pp. 359–377). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
22. Levina, V.I., Chebrova, A.Yu., Mitjushkina, S.V., & Ivanova, V.I. (2010). [Tumrok-I earthquake 16.06.2003 with $M_w=6.9$, $I_0=6$ and Tumrok-II earthquake 10.06.2004 with $M_w=6.8$, $I_0=5-6$ (Kamchatka)] In *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii, 2004 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2004] (pp. 314–323). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
23. Kogan, M.G., Vasilenko, N.F., Frolov, D.I., Freymueller, J.T., Steblov, G.M., Levin, B.W., & Prytkov, A.S. (2011). The mechanism of postseismic deformation triggered by the 2006–2007 great Kuril earthquakes. *Geophysical Research Letters*, 38 (6).
24. Zlobin, T.K., Safonov, D.A., & Polets, A.Y. (2011, October). Distribution of earthquakes by the types of the source motions in the Kuril-Okhotsk region. *Doklady Akademii Nauk* [Doklady Earth Sciences], 440 (2), 1410–1412. (In Russ.).
25. Lay, T., Ammon, C.J., Kanamori, H., Kim, M.J., & Xue, L. (2011). Outer trench-slope faulting and the 2011 M_w 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth, planets and space*, 63 (7), 37.
26. Astiz, L., Lay, T., & Kanamori, H. (1988). Large intermediate-depth earthquakes and the subduction process. *Physics of the Earth and Planetary interiors*, 53 (1–2), 80–166.