

УАНГСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 16 марта 2010 г. с $MLH=6.1$,

$I_0=7-8$ (Северо-Западный Сахалин)

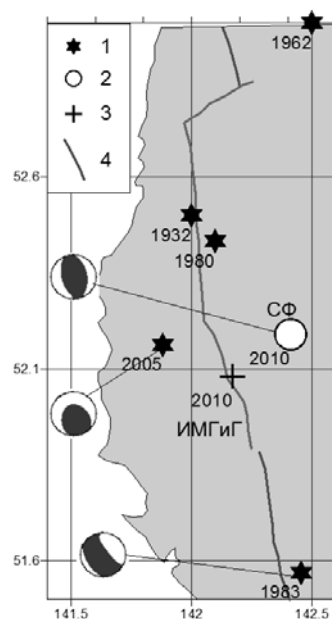
Р.С. Михайлова, В.И. Левина, Н.В. Петрова

Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gstras.ru

Землетрясение с $MLH=6.1$ [1], $M_{WGCMT}=5.8$ [2], произошедшее 16 марта 2010 г. в 09^h44^m в северо-западной части о. Сахалин, явилось самым сильным событием региона Сахалин в 2010 г. и имело максимальный макросейсмический эффект на территории Сахалина – интенсивность проявлений достигала 6 баллов [1] по шкале MSK-64 [3]. Землетрясение, получившее свое название по имени р. Большая Уанга, приурочено к системе Энгизпальских разломов, продолжающих Центрально-Сахалинский разлом [4]. За историю инструментальных наблюдений по данным [2] в этой зоне произошло несколько землетрясений с магнитудой $M \geq 5$ (рис. 1): Пильтунское 10 июля 1932 г. с $MLH=5.5$ [2, 5], 2 мая 1962 г. с $M=5.0$ [2, 5], Погибинское 14 марта 1980 г. с $M=5.2$ (в 25 км восточнее п. Погиби) [2, 6], Нышинское 17 марта 1983 г. с $MLH=5.3$ [2, 7], 8 марта 2005 г. с $MLH=5.1$ [2, 8]. Событие 8 марта 2005 г., предшествовавшее Уангскому землетрясению, ощущалось в исследуемой очаговой зоне региона с интенсивностью сотрясений до 5 баллов.

Рис. 1. Карта эпицентров сильных землетрясений исследуемого района Уангского землетрясения 16 марта 2010 г. за 1930–2010 гг.

1 – эпицентры землетрясений по [2]; 2, 3 – эпицентр Уангского землетрясения из [1] и [4] соответственно; 4 – Западно-Энгизпальский разлом из [4]; стереограммы механизмов землетрясений GCMT из [2].



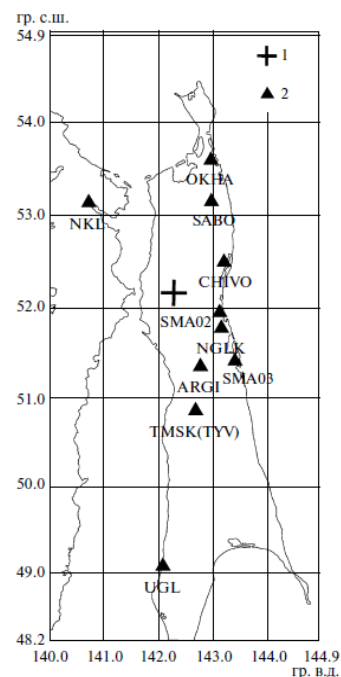
Инструментальные данные. Уангское землетрясение 16 марта 2010 г. было детально исследовано сотрудниками Института морской геологии и геофизики ДВО РАН [4]. Каталог ИМГиГ получен по данным локальной цифровой сети, установленной на севере Сахалина с 2006 г. (рис. 2). Она позволяет регистрировать сейсмические события с $ML \geq 2.0$.

Используя методики обработки, изложенные в [4], при помощи программы HYPOCENTER [9], авторами [4] получен каталог афтершоков Уангского землетрясения, произошедших в течение двух недель после главного толчка.

Рис. 2. Инструментальная сеть детальных сейсмологических наблюдений ИМГиГ

1 – инструментальный эпицентр Уангского землетрясения 16 марта 2010 г. с $MLH=6.1$ из [4]; 2 – цифровая сейсмическая станция ИМГиГ.

Локальная сеть ИМГиГ не входит в состав сети Сахалинского филиала, и данные этих станций не используются при обработке землетрясений, включаемых в каталог [1]. В обзоре [10] сказано, что в обработке землетрясений региона Сахалин принимают участие все станции СФ ГС РАН, поэтому приводим карту всех сейсмических станций филиала в 2010 г. (рис. 3). Но, вероятнее всего, локация довольно слабых



событий, каковыми являются афтершоки Уангского землетрясения, осуществлялась главным образом по данным станций, расположенных на о. Сахалин. Поскольку в обзоре [10] не приводится описание этого сильного ощутимого землетрясения, что принято делать по стандарту сборника «Землетрясения Северной Евразии», ред. сочла необходимым сделать анализ явлений, связанных с Уангским землетрясением, по данным каталога [1].

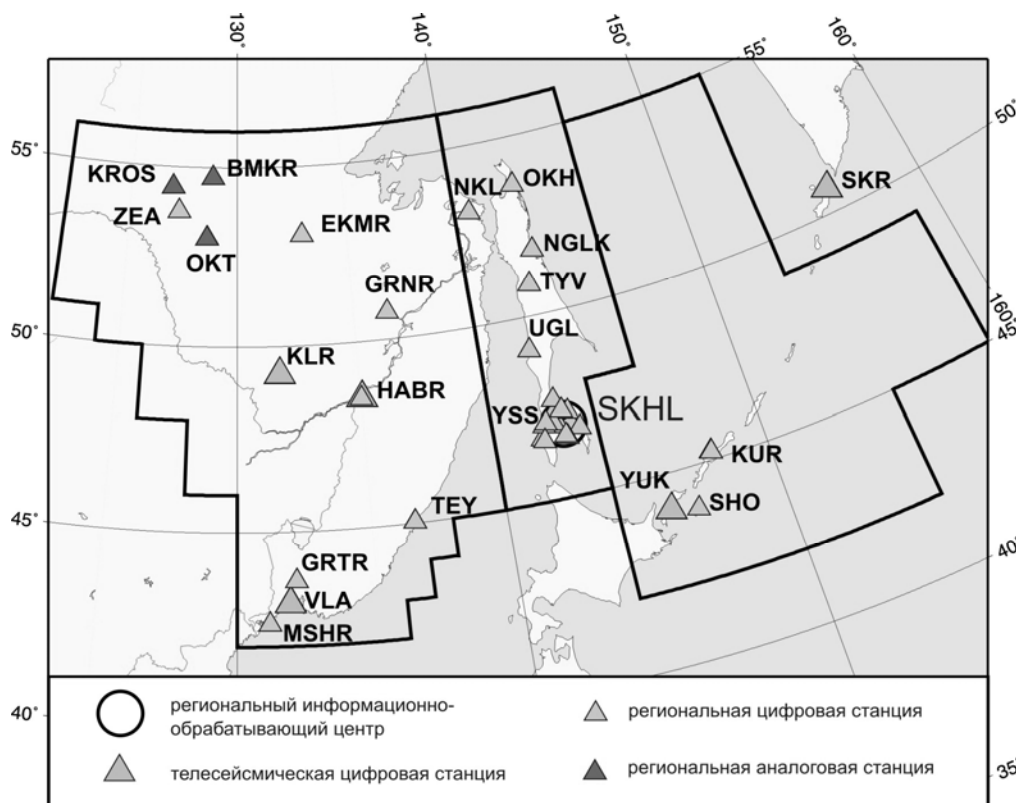


Рис. 3. Сеть сейсмических станций Сахалинского филиала ГС РАН по [11–13] в 2010 г.

Рассмотрим Уангское землетрясение более детально по наблюдениям региональной сети СФ ГС РАН¹.

Разные решения. Кинематические и динамические параметры землетрясения по данным разных агентств собраны в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры Уангского землетрясения 16 марта 2010 г. с $MLH=6.1$, $M_w=5.8$ по данным СФ ГС РАН в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Ис- точ- ник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
СФ ГС РАН	09 44 11.0	1.0	52.19	0.06	142.41	0.22	10f	0	$K_p=12.0$, $MLH=6.1/3$, $MPV=6.0/8$, $MPVA=5.4/13$, $MSH=6.0/3$	[1]
ИМГиГ	09 44 13.5		52.08		142.17				$ML=5.7$	[4]
MOS	09 44 13.4	0.95	52.119	0.06	142.278	0.04	10		$MS=5.5/83$. $MPSP=5.7/147$, $M_w=6.0/1$, $M_0=1.1 \cdot 10^{18}$ <i>Н·м</i>	[14] [15]
ISC	09 44 17.0	0.32	52.166	0.04	142.368	0.03	17	1.6	$M_s=(5.5 \pm 0.1)/217$, $m_b=(5.6 \pm 0.2)/403$	[2]
IDC	09 44 13.8	0.4	52.152	0.11	142.266	0.08	0f		$M_s=5.4/33$, $m_b=5.1/47$, $ML=4.4/5$	– " –
ВЛ	09 44 14.4	1.3	52.300		142.400		24		$M_s=6.1/85$, $m_b=5.3/64$	– " –
ISCJB	09 44 15.4	0.07	52.140	0.02	142.300	0.01	20.4			– " –

¹ В целях более простого изложения будем индексировать решения из каталога Сахалинского филиала – СФ, а Института морской геологии и геофизики – ИМГиГ.

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Ис- точ- ник
			φ°, N	$\delta\varphi^\circ$	λ°, E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
NEIC ₁	09 44 15.5	0.09	52.139	0.03	142.204	0.02	9 f		$M_s=5.5/143$, $M_w=5.7$, $M_0=5.4 \cdot 10^{17}$ Н·м	– " –
NEIC ₂	09 44 16.0		52.21		142.15		15		$M_w=5.8$	– " –
NEIC ₃	09 44 38.5		52.27		142.07		28		$M_w=5.8$, $M_0=6.9 \cdot 10^{17}$ Н·м	– " –
GCMT	09 44 17.9	0.10	52.14	0.01	142.09	0.01	12 f		$M_w=5.8/129$, $M_0=5.28 \cdot 10^{17}$ Н·м	– " –

Наглядное представление взаимного расположения разных решений в плане можно получить из рис. 4.

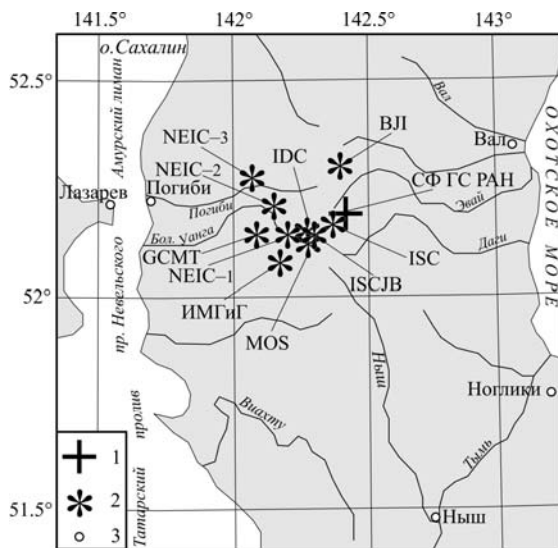


Рис. 4. Сопоставление решения эпицентра Уангского землетрясения 16 марта по данным региональных станций (СФ ГС РАН), локальной сети ИМГиГ и других агентств

1, 2 – инструментальный эпицентр по данным СФ ГС РАН и других сейсмологических служб соответственно; 3 – населенный пункт.

ные по данным $n=217$, 143 и 83 станций соответственно. Величина моментной магнитуды $M_w=5.8$ по двум агентствам (GCMT и NEIC) занимает промежуточное положение. Рассчитаем вариации интенсивности сотрясений в эпицентре I_0 в зависимости от выбранной магнитуды и глубины, опираясь на уравнение макросейсмического поля Л.М. Оскорбина из [16]:

$$I_0 = 1.6 M - 4.3 \lg h + 3.3. \quad (1)$$

При трех значениях магнитуды ($MLH=6.1$, $M_w=5.8$, $M_s=5.5$) и двух значениях глубины гипоцентра ($h=10$ и 17 км) имеем следующие вариации интенсивности I_0 :

$$I_0 = 8.7, 8.3, 7.8 \text{ или } 7.8, 7.3, 6.8 \text{ балла,}$$

т.е. от 8–9 до 7 баллов. Как указано выше, в ближайшем к инструментальному эпицентру населенном пункте пос. Погиби на расстоянии $\Delta=52$ км наблюдалась 6-балльная интенсивность сотрясений. Переходя, как положено, к гипоцентральному расстояниям, при указанных глубинах $h=10$ и 17 км имеем $r=52$ и 55 км. Соответственно, для тех же наборов магнитуд и глубин вариации интенсивности I_i на расстоянии 52 км следующие:

$$I_i = 5.7, 5.2, 4.7 \text{ или } 5.6, 5.1, 4.6 \text{ балла,}$$

т.е. расчетные значения интенсивности для пос. Погиби во всех вариантах не достигают наблюдаемых $I_i=6$ баллов, при максимальном значении $I_i=5-6$ баллов для варианта магнитуды

$MLH=6.1$ и минимальной фиксированной глубины $h=10$ км. Вероятно, макросейсмический эпицентр находится ближе к пос. Погиби, ведь основная группа эпицентров по данным международных агентств расположена западнее, а ошибка определения эпицентра сетью станций СФ ГС РАН составляет по широте $\delta\lambda=0.22^\circ$. Кроме того, существует вероятность того, что использованное уравнение макросейсмического поля Л.С. Оскорбина неприменимо к очаговой области Уангского землетрясения. В любом случае для уточнения регионального затухания и оценки интенсивности в эпицентре, при отсутствии наблюдений вблизи эпицентра, необходимо использовать всю совокупность имеющихся макросейсмических данных, поэтому вернемся к этому вопросу при их рассмотрении.

Механизмы. Решение механизма очага Уангского землетрясения, составляющее единственное событие в каталоге механизмов Сахалина [18] и представленное в обзоре [10] соответствующей стереограммой, не единственное. В бюллетени [2, 14] включены еще 5 вариантов решений механизма очага этого землетрясения, которые приведены в табл. 2 и на рис. 5. К тому же они дополнены механизмами очагов двух афтершоков, один из которых достаточно близок по времени к главному толчку (9 июля 2010 г.), а другой, совсем поздний (21 ноября 2013 г.), найденный на сайте GCMT [20].

Таблица 2. Параметры механизма очага Нышинского землетрясения 17.03.1983 г. с $MLH=5.3$, события 08.03.2005 г. с $MLH=5.1$, Уангского землетрясения 16 марта 2010 г. с $MLH=6.1$ и двух его афтершоков по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			K_C	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ- ник
				M_w	MLH	M_s		T		N		P		$NP1$			$NP2$			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1983 г.																				
HRVD	17.03	07 11 30.1	42	5.1	5.3	5.1		67	216	8	323	22	57	161	24	109	320	68	82	[2]
2005 г.																				
HRVD	08.03	23 58 36.9	10	5.0	5.1	4.5		57	159	3	340	0	250	188	54	132	311	53	47	[2]
2010 г.																				
SKHL	16.03	09 44 11	10		6.1		12.0	60	130	171	4	264	148	56	53	22	48	132		[18]
	16.03	09 44 13.4	10				5.5	41	1647	214	9	114	58	69	142	164	55	26		[19]
GCMT	16.03	09 44 17.9	12f	5.8				85	57	2	167	5	257	166	50	88	349	40	93	[2]
NEIC ₁	16.03	09 44 15.5	9f	5.7		5.5		69	168	20	342	1	73	184	47	119	325	50	63	– " –
NEIC ₂	16.03	09 44 16.0	15	5.8				77	12	10	163	5	254	155	51	76	356	40	106	– " –
NEIC ₃	16.03	09 44 38.5	28	5.8				67	302	14	173	16	79	1	63	106	148	31	61	– " –
GCMT	09.07	15 17 43.1	13	5.0				81	109	5	346	7	256	170	53	96	340	38	82	– " –
2013 г.																				
GCMT	24.11	10 20 29.4	20	4.9				77	4	13	164	4	255	153	51	74	358	42	109	[20]

Примечание. Координаты афтершоков: 09.07.2010 г. – (52.17°N, 142.26°E [1]); 24.11.2013 г. – (52.08°N, 142.28°E [21]).

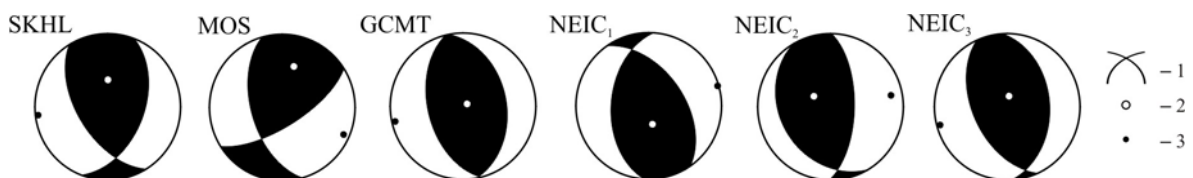


Рис. 5. Стереогаммы механизма очага Уангского землетрясения 16 марта 2010 г. с $MLH=6.1$ по данным разных агентств

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

Как видим, во всех решениях определяющими являются близгоризонтальные ($PL_p=1-16^\circ$) напряжения сжатия, ориентированные в субширотном направлении: от восток–северо-востока ($73, 79^\circ$) у NEIC_{1,2} до восток–юго-востока (114°) у MOS и запад–юго-запада ($264^\circ, 257^\circ, 254^\circ$) –

у остальных. Растяжения близвертикальные по данным NEIC и GCMT и промежуточные – по данным SKNL и MOS. Подвижка типа чистый взброс представлена в решении GCMT, у остальных взбросы в разной степени осложнены сдвигами, в основном правосторонними по плоскостям NPI .

Решение механизма очага по данным GCMT в [2] для афтершока, зарегистрированного 9 июля в 15^h17^m , приведено курсивом в табл. 2, а стереограмма – на рис. 6. Как видим, в представлении агентства GCMT параметры механизма очага афтершока практически совпадают с таковыми у главного толчка. Интересно сохранение параметров подвижки и у очень позднего афтершока 24.11.2013 г. – практически те же плоскости и движения по ним (табл. 2, рис. 6). Следует отметить, что и более ранние землетрясения, произошедшие 17 марта 1983 г. и 8 марта 2005 г., имеют также сходные механизмы (рис. 1), что говорит о принадлежности всех событий в табл. 2 к одной системе разломов.

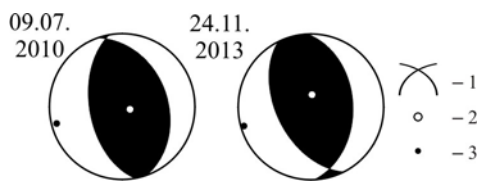


Рис. 6. Стереогаммы механизма очагов GCMT для двух афтершоков Уангского землетрясения 16 марта 2010 г., произошедших 09.07.2010 г. и 24.11.2013 г.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

Афтершоки. Для Уангского землетрясения имеются и два поля афтершоков, одно из которых опубликовано в [4] по данным локальной сети ИМГиГ и представлено на рис. 7, а, другое отмечено как «афтершок» в региональном каталоге [1] и представлено на рис. 7 б.

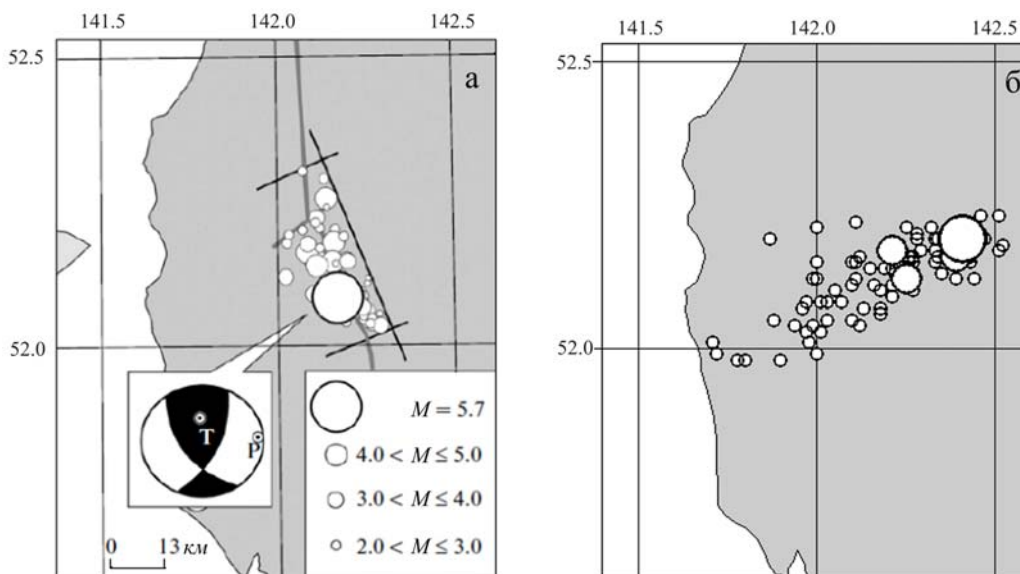


Рис. 7. Сравнение карт эпицентров афтершоков Уангского землетрясения по данным локальной и региональной сетей станций

Как видим, облако афтершоков, полученное в Сахалинском филиале, существенно отличается от такового, полученного по данным локальной сети ИМГиГ. Вытянутость афтершоковой области в субширотном направлении на рис. 7 б, скорее всего, связана с односторонним расположением сети станций Сахалинского филиала, по данным которой были локализованы землетрясения, а также удаленностью от эпицентра. Авторам работы [4] удалось избежать эффекта субширотной вытянутости облака афтершоков благодаря более близкому расположению станций и, возможно, благодаря применению методик локации землетрясений, позволяющих варьировать скоростную модель [4]. Эпицентральная область, полученная в [4], более соответствует тектонической картине северо-западной окраины о. Сахалин.

Макросейсмические данные. По данным регионального каталога [1] и описания макросейсмического эффекта в [22] составлена таблица пунктов-баллов Уангского землетрясения (табл. 3).

Таблица. 3. Макросейсмические данные об Уангском землетрясении 16 марта 2010 г. с $MLH=6.1$

№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E	№	Пункт	Δ , км	φ° , N	λ° , E
1	<u>6 баллов</u> Погиби	52/29	52.220	141.654	13	Мгачи	127/114	51.057	142.268
2	<u>5–6 баллов</u> Лазарев	62/39	52.213	141.510	14	<u>3 балла</u> Адо-Тымово	119/133	51.136	142.676
3	<u>4–5 баллов</u> Даги	42/66	52.120	143.013	15	Молодежное (Тымовский р-н)	131/144	51.022	142.650
4	Хоэ	98/106	51.320	142.187	16	Тунгор	138/139	53.394	142.962
5	Николаевск-на-Амуре	158/134	53.143	140.706	17	Тымовское	150/163	50.851	142.660
6	<u>4 балла</u> Вал	47/68	52.345	143.056	18	Маго	191/168	53.256	140.169
7	Ноглики	66/90	51.809	143.149	19	<u>2–3 балла</u> Пильтун	76/86	52.732	143.080
8	Ныш	77/94	51.533	142.756	20	Моликпак	97/111	52.729	143.519
9	Катангли	77/101	51.711	143.231	21	Арково	139/148	50.945	142.276
10	Чныррах	143/121	53.086	140.880	22	Воскресеновка	144/158	50.903	142.676
11	Красное	147/125	53.120	140.861	23	Александров-Сахалинский	145/152	50.901	142.152
12	<u>3–4 балла</u> Арги-Паги	96/90	51.345	142.737	24	Оха	159/158	53.588	142.941
					25	Комсомольск-на-Амуре	414/400	50.538	137.017

Примечание. Двойные значения эпицентральных расстояний соответствуют разным положениям исходного для расчета инструментального эпицентра – СФ ГС РАН и NEIC₃ по нижеизложенным соображениям.

Попытаемся по этим немногочисленным данным оценить особенности затухания интенсивности сотрясений и параметры макросейсмического поля Уангского землетрясения. Как видим, разброс исходных данных в ближней зоне ($r=52\text{--}200$ км) очень большой, а в дальней ($r=200\text{--}400$ км) зоне положение просто катастрофическое, т.к. имеется только один пункт.

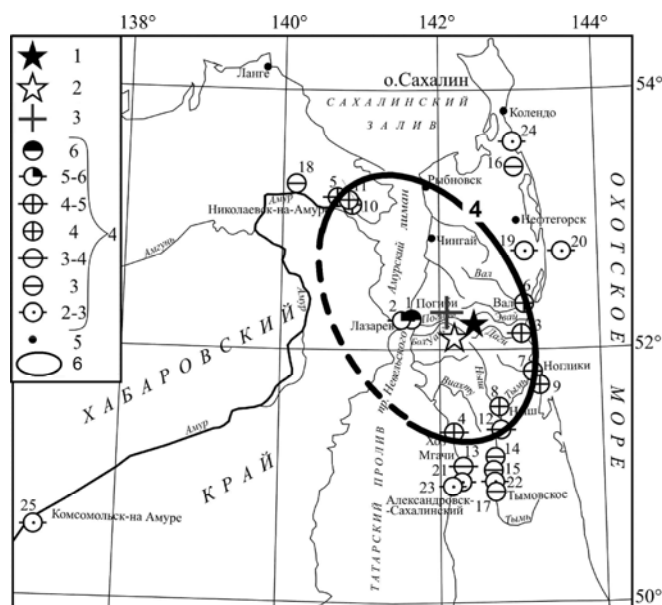


Рис. 8. Макросейсмическое поле ощутимости Уангского землетрясения 16 марта 2010 г. в населенных пунктах Сахалина и Приморья

1, 2 – инструментальный эпицентр СФ ГС РАН и ИМГиГ соответственно; 3 – макросейсмический эпицентр; 4 – интенсивность сотрясений по шкале MSK-64 [3]; 5 – населенный пункт; 6 – изосейста 4 балла.

Из приведенного на рис. 8 поля пунктов-баллов хорошо видны специфические сложности его анализа из-за вытянутости о. Сахалин и малого числа населенных пунктов. Можно лишь приблизительно установить положение 4-балльной изосейсты, вытянутой в северо-северо-западном направлении. Из-за отсутствия данных I_1 вблизи инструментального эпицентра определение положения макросейсмического эпицентра и оценка интенсивности I_0 , как и расчет макросейсмических глубин, становятся невозможными без некоторых допущений.

Обычно макросейсмический эпицентр находится как центр тяжести первой изосейсты, но так как провести ее невозможно, попробуем другие варианты. Предположение о том, что макросейсмический эпицентр локализован в месте инструментального эпицентра из [1] и [4], кажется невероятным из-за значительного смещения последнего к юго-востоку от центра тяжести 4-балльной изосейсты (рис. 8),

а также слишком высокой для расстояния 52 км интенсивности сотрясений в пос. Погиби, на что указывалось ранее.

Если принять за макросейсмический эпицентр центр тяжести 4-балльной изосейсты ($\varphi=52.27^{\circ}N$, $\lambda=141.9^{\circ}E$), то он окажется за пределами облака инструментальных эпицентров, в 12 км от самого западного инструментального эпицентра ($NEIC_3$). Поэтому примем третий вариант – макросейсмический эпицентр расположен в месте инструментального эпицентра по данным $NEIC_3$ ($\varphi=52.27^{\circ}N$, $\lambda=142.07^{\circ}E$). Именно этот «макросейсмический эпицентр» приведен на рис. 8, и для него пересчитаны все эпицентральные расстояния, представленные в табл. 3 – в качестве альтернативы расстояниям от инструментального эпицентра по данным СФ ГС РАН.

На рис. 9 представлены зависимости макросейсмической интенсивности Уангского землетрясения от расстояния $I(r)$, где r – гипоцентрально расстояние при глубинах $h=10$ км и 17 км из табл. 1. Из рисунка видно, что наблюдаемые макросейсмические данные неплохо соответствуют региональному уравнению (1) для Сахалина [16] при магнитуде $M=5.7$, которая получена осреднением магнитуд $MLH=6.1$, $MS^{MOS}=5.5$, $MS^{ISC}=5.5$, $M_w^{NEIC}=5.8$. При этом интенсивности сотрясений в пунктах, расположенных на континенте, в устье р. Амур (пункты № 2, 5, 10, 11, 25 на рис. 8 и 9, и в табл. 3), лучше соответствуют осредненному уравнению Шебалина [17]:

$$I=1.5 M - 3.5 \lg r + 3, \quad (2)$$

отражая, видимо, более слабое затухание к западу от Уангского землетрясения. Разница в затухании по законам (1) и (2) наиболее заметна на большом расстоянии (400 км) для пункта № 25 – Комсомольск-на Амуре.

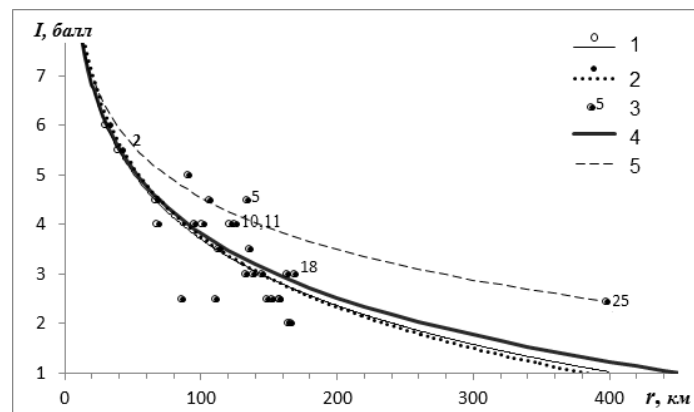


Рис. 9. График затухания макросейсмической интенсивности Уангского землетрясения 16 марта 2010 г. с $MLH=6.1$ в зависимости от гипоцентрального расстояния

1 – наблюдаемые данные $I(r)$ при $h=10$ км и аппроксимирующая их зависимость (3); 2 – то же, при $h=17$ км и аппроксимирующая зависимость (4); 3 – пункты Приамурья, номер рядом с кружком соответствует номеру пункта в табл. 3; 4 – уравнение макросейсмического поля (1) для Сахалина [16] при $M=5.7$; 5 – осредненное уравнение Шебалина [17] при $M=5.7$

Для всех макросейсмических данных, за исключением пункта № 25, установлены следующие уравнения связи:

$$I=12.62 - 4.45 \lg r, \quad R=0.8 \quad (h=10 \text{ км}), \quad (3)$$

$$I=13.21 - 4.7 \lg r, \quad R=0.8 \quad (h=17 \text{ км}). \quad (4)$$

Из (3) и (4) получаем $I_0=8$ при $h=10$ км и $I_0=7.5$ при $h=17$ км, а из уравнений (1) и (2) – $I_0=8$ при $h=10$ км и $I_0=7$ при $h=17$ км. Одинаковые оценки интенсивности I_0 в эпицентре Уангского землетрясения, полученные из уравнений (1) и (2), первое из которых соответствует наблюдаемым данным в населенных пунктах Сахалина, а второе хорошо аппроксимирует данные на территории Приамурья, подтверждает наш вывод о более слабом затухании в западном направлении. Подобное предположение высказывали авторы [23], объясняя заниженные значения наблюдаемой интенсивности сотрясений при Костромском землетрясении 30.05.2004 г. с $MLH=4.8$ в населенных пунктах центральной части Южного Сахалина экранирующим

действием зоны Центрально-Сахалинского разлома, проходящего вдоль восточных склонов Западно-Сахалинских гор. Примем для Уангского землетрясения среднее значение интенсивности в эпицентре $I_0=7-8$ баллов.

При $I_0=7.5$, $v=4.3$, площади 4-балльной изосейсты (рис. 8) $S=31288 \text{ км}^2$ и соответствующем ей среднем радиусе $\Delta=99.8 \text{ км}$ получим макросейсмическую глубину $h_1=16 \text{ км}$. Здесь использовано эпицентральное расстояние Δ вместо гипоцентрального r , так как на расстояниях, превышающих утроенную глубину очага, можно считать, что они равны. Таким образом, в итоге проведенных изысканий получены следующие приближенные макросейсмические параметры Уангского землетрясения: $I_0^p=7-8$ баллов, $\varphi_m=52.27^\circ\text{N}$, $\lambda_m=142.07^\circ\text{E}$, $h_m=16 \text{ км}$, а также следующие геометрические размеры 4-балльной изосейсты – $\ell_a=249 \text{ км}$, $\ell_b=159 \text{ км}$, $S_4=31288 \text{ км}^2$.

В заключение хочется выразить пожелание авторам макросейсмических статей использовать при обработке землетрясений записи всех имеющихся в регионе сетей сейсмических станций, а также весь комплекс макросейсмических данных при оценке интенсивности сотрясений в эпицентре. Иначе получается искаженная, и даже ложная информация о пространственной структуре сейсмического поля и уровне его сейсмической активности.

Л и т е р а т у р а

1. **Кислицына И.П. (отв. сост.), Сохатюк А.С., Децик И.В. (сост.)**. Каталог землетрясений Сахалина за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. **International Seismological Centre**, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
3. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага)**. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
4. **Коновалов А.В., Семенова Е.П., Сафонов Д.А.** Результаты детального изучения очаговой зоны землетрясения 16 марта 2010 года ($M_w=5.8$) на северо-западе о. Сахалин // Вулканология и сейсмология – М.: Наука, 2012. – С. 243–253.
5. **Оскорбин Л.С., Соловьёва О.Н., Соловьёв С.Л. VIII**. Сахалин [1906–1974 гг.; $M \geq 4.5$; $I_0 \geq 5$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 358–373.
6. **Оскорбин Л.С., Конохова Н.А.** Землетрясения Сахалина // Землетрясения в СССР в 1980 г. – М.: Наука, 1983. – С. 75–79.
7. **Урбан Н.А., Пиневиц М.В., Рудик М.И., Тверсков Э.М.** // Землетрясения в СССР в 1983 г. – М.: Наука, 1986. – С. 80–83.
8. **Фокина Т.А., Кислицына И.П., Нагорных Т.В., Сафонов Д.А.** Сахалин // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 190–199.
9. **Lienert В.Р.Е., Havskov J.** Hypocenter 3.2: A computer program for locating earthquakes locally, regionally, and globally // Seis. Res. Lett. – 1995. – 66. – P. 26–36.
10. **Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Михайлов В.И.** Сахалин (См. раздел (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
11. **Михайлов В.И. (сост.)**. Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. **Михайлов В.И. (сост.)**. Стационарные сейсмические станции Сахалина в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
13. **Михайлов В.И. (сост.)**. Стационарные сейсмические станции Курило-Охотского региона в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
14. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2010 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2010–2011. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010.
15. **Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Малянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. (сост.)**. Каталог землетрясений Земли за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

16. **Оскорбин Л.С.** Уравнения сейсмического поля сахалинских землетрясений // Сейсмическое районирование Сахалина. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 34–45.
17. **Шебалин Н.В.** Об оценке сейсмической интенсивности // Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. – М.: Наука, 1975. – С. 87–109.
18. **Гладырь Ж.В. (отв. сост.)**. Каталог механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
19. **Малянова Л.С. (отв. сост.)**. Каталог механизмов очагов сильных землетрясений Земли в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
20. **Global CMT Catalog Search**. – URL: <http://www.globalcmt.org/>.
21. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2010 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2010–2011. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2010.
22. **Сохатюк А.С. (сост.)**. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Сахалина в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
23. **Поплавская Л.Н., Нагорных Т.В., Фокина Т.А., Сафонов Д.А., Рудик М.И.** Костромское землетрясение 30 мая 2004 г. с $MLH=4.8$, $I_0=5-6$ (Сахалин) // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 303–313.