

### III. СИЛЬНЫЕ И ОЩУТИМЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

УДК 550.348. (571.56)

#### **ЧАРУОДИНСКОЕ-III ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 26 января 2009 г.**

**с  $K_p=13.7$ ,  $M_w=5.4$ ,  $I_0^P=8$  (Южная Якутия)**

**Б.М. Козьмин, С.В. Шибяев, А.Ф. Петров, К.В. Тимиршин**

*Якутский филиал ГС СО РАН, г. Якутск, b.m.kozmin@diamond.ysn.ru*

Чаруодинское-III землетрясение произошло 26 января 2009 г. в 21<sup>h</sup>30<sup>m</sup> и имело координаты 57.39°N и 120.85°E. Его очаг расположен на глубине 15 км и приурочен к области перехода от северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны (Верхнетоккинская рифтовая впадина) к Становой складчатой системе в Южной Якутии на правом берегу р. Олёкмы [1]. Рельеф представлен здесь северо-восточными отрогами хребта Удокан с прилегающей к нему гористой местностью Олёкмо-Чарского нагорья (рис. 1). Это уже третье сильное землетрясение в данной местности. Первые два возникли 10.11.2005 г. с  $K_p=15.7$ ,  $M_w=5.8$ ,  $I_0=8$  и 11.12.2005 г. с  $K_p=14.8$ ,  $M_w=5.7$ ,  $I_0=7$  на фоне большого Чаруодинского роя [2]. Величина Чаруодинского-III землетрясения характеризуется следующими параметрами: энергетическим классом  $K_p=13.7$  [3], магнитудами по поверхностным волнам  $M_S=5.0$  из [4] и  $M_S=5.0$  из [5], моментной магнитудой  $M_w=5.4$  [6].

Тогда можно рассчитать интенсивность сотрясений в эпицентре, используя известное [7] уравнение макросейсмического поля для Южной Якутии в виде:

$$I_0 = 1.5 M - 4.5 \lg h + 5.1.$$

При  $h=15$  км получается  $I_{01}^P=7.7$  при  $M_S=M_s=5.0$  или  $I_{02}^P=8.3$  при  $M_w=5.4$ , т.е. в среднем  $I_0^P=8$  баллов.

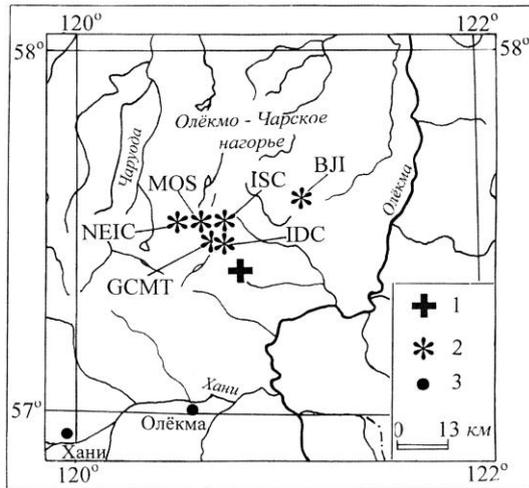
Региональные инструментальные параметры землетрясения в сравнении с решениями других мировых агентств представлены в табл. 1, а их сравнение в плане дано на рис. 1.

**Таблица 1.** Основные параметры Чаруодинского-III землетрясения 26 января 2009 г. с  $K_p=13.7$ ,  $M_w=5.4$  по данным Якутии (ЯФ ГС СО РАН) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр							Магнитуда	Источ- ник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$\Delta$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
ЯФ ГС СО РАН	21 30 36.2	0.2	57.39	0.01	120.85	0.02		15	10	$K_p=13.7$	[3]
MOS	21 30 36.4	0.9	57.51		120.60		20.0	12		$M_S=5.0/43$ , $MPSP=5.3/88$	[4]
ISC	21 30 38.7	0.3	57.50	0.02	120.69	0.02	15.0	14.2 13.9*	1.7 1.2*	$M_S=5.0/125$ , $m_b=5.2/246$ , * $h_{pP}$	[5]
IDC	21 30 35.8	0.4	57.43		120.67		12.5	0		$M_S=4.8/40$ , $m_b=4.8/28$	[5]
NEIC	21 30 38.8	2.1	57.51		120.58		21.8	13.3	9	$M_S=5.0/39$ , $m_b=5.2/139$	[5]
ВЛ	21 30 34.2		57.61		121.14		29.8	11		$M_S=5.8/68$ , $m_b=5.0/43$	[5]
GCMT	21 30 38.3		57.48		120.67			12		$M_w=5.4$ , $M_S=5.4$ , $m_b=5.2$	[6]

Примечание. Расстояние  $\Delta$ , км соответствует удалению от регионального решения эпицентра; расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к наст. сб.

Как следует из рис. 1, почти все решения, найденные разными агентствами, смещены от регионального к север-северо-востоку и отстоят от регионального на расстояниях  $\Delta=12-30$  км. Лучше других с региональными параметрами совпадают решения IDC и ISC ( $\Delta=12-15$  км), наибольшее отклонение как по азимуту, так и по расстоянию ( $\Delta=30$  км) имеет решение китайского агентства ВЛ.



**Рис. 1.** Положение инструментального эпицентра Чаруодинского-III землетрясения 26 января 2009 г. по региональным данным и других сейсмологических агентств

1 – региональный эпицентр; 2 – другое решение;  
 3 – населенный пункт.

4–5-балльные эффекты выявлены на железнодорожной станции Хани (75 км к юго–западу от эпицентра): толчок почувствовало все население, наблюдалась сильная вибрация на 1–5 этажах, звенела посуда и стекла окон, дрожали и качались люстры, был слышен сильный гул.

Интенсивность  $I=4$  балла зафиксирована очевидцами в селе Усть-Нюкжа, а также на станции БАМ Юктали и старательском участке Унгра на расстояниях 95–180 км от эпицентра землетрясения.

С интенсивностью  $I$  от 2 до 3–4 баллов землетрясение проявилось во всех населенных пунктах федеральной автодороги «Лена» от г. Тынды на юге до г. Алдана на севере, на эпицентральных расстояниях 230–340 км. Перечисленные немногочисленные макросейсмические сведения представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Макросейсмические сведения о Чаруодинском-III землетрясении 26 января 2009 г. в 21<sup>h</sup>30<sup>m</sup> с  $K_p=13.7$ ,  $M_w=5.4$

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<b>6 баллов</b>									
1	база охотников на р. Тунгурча	42 <sup>1</sup>	57.29	121.50	7	г. Нерюнгри	235	56.70	124.64
<b>5 баллов</b>									
2	пос. Олёкма	45 <sup>2</sup>	57.00	120.59	8	пос. Чульман	248	56.84	124.89
<b>4–5 баллов</b>									
3	пос. Хани	75 <sup>3</sup>	56.92	119.98	<b>3 балла</b>				
<b>4 балла</b>									
4	пос. Юктали	95 <sup>4</sup>	56.59	121.65	9	пос. Большой Хатымы	240	57.38	124.93
5	село Усть-Нюкжа	102 <sup>5</sup>	56.55	121.60	10	пос. Беркакит	250	56.55	124.77
6	база старателей Унгра	183	57.00	123.96	11	село Иенгра	268	56.22	124.86
					12	пос. Большой Нимыр	283	58.06	125.40
					<b>2–3 балла</b>				
					13	г. Алдан	295	58.61	125.41
					14	г. Тынды	340	55.15	124.72

<sup>1</sup> Ощущался мощный грохот.

<sup>2</sup> Ощущался сильный глухой гул, похожий на гром.

<sup>3</sup> Ощущался сильный гул.

<sup>4</sup> Ощущался гул.

<sup>5</sup> Ощущался гул.

Чаруодинское-III землетрясение локализовано в ненаселенной горнотаежной местности. В охотничьем зимовье, оказавшемся ближе всего к эпицентру (42 км к востоку от него) и расположенном в устье р. Тунгурчи (правом притоке р. Олёкмы), интенсивность сотрясений составила  $I=6$  баллов. Ощущались резкие колебания всего строения. Казалось, что оно вот-вот развалится. Трескались стены из бревен, вываливался мох из щелей, треснули стекла в окошке. Все предметы внутри двигались и опрокидывались на пол. С полок падали рюкзаки и посуда. Был слышен мощный грохот. Охотники в панике выскочили из помещения.

5-балльные эффекты отмечены на железнодорожной станции БАМ Олёкма (45 км к югу от эпицентра), где в жилых многоэтажных домах повсеместно отмечено дрожание стен и потолков, скрип полов и дверей, дребезжание мебели и стекол окон, звон посуды, раскачивание люстр. В отдельных случаях наблюдалось образование нитяных трещин в штукатурке и обоях. Все это сопровождалось сильным глухим гулом, похожим на гром.

В плане данные табл. 2 изображены на рис. 2.

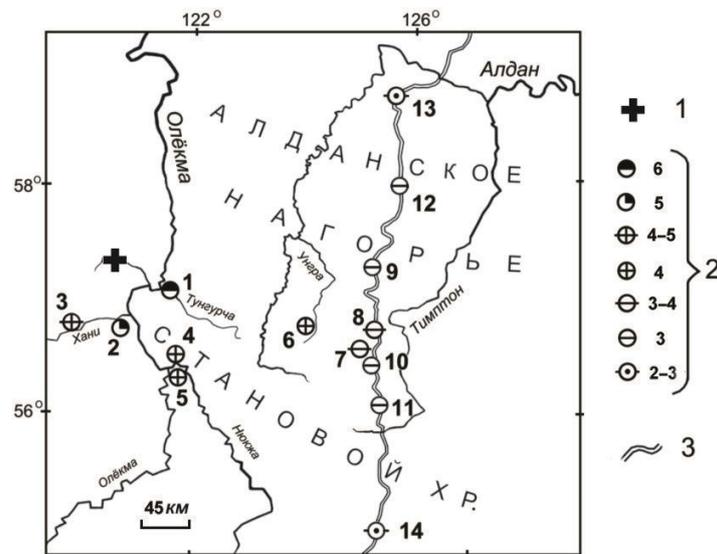


Рис. 2. Карта пунктов-баллов Чароудинского-III землетрясения 26 января 2009 г. в 21<sup>h</sup>30<sup>m</sup> с  $K_p=13.7$ ,  $M_w=5.4$

1 – инструментальный эпицентр; 2 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64 [8]; номера пунктов соответствуют таковым в табл. 2.

Следует отметить, что все сильные ( $K_p=11-12$ ) афтершоки, зарегистрированные 26–27 января, а также 23 июля 2009 г. ощущало местное население на железнодорожных станциях трассы БАМ Олёкма и Хани (табл. 3) с интенсивностью до 2–3 баллов [3]. Эффекты Чароудинского-III землетрясения 26 января наблюдались на юге Якутии, в Амурской и Читинской областях на площади около  $S_{ощут.} \sim 2 \cdot 10^5 \text{ км}^2$ .

Таблица 3. Интенсивность сотрясений афтершоков Чароудинского-III землетрясения из [3]

№	Дата, дн м г	$t_0$ , ч мин с	Пункт	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$\Delta$ , км	$I$ , балл
1	26.01.2009	21 42 31.8	Олёкма	57.00	120.59	40	3
			Хани	56.92	119.98	75	2–3
2	26.01.2009	21 54 21.7	Олёкма	57.00	120.59	41	2–3
			Хани	56.92	119.98	74	2
3	26.01.2009	21 54 44.5	Олекма	57.00	120.59	38	4
			Хани	56.92	119.98	70	3
4	27.01.2009	05 15 27.1	Олекма	57.00	120.59	39	3
			Хани	56.92	119.98	74	2–3
5	23.07.2009	03 55 27.3	Олёкма	57.00	120.59	40	2–3
			Хани	56.92	119.98	76	2
6	23.07.2009	04 42 56.7	Олёкма	57.00	120.59	40	2–3
			Хани	56.92	119.98	76	2

После главного толчка была отмечена продолжительная серия афтершоков (свыше 1100 [9]) с  $K_p=5-12$ . Карта их эпицентров изображена на рис. 3. Облако афтершоков имеет форму эллипса, большая ось которого ориентирована на восток–северо-восток (азимут составляет  $\sim 60^\circ$ ). Длина продольной оси эллипса  $a \sim 35 \text{ км}$ , ширина  $b \sim 25 \text{ км}$ . Общая площадь, занятая афтершоками, составила примерно  $S_{афт} \sim 690 \text{ км}^2$ . Главный толчок расположен ближе к восточному краю этой последовательности.

Сравнивая карту роевых событий 2005 г. на рис. 4 из [2] с облаком афтершоков на рис. 3, можно отметить их одинаковое расположение в пространстве, что может свидетельствовать о едином источнике их возникновения. Очень близки также координаты эпицентров главных подземных толчков (см. ниже табл. 4).



Рис. 3. Карта эпицентров афтершоков Чуруодинского-III землетрясения 26 января 2009 г. с  $K_p=13.7$ ,  $M_w=5.4$

1 – энергетический класс землетрясений  $K_p$ ; 2 – часть железнодорожной трассы БАМ.

Вместе с тем имеются и различия. Так афтершоки и рои Чуруодинских-I и -II землетрясений 2005 г. были локализованы главным образом на правом берегу, в верхнем и среднем течении р. Олдонго (рис. 4). Область афтершоков Чуруодинского-III землетрясения 2009 г., хотя территориально и совпадает с проявлениями роя 2005 г., но при этом смещена к северо-востоку примерно на 10 км, пересекая долину р. Олдонго и продолжаясь на ее левый берег. Обращает также на себя внимание, что все сильные ( $K_p=9-12$ ) афтершоки с упомянутой области произошли именно в ее северо-восточной части к северу от основного события (рис. 3). Таким образом, на Олёкмо-Чарском нагорье сохраняется тенденция развития сейсмотектонических процессов в северо-восточном направлении, подмеченная ранее для проявлений Чуруодинского роя 2005 г. [2].



Рис. 4. Карта роевых событий на Олёкмо-Чарском нагорье в 1997–2005 гг. из [2]

1 – афтершоки Олдонгсинского роя 1997 г.; 2 – афтершоки продолжения Олдонгсинского роя в 1998–1999 гг.; 3 – афтершоки Чуруодинского роя 2005 г.; 4 – сильные землетрясения с  $K_p \geq 12.5$ , рядом проставлен год их возникновения; 5 – ближайшая к эпицентрам железнодорожная трасса БАМ.

На рис. 5 показана сейсмическая обстановка за январь 2009 г. до и после Чаруодинского-III землетрясения. Можно заметить, что данное событие произошло на фоне отдельных слабых толчков, генерируемых Чаруодинским роем с 2005 г. [2] по настоящее время. Проявления Чаруодинского-III землетрясения и его повторных толчков в 2009 г. пространственно приурочены к области Чаруодинского роя 2005 г. [2] и несомненно вызваны продолжением его активности.

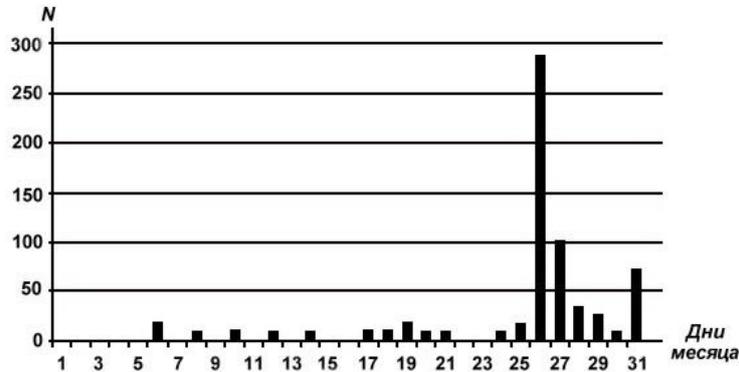


Рис. 5. Распределение числа землетрясений в Чаруодинском рое в январе 2009 г.

Механизм очага Чаруодинского-III землетрясения 26 января по данным GCMT [6] соответствует сбросовым подвижкам по обеим плоскостям разрыва, которые имели субширотное простираие с наклоном одного сместителя на север под углом  $51^\circ$  и второго – на юг под углом  $39^\circ$  (табл. 4). При этом тектонические напряжения растяжения действовали близгоризонтально ( $PL=6^\circ$ ) в субмеридиональном направлении (азимут  $175^\circ$ ), а сжимающие усилия были субвертикальны ( $PL=83^\circ$ ) и действовали в север–северо-восточном направлении (азимут  $29^\circ$ ). Этот тип механизма совпадает с решениями фокальных механизмов предыдущих сильных Чаруодинского-I и Чаруодинского-II землетрясений, имевших место в ноябре и декабре 2005 г. (рис. 6 и табл. 4). При этом ориентация плоскостей сместителей в очагах рассматриваемых событий согласуется с субширотным простираием тектонических нарушений соседней Токкинской системы разломов, развитой на северо-восточном окончании Байкальского рифта.

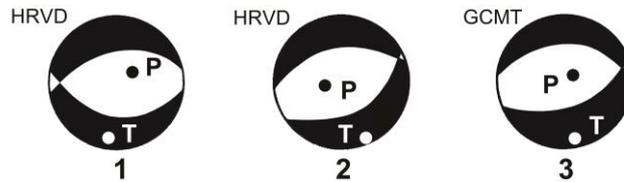


Рис. 6. Стереогаммы механизма очагов сильных землетрясений Чаруодинского роя на Олёкмо-Чарском нагорье в Южной Якутии: 1 – Чаруодинского-I (10.11.2005 г.), 2 – Чаруодинского-II (11.12.2005 г.), 3 – Чаруодинского-III (26.01.2009 г.); P – положение оси сжатия; T – растяжения.

Таблица 4. Параметры механизмов очагов сильных землетрясений Чаруодинского роя на Олёкмо-Чарском нагорье в 2005–2009 гг. (Южная Якутия)

№	Дата, д м г	$t_0$ , ч мин	Координаты		$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис- точ- ник
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		T		N		P		NP1			NP2			
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
1	10.11.2005	19 29	57.48	120.63	15.7	8	181	12	273	76	60	258	39	-110	102	54	-75	[2]
2	11.12.2005	15 54	57.63	120.82	14.8	1	164	11	74	79	262	265	45	-75	64	47	-105	[2]
3	26.01.2009	21 30	57.39	120.85	13.7	6	175	4	266	83	29	89	51	-85	261	39	-96	[6]

Таким образом, идентичность фокальных механизмов Чаруодинского роя еще раз подтверждает возникновение на левобережье р. Олёкмы в пределах Олёкмо-Чарского нагорья условий растяжения и указывает на возможность продвижения Байкальского рифта на восток в сторону Становой складчатой области.

### Л и т е р а т у р а

1. Парфенов Л.М., Козьмин Б.М., Гриненко О.В., Имаев В.С., Имаева Л.П., Болдырев М.В., Дудко Е.А. Геодинамика Олёкмо-Становой сейсмической зоны. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1985. – 135 с.
2. Шibaев С.В., Петров А.Ф., Козьмин Б.М., Имаева Л.П., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А., Тимиршин К.В., Петрова В.Е., Гилёва Н.А., Пересыпкин Д.М. Чаруодинский рой землетрясений 2005 года и его ощутимые землетрясения: Чаруодинское-I 10 ноября с  $K_p=15.7$ ,  $M_w=5.8$ ,  $I_0=8$  и Чаруодинское-II 11 декабря с  $K_p=14.8$ ,  $M_w=5.7$ ,  $I_0=7$  землетрясения (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии в 2005 году. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 404–418.
3. Козьмин Б.М. Шibaев С.В. (отв. сост.), Петрова В.Е., Захарова Ж.Г., Каратаева А.С., Москаленко Т.П. (сост.). Каталог землетрясений и взрывов Якутии за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2009 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2009–2010. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2009/](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2009/).
5. Bulletin of the International Seismological Centre for 2009. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2011.
6. Global CMT – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>.
7. Козьмин Б.М. Сейсмические пояса Якутии и механизм очагов их землетрясений.– М.: Наука, 1984. – 127 с.
8. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
9. Козьмин Б.М., Старкова Н.Н. (сост.). Афтершоки Чаруодинского землетрясения 26 января 2009 г. с  $K_p=13.7$ ,  $M_S=5.0$ . (См. Приложение к наст. сб. на CD).