

**АЛДАНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 8 ноября 2008 г. с  $K_p=13.5$ ,  $I_0=6$  (Якутия)****Б.М. Козьмин, Р.С. Михайлова**Якутский филиал ГС СО РАН, г. Якутск, [b.m.kozmin@diamond.ysn.ru](mailto:b.m.kozmin@diamond.ysn.ru)  
Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, [raisa@gsras.ru](mailto:raisa@gsras.ru)

Алданское землетрясение возникло в ненаселенной горно-таежной местности Южной Якутии 8 ноября 2008 г. в 08<sup>h</sup>45<sup>m</sup> с  $K_p=13.5$  [1] на западном фланге Станового хребта (водораздел между р. Алдан и ее левым притоком р. Амедичи. Очаг землетрясения находился в широкой (до 80–100 км) зоне влияния Станового структурного шва, которая следует в широтном направлении от р. Олёкмы к Охотскому морю, отделяя древние архейские структуры Алданского щита Сибирской платформы от протерозойских структур Становой складчатой области [2]. К этому разлому приспособилась р. Алдан в ее верховьях, огибающая с юга хр. Зверева, которая затем круто поворачивает к северу и течет вдоль локального меридионального тектонического нарушения, секущего Становой шов под прямым углом. Именно сюда приурочен эпицентр Алданского землетрясения 8 ноября 2008 г.

**Инструментальные данные.** Согласно бюллетеню ISC [3], землетрясение было записано 1133 станциями мировой сети. По региональным данным гипоцентр землетрясения располагался на глубине 21 км, а его магнитуда  $M_S$  составила 4.6 [4]. Разные решения его эпицентра по определениям основных мировых агентств сведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Основные параметры Алданского землетрясения 8 ноября 2008 г. с  $K_p=13.5$  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	Ис- точ- ник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$\Delta$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
ЯФ ГС СО РАН	08 45 55.8	0.2	56.83 <sub>н</sub> 56.73 <sub>м</sub>	0.01	123.20 <sub>н</sub> 123.45 <sub>м</sub>	0.02		21	8	$K_p=13.5$	[1]
MOS	08 45 53.5	0.8	56.91		123.01		14.6	6		$M_S=4.6/22$ , $MPSP=5.2/134$	[4]
ISC	08 45 58.2	0.9	56.86	0.02	123.01	0.03	12.0	23 19*	6 1.2*	$M_S=4.5/45$ , $m_b=5.0/325$ , * $h_{pp}$	[3]
IDC	08 45 53.8	0.4	56.81		123.10		6.5	0		$M_S=4.3/19$ , $m_b=4.8/3139$	[3]
NEIC	08 45 58.3	1.2	56.85		123.00		12.4	27	9	$m_b=5.1/198$	[3]
ВЛ	08 45 51.6		57.19		123.95		60.3	28		$M_S=5.1/40$ , $m_b=4.8/41$	[3]

Примечание. Нижними индексами «н» и «м» отмечены инструментальный и макросейсмический эпицентры соответственно.

Степень рассеяния решений представлена в плане на рис. 1.

Как видим, почти все решения расположены компактно и вблизи регионального эпицентра. Ближе всех ( $\Delta=6$  км) расположено решение IDC, другие чуть дальше ( $\Delta=12$ – $15$  км), кроме решения китайского агентства ВЛ, которое удалено от регионального эпицентра на 60 км к северо-востоку.

**Афтершоки.** Последовательность из 25 афтершоков [5] расположилась к югу от основного события вдоль трассы Станового структурного шва на расстоянии до 20 км (рис. 2).

Общая площадь, занятая повторными толчками, составила примерно 40 км<sup>2</sup>. Список семи более сильных ( $K_p \geq 7.6$ ) из них приведен в табл. 2. Из нее следует, что максимальный ( $K_a=10.7$ ) афтершок реализовался всего через 36<sup>m</sup> после главного толчка. Величина энергетической ступени от главного толчка составила

$$\Delta K_a = 13.5 - 10.7 = 2.8,$$

т. е. около трех порядков.

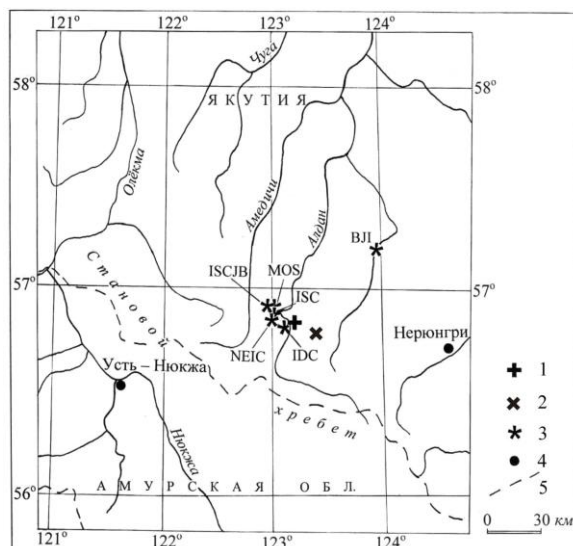


Рис. 1. Сопоставление решения эпицентра Алданского землетрясения 8 ноября по данным близких станций сети ЯФ ГС СО РАН с решениями других агентств

1, 2 – инструментальный и макросейсмический эпицентры соответственно; 3 – решения по данным других сейсмологических служб; 4 – населенный пункт; 5 – граница Амурской области.

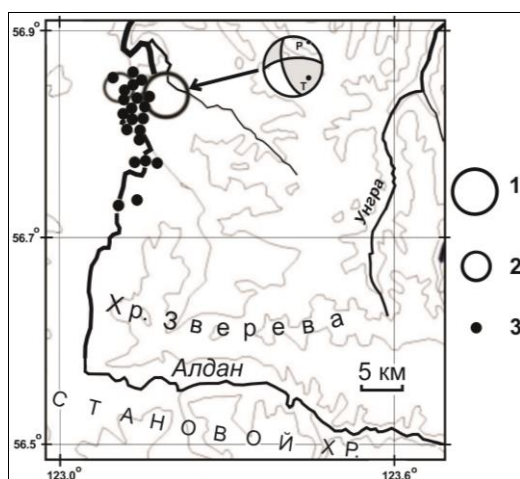


Рис. 2. Карта афтершоков и механизм очага Алданского землетрясения 2008 г.

1–3 – энергетический класс  $K_p$ : 1 – 13; 2 – 11; 3 – 7–9. На стереограмме:  $P$  – выход напряжений сжатия,  $T$  – растяжения.

Таблица 2. Основные параметры главного толчка и афтершоков Алданского землетрясения 8 ноября 2008 г. с  $K_p=13.5$

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$MS$	$MPVA$	$K_p$
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E				
Основной толчок								
	<b>08.11</b>	<b>08 45 55.8</b>	<b>56.83</b>	<b>123.20</b>	<b>21</b>	<b>4.6</b>	<b>5.2</b>	<b>13.5</b>
Афтершоки								
1	08.11	09 21 19.4	56.84	123.12				10.7
2	08.11	10 32 59.6	56.77	123.14				7.6
3	08.11	22 13 26.8	56.81	123.14				7.6
4	09.11	10 20 35.2	56.83	123.13				7.8
5	10.11	20 36 12.4	56.82	123.14				9.2
6	15.11	03 39 42.1	56.85	123.15				7.7
7	24.12	08 36 42.2	56.86	123.16				8.5

**Механизм очага** для рассматриваемого события был определен в ИЗК СО РАН по методу тензора сейсмического момента [6], параметры которого приведены в табл. 3. Исходными данными являлись записи поверхностных волн на 8 цифровых сейсмических станций сети IRIS. Кроме того, полученное решение поддерживалось сведениями о знаках первых вступлений *P*-волн на сейсмограммах региональных и удаленных сейсмических станций.

**Таблица 3.** Параметры механизма очага Алданского землетрясения 8 ноября 2008 г. с  $K_p=13.5$

Агент- ство	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды		$K_p$ [1]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис- точ- ник
				<i>MS</i>	<i>Ms</i>		<i>T</i>		<i>N</i>		<i>P</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>			
				[4]	[3]		<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	
ВУКЛ	08.11	08 45 55.8	21	4.6	4.5	13.5	36	125	54	300	4	35	265	67	30	162	63	154	[6]

Кинематический тип подвижки в очаге под действием преобладающих близгоризонтальных напряжений сжатия северо-восточной ( $AZM=35^\circ$ ) ориентации соответствовал взбросу с левосторонним сдвигом по близширотной плоскости *NP1* и правостороннему сдвигу с компонентами взброса по близмеридиональной плоскости *NP2* (рис. 2).

Сравнивая параметры механизма очага с особенностями проявлений Алданского землетрясения, можно отметить, что обе плоскости разрыва в очаге являются рабочими, т.к. простираение изосейст (см. ниже рис. 3) совпадает с ориентацией близширотной плоскости *NP1*, а зона афтершоков вытянута по направлению, близкому к простираению близмеридиональной плоскости *NP2*. При этом сжимающие усилия в очаге действовали близгоризонтально ( $PL_p=4^\circ$ ) в северо-восточном ( $AZM_p=35^\circ$ ) направлении. Это совпадает с положением вектора сжатия в очагах ближайших к Алданскому событию подземных толчков, произошедших ранее (Ларбинского 14.06.1971 г. с  $M=5.9$  ( $AZM=252^\circ$ ,  $DP=14^\circ$ ) [7] и Южно-Якутского 20.04.1989 г. с  $M=6.3$  ( $AZM=229^\circ$ ,  $DP=17^\circ$ ) [8]), и подтверждает, что сеймотектонические процессы здесь протекают в условиях сжатия.

**Макросейсмические данные.** Лучше всего землетрясение ощущалось в восточном направлении от эпицентра в населенных пунктах, расположенных вдоль Амуро-Якутской автодорожной магистрали, пересекающей территорию Южной Якутии с юга на север примерно по меридиану  $125^\circ E$ , где также проходит трасса нефтепровода «Восточная Сибирь–Тихий океан» (ВСТО). В ближайшем населенном пункте – г. Нерюнгри (87 км) к востоку от эпицентра – оно проявилось с интенсивностью до 5 баллов (табл. 4). Многими жителями особенно отчетливо были замечены сотрясения внутри зданий. Раскачивались люстры, сотрясалась мебель, дрожали и смещались компьютеры на столах. На верхних этажах зданий (7–9 этажи) колебания были сильнее (сдвигалась мебель, дребезжали посуда и стекла окон, передвигались предметы на полках и столах). Был слышен глухой гул, похожий на звук сильного взрыва.

На расстояниях 100–120 км к востоку от эпицентра в поселках Чульман, Иенгра, Беркаит отмечены сотрясения интенсивностью до 4 баллов: качались люстры; перемещалась мебель; на столе двигалась электроплитка; шевелились батареи отопления; слышался гул, подобный грому. С интенсивностью до 3 баллов толчок наблюдался в поселках Хатыми, Нимныр и Нагорный ( $\Delta=120$ –190 км). В г. Тында (210 км на юго-восток) землетрясение почувствовали лишь отдельные жители, больше на верхних этажах жилых домов (около 2 баллов). К западу от эпицентра это событие наблюдалось слабее, чем на востоке. Так, на железнодорожной станции БАМа – Юктали ( $\Delta=100$  км) – отмечены колебания, сопровождаемые резким гулом. На верхних этажах домов слышался скрип и шелест стен, потолков и полов (3–4 балла). На станции Хани (200 км к западу от эпицентра) имело место легкое покачивание лампочек, слегка позвякивала посуда в шкафу. На верхних этажах пятиэтажных домов отмечен легкий шелест с дрожанием (2–3 балла).

Особо следует отметить аномальные проявления этого землетрясения на эпицентральных расстояниях 230–260 км к северо-востоку от эпицентра в районе трех населенных пунктов – г. Алдан, пос. Нижний Куранах и Ленинский. Здесь землетрясение проявилось с интенсивностью сотрясений  $I=3$ –4 балла. Оно ощущалось главным образом внутри помещений в виде волнообразных колебаний. Некоторые жители выходили из домов. Дребезжала посуда, слышался скрип полов и потолков в деревянных домах. Местами сдвигалась легкая мебель. Отмечена де-

формация в виде трещин и разрыв обоев в некоторых каменных домах. В двух случаях над входной дверью образовались волосяные трещины в штукатурке. Легко раскачивались электролампочки. Следует заметить, что подобная локальная аномалия интенсивности воздействий (на 1–2 балла выше, чем в близлежащих населенных пунктах) наблюдалась здесь также при Южно-Якутском 20 (21).04.1989 г. с  $M=6.3$  [8], Чаруодинском-I 10.11.2005 г. с  $M=5.8$  и Чаруодинском-II 11.12.2005 г. с  $M=5.7$  [9] землетрясениях, что связано, скорее всего, с грунтовыми условиями этой местности. Алданское землетрясение ощущалось на территории Республики Саха (Якутия) и в Амурской области на площади порядка  $130 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ .

По материалам опроса местного населения была составлена табл. 4 пунктов-баллов, включающая 13 объектов.

**Таблица 4.** Макросейсмические данные об Алданском землетрясении 8 ноября 2008 г. в  $08^{\text{h}}45^{\text{m}}$  с  $K_p=13.5$

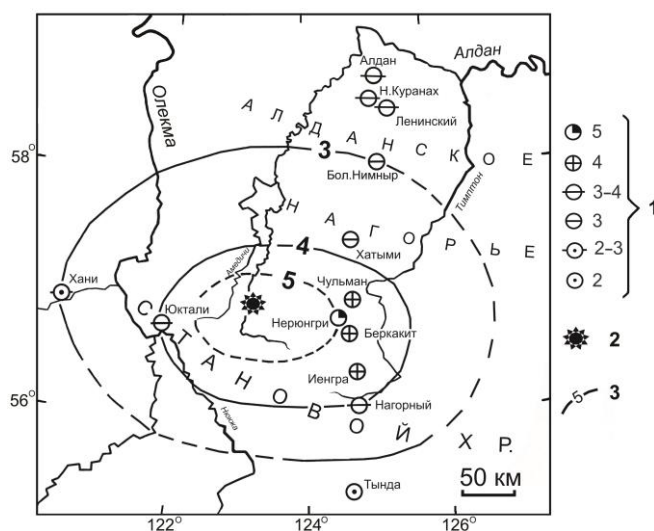
№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
1	<u>5 баллов</u>	87	56.70	124.64	8	Алдан	238	58.61	125.41
	Нерюнгри				262	58.52	125.52		
2	<u>4 балла</u>	100	56.84	124.89				<u>3 балла</u>	
	Чульман				10	Хатыми	120	57.38	124.93
3	Беркакит	100	56.56	124.77	11	Большой Нимныр	193	58.06	125.40
4	Иенгра	120	56.22	124.86	<u>2–3 балла</u>				
5	<u>3–4 балла</u>	100	56.59	121.65	12	Хани	200	56.92	119.98
	Юктали				<u>2 балла</u>				
6	Нагорный	142	55.95	124.90	13	Тында	210	55.15	124.72
7	Ленинский	235	58.58	125.46					

На основе табл. 4 построена карта изосейст (рис. 3), которые оказались эллипсами, вытянутыми субширотно и ограничивающими территорию с сотрясениями с интенсивностью  $I=3, 4$  и 5 баллов. Расчетная интенсивность  $I_0$  сотрясений в эпицентре Алданского землетрясения, согласно уравнению макросейсмического поля для Южной Якутии из [7]

$$I_0 = 1.5 MS - 4.5 \lg h + 5.1$$

и исходным значениям магнитуды ( $MS=4.6$  [4]) и глубины ( $h_{\text{пр}}^*=19 \text{ км}$  [3]) гипоцентра, равна

$$I_0^{\text{р}} = 1.5 \cdot 4.6 - 4.5 \cdot 1.2788 + 5.1 = 6.25.$$



**Рис. 3.** Карта изосейст Алданского землетрясения 8 ноября 2008 г.

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64; 2 – инструментальный эпицентр; 3 – изосейста.

Представленная карта изосейст позволяет рассчитать основные геометрические параметры макросейсмического поля Алданского землетрясения, приведенные в табл. 5.

**Таблица 5.** Основные параметры макросейсмического поля Алданского землетрясения 8 ноября 2008 г. в 08<sup>h</sup>45<sup>m</sup> с  $K_p=13.5$

$I_s$ , баллы	Геометрические параметры поля изосейст, км				Площадь $S_i$ зоны, км <sup>2</sup>
	$\ell_a$	$\ell_b$	$\bar{\ell}$	$\ell_a/\ell_b$	
5	132.5	80	103	1.656	4160
4	235	150	188	1.567	9676
3	405	290	343	1.396	32263

Примечание. Среднее  $\bar{\ell}$  является средним геометрическим  $\bar{\ell} = \sqrt{\ell_a \cdot \ell_b}$ .

Из табл. 5 следует, что отношение продольных и поперечных осей изосейст колеблется от 1.6 до 1.4. Эти оценки весьма полезны при построении теоретических изосейст в ненаселенных территориях. Общая площадь сотрясений с  $I \geq 3$  балла около  $45 \cdot 10^3$  км<sup>2</sup>.

Подводя итоги, можно констатировать, что Алданское землетрясение 2008 г. подтверждает высокий сейсмический потенциал Олёкмо-Становой сейсмотектонической зоны в Южной Якутии, маркирующей зону сочленения Евразийской и Амурской литосферных плит на востоке Азиатского континента.

#### Л и т е р а т у р а

1. Козьмин Б.М., Шibaев С.В. (отв. сост.), Петрова В.Е., Захарова Ж.Г., Каратаева А.С., Москаленко Т.П. Каталог землетрясений Якутии за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. 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.
3. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2008.** – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
4. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2008 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – URL: [ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2008/](ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2008/).
5. Козьмин Б.М. (сост.). Афтершоки ( $N=25$ ) Алданского землетрясения 8 ноября 2008 г. с  $K_p=13.5$ ,  $MS=4-6$ ,  $I_0=6-7$  (Южная Якутия). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Середкина А.И. Механизм очага Алданского землетрясения 8 ноября 2008 г. с  $K_p=13.5$ ,  $MS=4.6$ . Личный архив. – Иркутск, 2013.
7. Козьмин Б.М. Сейсмические пояса Якутии и механизм очагов их землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 127 с.
8. Козьмин Б.М., Голенецкий С.И. и др. Южно-Якутское землетрясение 20 (21).04.1989 г. и его афтершоки // Землетрясения в СССР в 1989 году. – М.: Наука, 1993. – С. 172–193.
9. Шibaев С.В., Петров А.Ф. и др. Чаруодинский рой землетрясений 2005 г. и его ощутимые землетрясения: Чаруодинское -I 10 ноября в 19<sup>h</sup>29<sup>m</sup> с  $K_p=15.7$ ,  $M_w=5.8$ ,  $I_0=8$  и Чаруодинское -II 11 декабря в 15<sup>h</sup>54<sup>m</sup> с  $K_p=14.8$ ,  $M_w=5.7$ ,  $I_0=7$  (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 404–418.