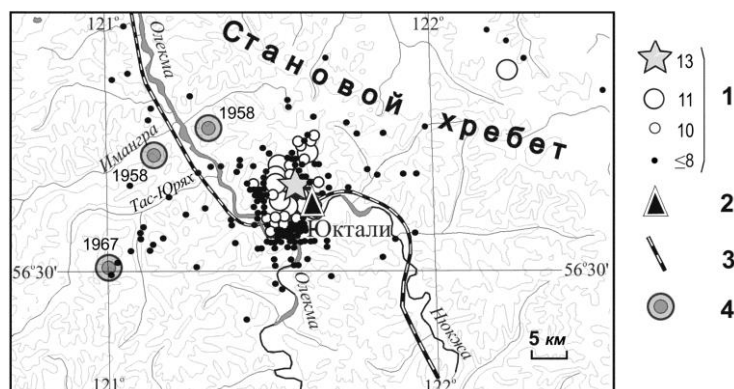


**НЮКЖИНСКИЙ РОЙ и ЕГО МАКСИМАЛЬНЫЙ ТОЛЧОК 16 марта 2011 г.****с  $K_p=13.5$ ,  $M_w=5.1$ ,  $I_0=7$  (Южная Якутия)****Б.М. Козьмин<sup>1,2</sup>, Р.С. Михайлова<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Якутск, [shibaev@emsd.ysn.ru](mailto:shibaev@emsd.ysn.ru)<sup>2</sup>Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, [b.m.kozmin@diamond.ysn.ru](mailto:b.m.kozmin@diamond.ysn.ru)ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, [raisa@gsras.ru](mailto:raisa@gsras.ru)

Крупный Нюкжинский рой землетрясений (рис. 1) сформировался в 2011 г. на правом берегу р. Олёкмы у южных склонов Станового хребта в Южной Якутии. Общее число событий в последовательности Нюкжинского роя составило 796 толчков с энергетическими классами  $K_p=5.0-13.5$  [1], или, как отмечено в [2], почти половину от всего количества ( $N_2=1819$ ) землетрясений в Якутии в 2011 г.



**Рис. 1.** Карта эпицентров землетрясений Нюкжинского роя за 2011 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2 – сейсмическая станция «Октали»; 3 – железнодорожная трасса БАМ; 4 – эпицентры сильных землетрясений: Нюкжинского и Олёкминского 1958 г. (соответственно на левом и правом берегах р. Олёкмы) и Тас-Юряхского 1967 г. [3].

Эпицентральная область роя имеет форму эллипса с большой осью, вытянутой в долготном направлении, примерно на 30 км. Эта область находится на участке территории в пределах координат:  $\varphi=56.5^{\circ}-56.7^{\circ}N$  и  $\lambda=121.4^{\circ}-121.7^{\circ}E$ . Она тяготеет к южным склонам Станового хребта и пересекает р. Нюкжу в ее устье, рядом с мостом трассы БАМ через р. Олёкму. Площадь этой области составила около 400 км<sup>2</sup> (рис. 1).

**Развитие во времени.** Рой возник еще в феврале 2010 г., сначала в виде единичных событий, а затем серии (свыше 100) слабых землетрясений [4], которые фиксировались в течение этого года. Более сильные (с  $K_p \geq 7.6$ ) из них приведены из [5] в табл. 1.

**Таблица 1.** Землетрясения с  $K_p \geq 7.6$  за 2010 г. из [5], входящие в Нюкжинский рой

№	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$	№	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$K_p$
			$\varphi^{\circ}, N$	$\lambda^{\circ}, E$					$\varphi^{\circ}, N$	$\lambda^{\circ}, E$	
1	26.11.2010	07 28 44.5	56.70	121.38	7.6	4	30.12.2010	16 35 11.7	56.65	121.58	8.2
2	28.12.2010	22 47 31.4	56.65	121.60	8.0	5	31.12.2010	01 30 42.4	56.65	121.61	8.5
3	29.12.2010	08 16 52.7	56.65	121.55	8.1						

Его деятельность продолжалась в течение всего 2011 г. Распределение числа всех роевых толчков за 2011 г. по месяцам из полного каталога землетрясений Якутии [6] дано в табл. 2.

**Таблица 2.** Распределение числа землетрясений Ньюжинского роя с  $K_p \geq 5.3$  по месяцам в 2011 г.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$N_{\Sigma}$
Число	22	10	291	206	54	71	19	31	15	27	18	32	796

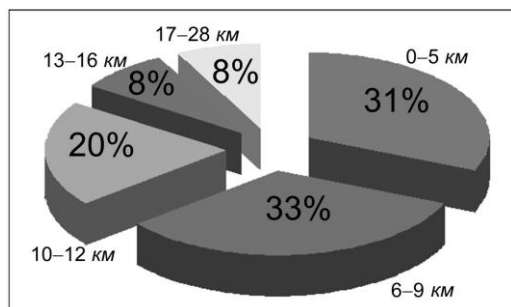
Максимальное оживление роя пришлось на март–апрель 2011 г., когда только за два месяца было зарегистрировано 497 подземных толчков.

**Глубины очагов в серии.** Наличие близкой (6–7 км) к рою сейсмической станции «Юк-тали» позволило провести массовое определение глубин очагов этих землетрясений. Удалось оценить глубину гипоцентров для большей части (525 толчков) от всех зарегистрированных случаев (табл. 3).

**Таблица 3.** Число землетрясений Ньюжинского роя 2011 г. на разных глубинах

$\Delta h$ , км	$N$	Соотношение в % от общего числа определений	$\Delta h$ , км	$N$	Соотношение в % от общего числа определений
0–5	165	31	13–16	41	8
6–9	172	33	17–28	40	8
10–12	107	20	Всего	525	100

По данным табл. 3 была составлена диаграмма распределения роевых событий Ньюжинского роя в пределах земной коры (рис. 2).

**Рис. 2.** Диаграмма распределения очагов землетрясений Ньюжинского роя за 2010–2011 гг. по глубинам

Особенности залегания глубин указывают, что большинство роевых событий являются мелкофокусными (64 % из них возникли в интервале 0–10 км). Это свидетельствует о том, что сеймотектоническими процессами была охвачена, главным образом, верхняя часть земной коры, мощность которой в данном районе достигает 42 км [3].

**Главный толчок.** Самое сильное ( $K_p=13.5$ ) землетрясение, принадлежащее этому рою, возникло 16 марта в 17<sup>h</sup>12<sup>m</sup> по Гринвичу (3<sup>h</sup>12<sup>m</sup> ночи по местному времени) с  $\varphi=56.64^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=121.58^\circ\text{E}$  [7]. Оно зарегистрировано региональными и основными мировыми агентствами (табл. 4).

**Таблица 4.** Основные параметры максимального толчка Ньюжинского роя 16 марта 2011 г. с  $K_p=13.5$  по региональным данным (YARS) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta$ , км	$\lambda^\circ$ , E	$\delta$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
YARS	17 12 36.1	0.1	56.64		121.58		10		$K_p=13.5$	[7]
BYKL	17 12 36.2	0.33	56.63		121.59		9	4.0	$K_p=14.2 \pm 0.2$ [8], $M_w=5.3$ , $h=30$ , $M_0=9.20 \cdot 10^{16}$ Дж-м [9],	
MOS	17 12 37.3	1.07	56.521	6.4	121.470	4.9	16		$M_S=4.6/17$ , $MPSP=5.1/50$	[10]
ISC	17 12 38.58	0.45	56.6135	3.3	121.5874	2.5	11.8	2.7	$M_S=(4.8 \pm 0.2)/45$ , $m_b=(4.9 \pm 0.2)/191$ ,	[8]
ISCJB	17 12 37.12	0.10	56.6072	2.7	121.3342	1.8	10.3f		$h_{pP}=10.3$	[8]
NEIC	17 12 40.96	0.55	56.5480	4.6	121.3920	3.2	26.3	4.1	$m_b=4.9/123$	[8]
GCMT	17 12 41.0	0.20	56.68	2.2	121.57	1.1	16.2	1.0	$M_w=5.1$ , $M_0=4.94 \cdot 10^{16}$ Дж-м	[11]
IDC	17 12 36.91	0.41	56.5746	10.8	121.5635	7.9	0f		$M_S=(4.6 \pm 0.1)/33$ , $M_l=(4.3 \pm 0.2)/6$	[8]
VJI	17 12 34.1	1.48	56.75		122.01		11		$M_S=5.4/43$ , $m_b=4.7/58$	[8]

Примечание. Сведения об агентствах см. в обозначениях к наст. ежегоднику.

Разброс решений изображен на рис. 3.

Как видим, почти все решения расположены компактно, кроме китайского эпицентра ВЛ. Региональный эпицентр, изображенный прямым крестом, хорошо подкрепляется решениями соседнего Байкальского филиала ГС СО РАН в Иркутске (ВУКЛ), Международного сейсмологического центра в Лондоне (ISC) и Колумбийского университета в Нью-Йорке (GCMT).

Данные табл. 4 о разных оценках магнитуды главного толчка ( $M=f(K_p, YARS)$ ,  $M=f(K_p, ВУКЛ)$ ,  $MS$ ,  $M_s$ ,  $M_w_{ВУКЛ}$ ,  $M_w_{GCMT}$ ) при двух значениях его глубины ( $h_{YARS}=10$  км,  $h_{рр\ ISCJB}=10.3$  км) можно использовать для определения расчетной интенсивности сотрясений в его эпицентре –  $I_0$ , по обоим существующим уравнениям макросейсмического поля для Южной Якутии (табл. 5):

$$I_0=1.5 M - 4.5 \lg h + 5.1, \quad [12]$$

$$I_0=1.5 M - 3.2 \lg h + 2.7. \quad [13]$$

Как видим, при разных исходных данных разброс расчетных значений интенсивности сотрясений  $I_0$  от главного толчка Нюкжинского роя велик, от 9-ти до 5–6 баллов, но среднее из средних равно  $\bar{I}_0^p = 7.4$  балла.

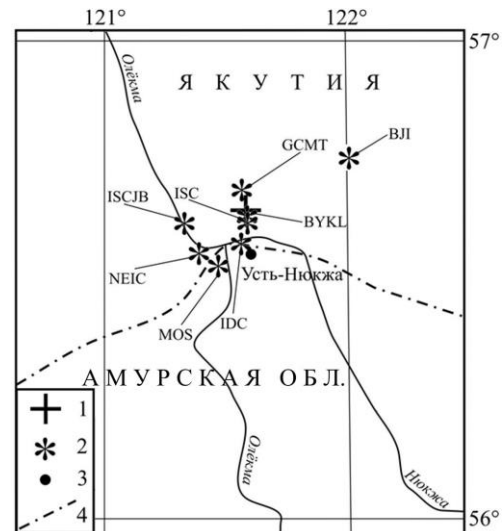


Рис. 3. Сопоставление решения эпицентра максимального толчка Нюкжинского роя 16 марта 2011 г. с  $K_p=13.5$  по региональным данным (YARS) с определениями других агентств

1, 2 – инструментальный эпицентр по данным Якутии [7] и других сейсмологических служб соответственно; 3 – населенный пункт; 4 – административная граница между регионами.

Таблица 5. Разные варианты расчетных значений  $I_0$  и оценка его средней величины

№	$M$	$1.5 M$	$h$	$I_0=1.5 M - 4.5 \lg h + 5.1$	$I_0=1.5 M - 3.2 \lg h + 2.7$	$\bar{I}_0$
1	$M(K)=(13.5-4)/1.8=5.27$	7.905	10	8.50	8.10	
2	$M(K)=(14.2-4)/1.8=5.66$	8.49	10	9.09	7.99	
3	$MS=4.6$	5.9	10	5.96	5.40	
4	$M_s=4.8$	6.2	10	6.80	5.70	
5	$M_w_{ВУКЛ}=5.3$	7.95	10	8.55	7.45	
6	$M_w_{GCMT}=5.1$	7.65	10	8.25	7.15	
	Сумма			47.155	41.795	
	Среднее $I_0$			7.859	6.966	7.4

Механизм очага главного толчка, согласно [14], определен в двух центрах: ВУКЛ и GCMT (табл. 6).

Таблица 6. Параметры механизмов очагов землетрясений Якутии в 2011 г.

№	Агентство	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$M_w$	$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
							T		N		P		NP1			NP2			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
Главный толчок																			
1	ВУКЛ	16.03	17 12 36			13.5	778	129	10	340	6	249	168	52	103	327	40	74	[15]
2	GCMT	16.03	17 12 36	16	5.1		110	157	80	346	1	251	293	82	6	203	84	172	[11]
Афтершок																			
3	ВУКЛ	25.04	22 13 49			12.1	9	180	11	272	76	52	100	55	-76	257	37	-109	[15]

В решениях обоих агентств (ВУКЛ и GCMT) определяющими напряжениями в очаге главного толчка являются близгоризонтальные напряжения сжатия ( $PL_{р\ ВУКЛ}=6^\circ$  и  $PL_{р\ GCMT}=1^\circ$ ).

Вместе с тем, в табл. 6 и на стереограммах (рис. 4) легко заметить, что для обоих решений ориентация сжимающих напряжений в очаге этого землетрясения совпадает ( $AZM_{P_{BYKL}}=249$  и  $AZM_{P_{GCMT}}=251^\circ$ ). Это указывает на то, что современные тектонические процессы протекают здесь в условиях восток–северо-восточного сжатия. Подвижка в очаге по решению ВУКЛ – типа взброс по обеим нодальным плоскостям с небольшими компонентами правостороннего сдвига по плоскости  $NP1$  и левостороннего – по  $NP2$ . Подвижка в очаге по решению GCMT – сдвиг, левосторонний по плоскости  $NP1$  с запад–северо-западным ( $293^\circ$ ) простиранием и правосторонний по плоскости  $NP2$  юг–юго-западного ( $203^\circ$ ) простирания, осложненный небольшими компонентами взброса.

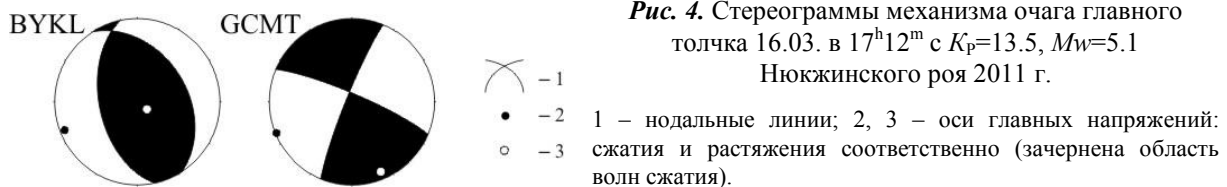


Рис. 4. Стереограммы механизма очага главного толчка 16.03. в  $17^h12^m$  с  $K_p=13.5$ ,  $M_w=5.1$  Ньюжинского роя 2011 г.

Различия обусловлены разными методами определения механизма движения в очаге. Первое решение получено в Байкальском филиале по знакам первых вступлений  $P$ -волн [15], второе – в международном центре ССМТ методом инверсии волновых форм по суммарному эффекту всех волн на основе тензора сейсмического момента центра. Различия в приведенных в табл. 6 решениях естественны, т.к. восстановленные параметры механизма очага по первым движениям в продольных волнах характеризуют начальное движение в очаге, а по инверсии волновых форм – максимальную фазу процесса. Кроме того, оба метода имеют свои ошибки в определении параметров, а также ошибки, связанные с недостатком исходных данных при их построении. В любом случае параметры плоскостей разрыва в очаге при решениях ВУКЛ и GCMT совпадают с морфо-кинематической характеристикой господствующих здесь тектонических нарушений, т.к. Ньюжинский рой приурочен к узлу двух крупных региональных разломов: субдолготному Олёкма-Ньюжинскому взбросу, фиксируемому вдоль долины р. Олёкмы в ее среднем течении, и Становому левому сдвигу, пересекающему р. Олёкму и низовье ее правого притока р. Ньюжа в широтном направлении [16, 17].

Параметры фокального механизма афтершока 25 апреля с  $K_p=12.1$  (табл. 6) отвечают движению в очаге типа сброс по обеим близширотным ( $100^\circ$  и  $257^\circ$ ) нодальным плоскостям с небольшими компонентами сдвига, левостороннего по  $NP1$  и правостороннего – по  $NP2$  (рис. 5), что существенно отличается от движений в очаге главного толчка. Можно предположить, что присутствие сбросов в структуре роя связано с разнородным полем тектонических напряжений, возникающем в области перехода от структур растяжения Байкальского типа к структурам сжатия Становой складчатой области, подобно ситуации, отмеченной ранее в Чаруодинском рое 2005 г. [18].

**Макросейсмические данные.** Вызванная главным толчком роя интенсивность сотрясений в эпицентре при глубине очага  $h=3$  км достигала  $I_0=7$  баллов. Оно ощущалось на ближайших к эпицентру железнодорожных станциях вдоль трассы БАМ от Хани до Лопчи, а также к западу, в Новой Чаре (табл. 7).

Наибольшее воздействие землетрясения проявилось на станции *Ю к т а л и* в 7 км к югу от эпицентра, где расположена сейсмическая станция ЯФ ГС СО РАН. Слышался глухой гул, подобный грому. В многоэтажных домах отмечены сильный звон посуды, дребезжание стекол в окнах, падение предметов с полок и шкафов, раскачивание лампочек и люстр, перемещение мебели. Паника, многие жители проснулись и выбегали из домов (6 баллов)

В пос. *У с т ь - Н ю к ж а* ( $\Delta=20$  км) некоторые люди проснулись, слышался сильный гул. В деревянных домах скрипели полы и потолки, дребезжали стекла, раскачивались лампочки. В школе с потолка осыпалась штукатурка (4–5 баллов).

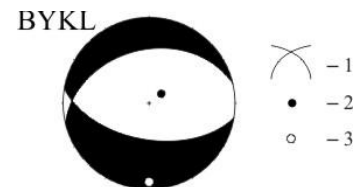


Рис. 5. Стереограмма механизма очага афтершока 25 апреля в  $22^h13^m$  с  $K_p=12.1$

Усл. обозначения те же, что и на рис. 4

Таблица 7. Макросейсмические данные максимального толчка Нюкжинского роя 16 марта 2011 г. с  $K_p=13.5$ ,  $M_w=5.1$ .

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	Источник	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	Источник
	<u>6 баллов</u>						<u>3–4 балла</u>				
1	Юктали	6.2	56.597	121.645	[19]	5	Чильчи	89	55.993	122.425	[19]
	<u>5 баллов</u>					6	Хани	103	56.913	119.962	[19]
2	ж/д мост через р.Олёкма	11.6	56.6214	121.3940	[19]	7	пос. Ларба	159	55.500	123.122	[8]
	<u>4–5 баллов</u>					8	пгт Беркакит	195	56.576	124.773	[8]
3	Усть-Нюкжа	9	56.56	121.592	[19]		<u>2–3 балла</u>				
	<u>4 балла</u>					9	Лопча	122	55.737	122.677	[19]
4	Олёкма	67	57.024	120.732	[19]		<u>2 балла</u>				
						10	Новая Чара	196	56.80	118.25	[19]

Землетрясение также ощущалось на железнодорожных станциях БАМ: *Олёкма* (40 км) с интенсивностью до 4 баллов; *Чильчи* (90 км) и *Хани* (105 км) – до 3–4 баллов; Лопча (130 км) – до 2–3 баллов и Новая Чара (206 км) – до 2 баллов [19, 20]. Область ощутимых сотрясений затронула территорию Амурской области, пограничные районы Республики Саха (Якутия) и Читинской области на площади порядка 50 тыс. км<sup>2</sup>. Жители станции Юктали, под которой непосредственно действовал очаг роя, в течение года постоянно ощущали даже слабые сотрясения роя (уже при толчках с  $K_p \geq 9$ ) и часто слышали гулы, которые принимали за строительные взрывы при ремонтных работах на БАМе. Следует отметить, что рядом с роем ( $\Delta=15$  км) находится мостовой переход Байкало-Амурской железнодорожной магистрали через р. Олёкма ( $\varphi=56.62143^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=121.39398^\circ\text{E}$ ), который также многократно испытал воздействия роя с интенсивностью в 3–5 баллов. Карта всех пунктов-баллов изображена на рис. 6.



Рис. 6. Карта пунктов-баллов Нюкжинского землетрясения 16 марта в 17<sup>h</sup>12<sup>m</sup> 2011 г. с  $K_p=13.5$ ,  $M_w=5.1$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64 [21]; 2 – административная граница между регионами.

Несомненно, что названный рой возник не случайно. Он локализован в широкой (до 50 км) субширотной зоне влияния крупного регионального Станового шва, которая структурно представлена здесь серией субпараллельных кулисообразных сдвигов [3]. Именно к одной из таких кулис в устье р. Нюкжи и приурочена область роевых событий. К этому участку шва тяготеет максимум сейсмичности, где в середине XX века произошли три сильных землетрясения (Нюкжинское и Олёкминское 1958 г. с  $M=6.5$  и Тас-Юряхское 1967 г. с  $M=7.0$ ) [3]. Их эпицентры отмечены в бассейне левых притоков р. Олёкмы (Тас-Юрях и Имангра) (рис. 1). Здесь же вдоль р. Олёкмы предполагается наличие условной границы смены поля напряжений растяжения Байкальского рифта (левобережье р. Олёкмы) на сжатие – в Становой складчатой области (правобережье р. Олёкмы). Поэтому возможно, что появление Нюкжинского роя следует связывать с продвижением рифтогенных процессов на восток, что также подтверждают, например, параметры фокального механизма роевого события 25.04.2011 г.

## Л и т е р а т у р а

1. **Козьмин Б.М., Старкова Н.Н. (отв. сост.).** Список всех землетрясений Нюкжинского роя за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
2. **Козьмин Б.М., Шibaев С.В.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 202–208.
3. **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.
4. **Козьмин Б.М., Старкова Н.Н. (отв. сост.).** Список всех землетрясений Нюкжинского роя за 2010 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
5. **Козьмин Б.М., Шibaев С.В., Тимиршин К.В. (отв. сост.), Петрова В.Е., Каратаева А.С., Москаленко Т.П. (сост.).** Каталог землетрясений ( $N=288$ ) и взрывов ( $N=3$ ) Якутии за 2010 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016 – (На CD).
6. **Шibaев С.В., Козьмин Б.М. (отв. сост.), Старкова Н.Н., Каратаева А.С., Москаленко Т.П. (сост.).** Каталог-оригинал землетрясений и взрывов Якутии за 2011 г. ( $N=1819$ ) // Иркутск: Фонды ИЗК РАН, 2011. – 45 с.
7. **Шibaев С.В., Козьмин Б.М. (отв. сост.), Старкова Н.Н., Каратаева А.С., Москаленко Т.П. (сост.).** Каталог землетрясений и взрывов Якутии с  $K_p \geq 7.6$  за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
8. **International Seismological Centre (ISC),** On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
9. **Середкина А.И., Мельникова В.И.** Тензор сейсмического момента землетрясений Прибайкалья по амплитудным спектрам поверхностных волн // Физика Земли. – 201. – № 3. – С. 103–114.
10. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год /** Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012. – URL: [ftp://ftp.gsr.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2011](ftp://ftp.gsr.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2011).
11. **Global Centroid Moment Tensor (CMT) Catalog Search.** – URL: <http://www.globalcmt.org/>.
12. **Козьмин Б.М.** Сейсмические пояса Якутии и механизм очагов их землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 127 с.
13. **Имаева Л.П., Козьмин Б.М., Имаев В.С.** Сеймотектоника северо-восточного сегмента зоны хр. Черского // Отечественная геология. – 2009. – № 5. – С. 94–100.
14. **Козьмин Б.М., Михайлова Р.С. (сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Якутии за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
15. **Иванова Е.И., Малянова Л.С., Мельникова В.И., Середкина А.И., Сафонов Д.А.** Механизмы очагов отдельных землетрясений России // Землетрясения России в 2011 году. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 189–193.
16. **Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.** Сеймотектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 226 с.
17. **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.
18. **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 Чаруодинское-I 10 ноября в  $19^{\text{h}}29^{\text{m}}$  с  $K_p=15.7$ ,  $M_w=5.8$ ,  $I_0=8$  и Чаруодинское-II 11 декабря в  $15^{\text{h}}54^{\text{m}}$  с  $K_p=14.8$ ,  $M_w=5.7$ ,  $I_0=7$  (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 404–418.
19. **Козьмин Б.М. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Якутии в 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD\_ROM.
20. **Шibaев С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Тимиршин К.В., Пересыпкин Д.М., Лысова Г.В., Старкова Н.Н.** Якутия // Землетрясения России в 2011 году. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 44–48.
21. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.