

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

Мониторинг сейсмичности в Республике Саха (Якутия) в 2009 г. осуществляла сеть из 19 цифровых сейсмических станций Якутского филиала ГС СО РАН. Среди них станции «Якутск» и «Тикси» являлись опорными и задействованы в мировой системе наблюдений IRIS, остальные соответствовали региональным пунктам наблюдений. Список действующих станций и установленная на них аппаратура представлены в Приложении к наст. сб. [1]. Их аппаратурные параметры и расположение по районам такие же, как в 2008 г. [2].

Представительность землетрясений за 2009 г. в регионе сохранилась такой же, как и в 2008 г. [2]: в Южной Якутии без пропусков фиксируются события с $K_p \geq 7$ в междуречье Олёкмы и Алдана (западный фланг юга территории); с $K_p \geq 8$ – на Алданском нагорье и Становом хребте (между реками Алдан, Тимптон и Гонам); с $K_p \geq 9$ – в восточной части Алданского нагорья (бассейн р. Учур); с $K_p \geq 10$ – от р. Учур до Охотского моря. В Центральной Якутии на Ленском плато, между реками Лена и Алдан, надежно регистрировались подземные толчки с $K_p \geq 7$. На востоке Сибирской платформы, в среднем течении Лены и Вилюя, представительны события с $K_p \geq 10$. На северо-востоке региона, в системе хребтов Черского, полностью записывались местные землетрясения с $K_p \geq 8$. Система наблюдений в арктической части Якутии (низовья Лены и Индигирки) не пропускала события, начиная с $K_p \geq 11$. Для всей территории Республики Саха (Якутия) в 2009 г., как и раньше [2], были представительны близкие землетрясения с $K_p \geq 12$.

Параметры эпицентров землетрясений находились по данным наблюдений сети сейсмических станций ЯФ ГС СО РАН (Якутск), материалов сводной обработки, а также наблюдений отдельных станций Байкальского филиала ГС СО РАН (Иркутск), Магаданского филиала ГС РАН (Магадан) и сведений бюллетеней станций «Кировский» и «Бомнак» Сахалинского филиала ГС РАН (Южно-Сахалинск). Координаты эпицентров подземных толчков рассчитывались на основе специальной компьютерной программы НУР2ОТ (версия 7), составленной в отделе геологии и геофизики Университета штата Мичиган США (разработчик – К.Д. Маккей) с использованием времен пробега продольных Pg - и Pn - и поперечных Sg - и Sn -волн, которые уверенно выявляются на записях близких землетрясений.

По данным обработки сводных инструментальных материалов были определены параметры эпицентров 1931 землетрясения, из которых 466 с $K_p = 7.6–13.7$ приведены в каталоге [3] в наст. сб. на CD. Из них 33 землетрясения с $K_p = 7.6–10.7$ с суммарной энергией $9.35 \cdot 10^{10}$ Дж (табл. 1), локализованные вне зоны ответственности каталога землетрясений Якутии, в обзоре не анализируются. Ощутимыми были 10 землетрясений [4], сотрясения зафиксированы в 17 населенных пунктах [5], механизм очага [6] определен лишь для сильного Чароудинского-III землетрясения [7]. Кроме того, в каталог [3] включены три взрыва ВСТО. Распределение числа землетрясений по районам и энергетическим классам K_p показано в табл. 1.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений Якутии по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии по районам за 2009 г.

№	Район	K_p									N_Σ	ΣE , Дж
		6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Внутри зоны ответственности												
1	Олекминский	554	505	150	66	16	4	3		1	1299	$5.43 \cdot 10^{13}$
2	Хребет Становой	101	83	40	8	2	1				235	$9.34 \cdot 10^{10}$

№	Район	K_p										N_{Σ}	$\Sigma E,$ <i>Дж</i>
		6	7	8	9	10	11	12	13	14			
3	Алданское нагорье	36	84	38	5	1						164	$2.01 \cdot 10^{10}$
4	Учурский	3	26	19	3	3	1					55	$1.09 \cdot 10^{11}$
5	Охотский		1									1	$3.98 \cdot 10^7$
6	Хребет Сетте-Дабан		3	1	4	1						9	$1.78 \cdot 10^{10}$
7	Верхоянский хребет	1	8	3	1							13	$1.10 \cdot 10^9$
8	Яно-Оймяконское нагорье	2	16	7	1		1					27	$4.10 \cdot 10^{10}$
9	Хребет Черского	27	36	20	11	1	1	1				97	$8.08 \cdot 10^{11}$
10	Приморская низменность	1	3	2	3							9	$4.85 \cdot 10^9$
11	Лаптевский		5	6	4	1		1				17	$6.50 \cdot 10^{11}$
12	Восточная часть Сибирской платформы	1	1	1	1							4	$4.48 \cdot 10^8$
	Всего	726	771	287	107	25	8	5		1		1931	$5.60 \cdot 10^{13}$
Вне зоны ответственности													
	Прибайкалье			1	1							2	$5.41 \cdot 10^8$
	Приамурье			16	4	3						23	$4.07 \cdot 10^{10}$
	Северо-Восток России			6	1		1					8	$5.23 \cdot 10^{10}$
	Всего			23	6	3	1					33	$9.35 \cdot 10^{10}$

Анализ табл. 1 показывает, что почти вся (97%) сейсмическая энергия в 2009 г. выделилась в Южной Якутии (районы 1–5) в пределах Олёкмо-Становой сеймотектонической зоны и только 3% приходится на территорию Арктико-Азиатского пояса.

Суммарная сейсмическая энергия ΣE , высвободившаяся в 2009 г., составила $5.60 \cdot 10^{13}$ Дж, что почти на два порядка меньше ее величины в 2008 г. ($4.02 \cdot 10^{15}$ Дж [2]). Пространственное распределение эпицентров землетрясений не претерпело изменений. По-прежнему активны Олёкмо-Становая сеймотектоническая зона на юге Якутии и континентальная часть Арктико-Азиатского сейсмического пояса на северо-востоке региона, которые разграничивают Евразийскую, Амурскую и Североамериканскую литосферные плиты, господствующие в Северо-Восточной Азии.

Карта эпицентров всех землетрясений изображена на рис. 1. С ее помощью и табл. 1 рассмотрим детально сейсмический процесс за 2009 г. во всех 12 районах Якутии.

Самым активным оказался **Олёкминский район (№ 1)**, где на Олёкмо-Чарском нагорье наблюдалось оживление сейсмического процесса в Чаруодинском рое землетрясений, действующем с ноября 2005 г. [11].

На данном участке отмечено более 80% всех подземных толчков, произошедших в регионе за 2009 год. Характерной чертой сейсмических проявлений в этой части исследуемой территории является развитие долговременных (почти 12 лет) роевых последовательностей. Так, первый Олдонгсинский рой действовал в 1997–1999 гг. с годовыми числами роевых толчков $N_{\Sigma}=597$ [12], $N_{\Sigma}=441$ [13] и $N_{\Sigma}=500$ [14] соответственно. Затем после 4-летнего перерыва рядом с ним в 2005 г. возник новый Чаруодинский рой. В течение 2005–2007 гг. в последнем наблюдался спад сейсмической активности ($N_{\Sigma}=2673$ – в 2005 г. [15], $N_{\Sigma}=1700$ – в 2006 г. [16] и $N_{\Sigma}=150$ – в 2007 г. [17] соответственно). Но в 2008 г. здесь вновь возросла интенсивность сеймотектонических движений, которая закончилась появлением достаточно сильного ($K_p=13.7$) землетрясения [7] с большой серией ($N_{\text{афт}}=1102$) афтершоков [18] (рис. 1). В течение «жизни» Чаруодинского роя (2005–2009 гг.) произошли три сильных землетрясения: 10.11.2005 г. с $K_p=15.7$, $M_w=5.8$; 11.12.2005 г. – с $K_p=14.8$, $M_w=5.7$ [11]; последнее – 26.01.2009 г. с $K_p=13.7$, $M_w=5.4$, которое получило название «Чаруодинское-III». Оно описано в отдельной статье наст. сб. [7]. В общей сложности за последние 12 лет на Олёкмо-Чарском нагорье произошло свыше 6 тыс. подземных толчков (рис. 2). При этом часто крупные события роя сопровождались своими сериями афтершоков.

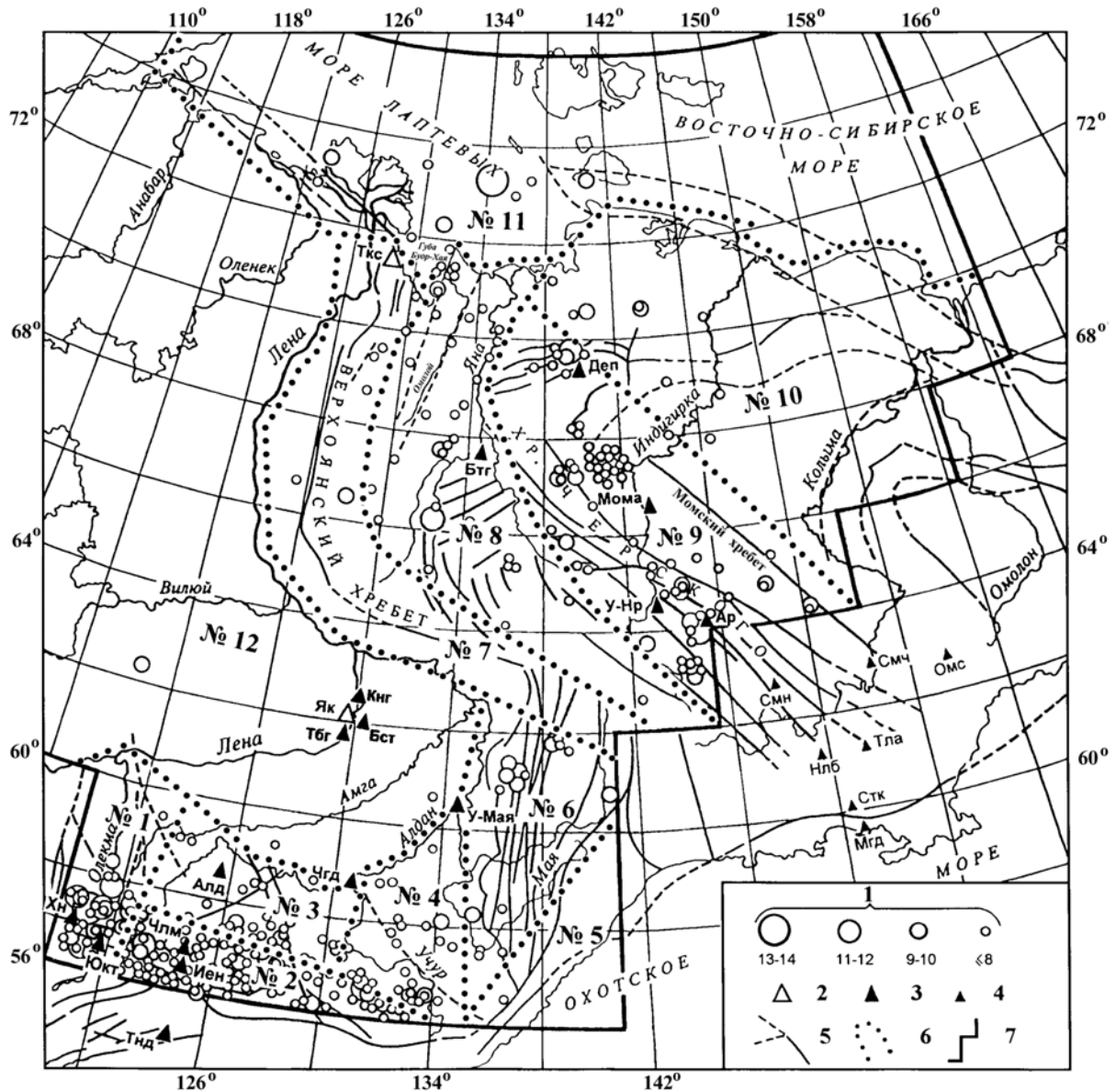


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Якутии с $K_p \geq 7.6$ за 2009 г.

1 – энергетический класс землетрясений K_p ; 2, 3 – сейсмическая станция, опорная и региональная соответственно; 4 – сейсмическая станция соседних регионов; 5 – разлом по [8–10], установленный (сплошная линия) и предполагаемый (штриховая); 6, 7 – граница района и региона соответственно.

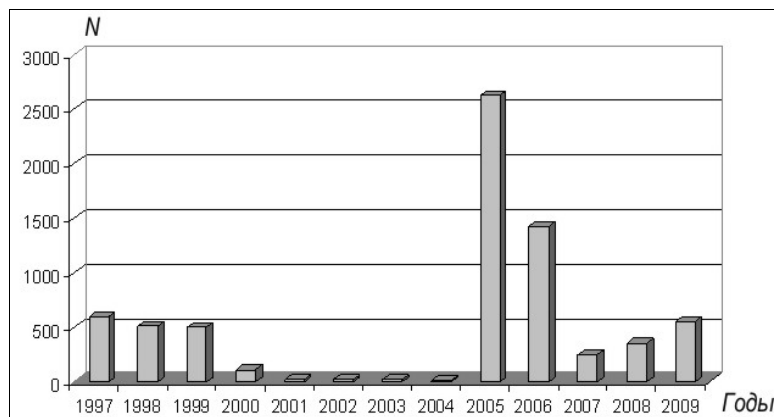


Рис. 2. Распределение рывковых серий во времени на Олёкмо-Чарском нагорье в конце XX в. и начале XXI в.

Другой сейсмоактивный участок в Олёкминском районе расположен примерно в 100 км к югу от Чаруоды в среднем течение р. Олёкмы. В прошлом он характеризовался повышенной сейсмической активностью, где неоднократно возникали крупные 9-балльные сейсмические события: Нюкжинское землетрясение 18.01.1958 г. с $MLH=6.5$, Олёкминское землетрясение 14.09.1958 г. с $MLH=6.4$ и Тас-Юряхское землетрясение 18.01.1967 г. с $MLH=7.0$ [19]. Современная активность выразилась в возникновении землетрясения лишь $K_p=12.1$ 1 октября в 07^h39^m [3]. Его очаг, отмеченный на глубине 28 км, тяготел к субширотному Тас-Юряхскому разлому, диагностируемому по геолого- и морфоструктурным данным [9, 10]. Вслед за основным толчком последовала небольшая серия из 11 афтершоков с $K_p=7.5-10.1$ (табл. 2), с энергетической ступенью между главным толчком и максимальным афтершоком:

$$\Delta K_a = 12.1 - 10.1 = 2.0.$$

Основное событие ощущалось с интенсивностью $I=4$ балла на станции БАМ «Юктали» ($\Delta=35$ км) и 3 балла – в пос. Усть-Нюкжа ($\Delta=40$ км) [4].

Таблица 2. Основные параметры главного толчка и афтершоков землетрясения 1 октября в 07^h39^m с $K_p=12.1$, $MS=4.3$ [3]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			K_p
			φ°, N	λ°, E	$h, км$	
Основной толчок						
(5)	01.10	07 39 27.1	56.62	121.03	28	12.1
Афтершоки						
1	01.10	07 49 32.4	56.59	120.98		8.0
2	01.10	07 54 08.5	56.59	121.02		7.5
3	01.10	08 05 16.1	56.59	120.97		7.7
4	01.10	08 14 37.3	56.64	121.06		7.8
5	01.10	08 33 26.6	56.60	121.00		8.4
6	01.10	09 14 53.2	56.59	121.00		7.7
7	01.10	09 32 28.7	56.60	120.97		10.1
8	01.10	09 49 33.7	56.61	120.98		9.8
9	01.10	19 03 39.8	56.59	120.99		9.3
10	07.10	11 57 26.8	56.60	121.02		7.5
11	14.10	21 35 05.5	56.58	120.98		7.9

Суммарная сейсмическая энергия в районе **Станового хребта (№ 2)**, равная $\Sigma E=9.34 \cdot 10^{10}$ Дж, на два порядка меньше, чем в Олёкминском районе. Наибольшее число эпицентров фиксировалось на западном фланге территории, где 22 сентября в 06^h44^m произошел толчок с $K_p=10.6$ ($\varphi=56.94^\circ N$, $\lambda=123.12^\circ E$). В целом очаги землетрясений наблюдались на всем протяжении Станового хребта, при этом плотность их эпицентров падала в направлении с запада на восток (рис. 1). Природа местной сейсмичности связывается с современными тектоническими движениями по Становому структурному шву, разделяющему Алданский щит Сибирской платформы и Становую складчатую область.

Меньшая активность фиксировалась на **Алданском нагорье (№ 3)**. Большинство слабых землетрясений здесь отмечено на юге нагорья и соседних склонах Станового хребта. На севере данного района замечены лишь единичные сейсмические события. Энергетический диапазон местных землетрясений соответствовал $K_p=6-10$ (табл. 1). Максимальный ($K_p=10.1$) толчок возник 16 февраля в 13^h39^m .

Сопоставимый со Становым хребтом уровень сейсмической энергии ($\Sigma E=1.09 \cdot 10^{11}$ Дж) отмечен в **Учурском районе (№ 4)**. Основное скопление эпицентров сосредоточено в хребте Лурикан, который с востока и севера огибает р. Учур в ее верхнем и среднем течении. Самое интенсивное событие возникло здесь 26 декабря в 06^h11^m с $K_p=10.8$ на западном окончании названного хребта ($\varphi=56.65^\circ N$, $\lambda=131.54^\circ E$).

Большее оживление, нежели в 2006–2008 гг. [16, 17, 2], испытал район **Хребта Сетте-Дабан (№ 6)**. Здесь активизировался участок к востоку от трассы Нелькано-Кыллахского надвига, северо-восточнее сейсмической станции «Усть-Мая» (рис. 1). С января по ноябрь 2009 г. на этой площадке ($\Delta\varphi=60.8^\circ-61.3^\circ N$ и $\Delta\lambda=136.5^\circ-137.0^\circ E$) произошло 5 землетрясений с $K_p=7.9-10.0$ [3].

В арктической части региона активным в 2009 г. был **Лаптевский район (№ 11)**. На шельфе моря Лаптевых в области влияния Лаптевоморской окраинно-континентальной рифтовой системы [9] 7 октября в 00^h29^m на глубине $h=13$ км произошло землетрясение с $K_p=11.8$

($\varphi=73.31^{\circ}\text{N}$, $\lambda=134.25\text{ E}$). Несколько слабых толчков также отмечены в мелководной прибрежной окраине шельфа на о. Большой Ляховский, в губе Буор-Хая и дельте р. Лена.

В районе **Хребет Черского (№ 9)** выявлено несколько групп подземных толчков, состоящих друг от друга на расстояниях 100–400 км. Прежде всего вблизи сейсмической станции «Артык» выделяется участок, который тяготеет к Верхненерской кайнозойской впадине [9]. Ее с северо-востока ограничивает Чай-Юреинский, а с юго-запада – Нерский активные разломы. Именно в зоне влияния последнего 27 июля в 00^h15^m отмечено событие умеренной энергии с $K_p=11.8$ ($\varphi=63.99^{\circ}\text{N}$, $\lambda=145.02^{\circ}\text{E}$). Этот мелкофокусный ($h=11\text{ км}$) толчок ощущался в пос. Артык на расстоянии 30 км от эпицентра с интенсивностью $I=3$ балла [4]. Небольшое скопление эпицентров зафиксировано в 60 км к северо-востоку от Усть-Неры вдоль трассы Иньяли-Дебинского дизъюнктива [8]. На северо-западном краю Момского хребта в среднем течении р. Индигирка продолжалась афтершоковая деятельность Андрей-Тасского землетрясения 22.06.2008 г. с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$, $I_0=7-8$ баллов [20]. В 2009 г. в его эпицентральной области зарегистрировано более 40 слабых повторных толчков с $K_p=6-8$ [21]. Их появление подтверждает высокую мобильность крупного Илин-Тасского регионального разлома. Небольшая активизация сейсмического процесса выявлена на крайнем северо-западе района в кряже Полоусном и связана, возможно, с движениями по Депутатскому широтному разлому [8]. В его зоне влияния локализована небольшая группа толчков, где выделяется землетрясение с $K_p=11.2$, произошедшее 30 декабря в 22^h46^m ($\varphi=69.85\text{ N}$, $\lambda=139.39\text{ E}$).

В районе **Яно-Оймяконского нагорья (№ 8)** отмечается низкая сейсмическая активность. Наиболее сильным ($K_p=10.6$) событием явилось землетрясение 10 сентября в 13^h04^m ($\varphi=66.30^{\circ}\text{N}$, $\lambda=132.59\text{ E}$). Оно возникло в пределах Янского плоскогорья, которое в северо-восточном направлении пересекает Верхоянская система разломов. Ближе всего данный толчок оказался расположенным к Халтысинскому локальному нарушению упомянутой системы. Рассеянная сейсмичность наблюдалась на крайнем севере района. Она сосредоточена внутри и по краям Омолойской впадины, где следится в виде линии эпицентров слабых толчков вплоть до устья р. Омолой и мыса Буор-Хая.

В районе **Приморской низменности (№ 10)** немногочисленная группа из девяти подземных толчков локализована главным образом в междуречье Яны и Индигирки (рис. 1).

Слабоактивными являлись районы **Верхоянского хребта (№ 7)** и **востока Сибирской платформы (№ 12)**, где в каждом из них отмечено $N_{(\text{№ } 7)}=13$ и $N_{(\text{№ } 12)}=4$ слабых событий соответственно (табл. 1). И практически асейсмичным был **Охотский район (№ 5)**.

В целом сейсмичность в регионе, как и раньше, проявлялась на границах известных литосферных плит в пределах Олёкмо-Становой зоны Байкало-Станового сейсмического пояса на юге и континентальной части Арктико-Азиатского пояса на северо-востоке региона. При этом на юге наблюдалось усиление активности, вызванной продолжением жизнедеятельности Чародинского роя 2005 г., в то время как за полярным кругом, напротив, отмечено затухание активности после крупного Андрей-Тасского события 22.06.2008 г.

Л и т е р а т у р а

1. **Козьмин Б.М., Шибасев С.В. (отв. сост.).** Сейсмические станции Якутии в 2009 г. (код сети YARS). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 216–223.
3. **Козьмин Б.М., Шибасев 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. **Козьмин Б.М. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Якутии в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
5. **Козьмин Б.М., Артёмова Е.В., Пойгина С.Г. (сост.).** Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Якутии за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

6. **Козьмин Б.М. (сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Якутии за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. **Козьмин Б.М., Шибяев С.В., Петров А.Ф., Тимиршин К.В.** Чароудинское-III землетрясение 26 января 2009 г. с $K_p=13.7$, $M_w=5.4$, $I_0^p=8$ (Южная Якутия). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
8. **Гусев Г.С., Веклич В.С., Третьяков Ф.Ф.** Морфо-кинематическая характеристика разломов Верхояно-Чукотской складчатой области // Разломная тектоника территории Якутской АССР.– Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1976. – С. 150–159.
9. **Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.** Сейсмотектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 201 с.
10. **Парфенов Л.М., Козьмин Б.М., Гриненко О.В., Имаев В.С., Имаева Л.П., Болдырев М.В., Дудко Е.А.** Геодинамика Олэкмо-Становой сейсмической зоны. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1985. – 135 с.
11. **Шибяев 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.** Чароудинский рой землетрясений 2005 г. и его ощутимые землетрясения: Чароудинское-I 10 ноября с $K_p=15.7$, $M_w=5.8$, $I_0=8$ и 11 декабря с $K_p=14.8$, $M_w=5.7$, $I_0=7$ (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 404–419.
12. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 151–155.
13. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. – С. 173–177.
14. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 181–189.
15. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 234–240.
16. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 220–227.
17. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 225–230.
18. **Козьмин Б.М., Старкова Н.Н. (сост.).** Афтершоки Чароудинского землетрясения 26 января 2009 г. с $K_p=13.7$, $M_S=5.0$. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
19. **Козьмин Б.М.** Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 125 с.
20. **Шибяев С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Имаева Л.П., Тимиршин К.В.** Андрей-Тасское землетрясение 22 июня 2008 г. с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$, $I_0=7-8$ (Северо-Восток Якутии) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 352–358.
21. **Козьмин Б.М. (сост.).** Афтершоки (продолжение в 2009 г.) Андрей-Тасского землетрясения 22 июня 2008 г. с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$, $I_0=7-8$ (Якутия). (См. Приложение к наст. сб. на CD).