

ЯКУТИЯ

Б.М. Козьмин^{1, 2}, С.В. Шубаев¹¹Якутский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Якутск, shibaev@emsd.ysn.ru²Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск b.m.kozmin@diamond.ysn.ru

Аннотация. По наблюдениям 23 цифровых сейсмических станций Якутского филиала Федерального исследовательского центра Единой геофизической службы РАН выполнен мониторинг сейсмичности Якутии в 2012 г. За этот период было зарегистрировано 911 землетрясений с энергетическим классом $K_p=6-11$. Отмечен низкий уровень сейсмичности. Наибольшая активность наблюдалась на юге в Олёкмо-Становой сеймотектонической зоне, где действовали два крупных роя землетрясений – Чароудинский и Нюкжинский. На северо-востоке в Арктико-Азиатском сейсмическом поясе самым активным районом был шельф моря Лаптевых. Приводятся каталог землетрясений и карта эпицентров. Обсуждаются особенности проявлений сейсмичности в пространстве и во времени.

Abstract. Based on observations from 23 digital seismic stations of the Yakutian Division of the Federal Research Center of the Unified Geophysical Survey, Russian Academy of Sciences, monitoring of seismicity in Yakutia in 2012 was made. 911 earthquakes with energy class $K=6-11$ were registered in this period. A low level of seismicity is noted. The highest seismic activity was observed in the south of the Olekma–Stanovoy seismotectonic zone where two large earthquake swarms, the Charouda and Nyukzha ones, were recorded. In the Arctic–Asian seismic belt in the northeast the most active was the area of the Laptev Sea Shelf. A catalogue of earthquakes and a map of epicenters are given. Temporal and spatial specialties of seismicity are discussed.

Сеть станций. Инструментальные наблюдения за сейсмичностью территории Республики Саха (Якутия) в 2012 г. проводились на 23 сейсмических станциях ЯФ ФИЦ ЕГС РАН [1, 2]. Их расположение показано на рис. 1, в том числе новый пункт регистрации «Булус», открытый в марте в местности Булус вблизи планируемого мостового перехода через р. Лену около г. Якутска (табл. 1).

Таблица 1. Параметры новой станции «Булус» Якутской региональной сети, открытой в 2012 г. (сеть YARS)

Станция		Дата открытия	Координаты		$h, м$	Подпочва	Тип станции и сейсмографа	
Название	Код		φ°, N	λ°, E				
	межд.	рег.						
Булус		BLS	27.03.2012	61.36	129.03	90	Галька	Байкал-8+SME-4011

Сведения по всем станциям и приборам, установленным на них, приведены в Приложении [2] к наст. ежегоднику.

Представительность K_{min} . Изолинии представительности K_{min} землетрясений в 2012 г. сохранили свои очертания в сравнении с таковыми в 2011 г. [3], лишь в районе Большого Якутска расширился район регистрации подземных толчков с $K_p \geq 6$. На юге региона (запад Алданского нагорья и Станового хребта между реками Олёкмой и Алданом) в полном объеме отмечаются события, начиная с 7-го энергетического класса. К востоку от р. Тимптон до р. Учур действующая система наблюдений позволяет записывать все землетрясения с $K_p \geq 9-10$ и, наконец, на территории от р. Учур до Охотского моря без пропусков регистрируются землетрясения с $K_p \geq 10-11$.

На западе Якутии (левобережье р. Лены, восток Сибирской платформы) полностью продолжали фиксироваться сотрясения с $K_p \geq 9-11$, а на северо-востоке (система хребта Черского) их минимальный представительный энергетический класс не изменился и варьировал в зависимости от расположения пунктов наблюдений относительно эпицентров от $K_p \geq 8$ до $K_p \geq 9-10$.

На крайнем севере региона (Северное Верхоянье и запад Приморской низменности) уровень представительности соответствовал $K_p \geq 8$. На шельфе моря Лаптевых между Таймыром и Новосибирскими островами сеть станций регистрировала большинство событий $K_p \geq 10-11$. Для всего региона были представительны землетрясения, начиная с $K_p \geq 12-13$.

Методика наблюдений. Параметры эпицентров землетрясений определялись на основе сводных данных сети сейсмических станций Якутского филиала ФИЦ ЕГС РАН с привлечением информации из соседних регионов: Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН (сейсмические станции «Чара», «Средний Калар», «Тупик», «Бодайбо» [4]); Магаданского филиала ФИЦ ЕГС РАН («Сусуман», «Сеймчан», «Омсукчан», «Омчак» [5]) и Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН («Кировский» и «Бомнак» [6]).

Координаты гипоцентров землетрясений (φ, λ, h) и время в очаге t_0 определялись по программе, применяемой в Байкальском филиале ФИЦ ЕГС РАН с использованием осредненного регионального годографа С.И. Голенецкого [7], построенного для Забайкалья по данным времен вступления продольных Pg ($v=6.15$ км/с) и поперечных Sg ($v=3.58$ км/с) сейсмических волн.

Оценка энергетического класса землетрясений K_p осуществлялась по известной методике и номограмме Т.Г. Раутиан [8]. Реже для нахождения K_p , в частности, для сильных землетрясений, выполнялся его пересчет из магнитуды по формуле $K_p=4+1.8 M$ [9].

Каталоги землетрясений и карта их эпицентров. По материалам сводной обработки инструментальных наблюдений были определены параметры эпицентров 920 землетрясений, из которых 255 землетрясений с $K_p=7.6-11.0$ и четыре взрыва с $K_p=7.7-8.0$ приведены в каталоге [10] в наст. ежегоднике на CD. Дополнительно в каталоге представлены данные о четырех взрывах по геофизическому профилю Якутск–Хандыга–Магадан в Северо-Восточной Якутии. Все очаги землетрясений относятся к коровым и локализованы на глубинах до 33 км. Распределение числа землетрясений в каталоге [10] по районам и энергетическим классам K_p показано в табл. 2.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии по районам за 2012 г.

№	Район	K_p							N_{Σ}	$\Sigma E,$ <i>Дж</i>
		6	7	8	9	10	11	12		
1	Олёкминский	125	219	41	15	5	1		406	$1.53 \cdot 10^{11}$
2	Становой хребет	34	101	41	6	2			184	$5.04 \cdot 10^{10}$
3	Алданское нагорье	11	58	29	12	1			111	$2.98 \cdot 10^{10}$
4	Учурский	3	11	18	4				36	$6.54 \cdot 10^9$
5	Охотский		3						3	$3.51 \cdot 10^8$
6	Хребет Сетге-Дабан			1	1				2	$5.51 \cdot 10^8$
7	Верхоянский хребет	1	4	10	2				17	$3.64 \cdot 10^9$
8	Яно-Оймяконское нагорье	2	18	11	4	–	–	–	35	$3.56 \cdot 10^9$
9	Хребет Черского	22	30	18	8	1	–	–	79	$1.26 \cdot 10^{10}$
10	Приморская низменность	3	3	2	1	1			10	$6.09 \cdot 10^9$
11	Лаптевский		11	13	6			1	31	$2.01 \cdot 10^{12}$
12	Восточная часть Сибирской платформы	1	3	2					6	$1.09 \cdot 10^9$
	Всего	202	461	181	55	10	1	1	920	$2.28 \cdot 10^{12}$

Из табл. 2 следует, что наиболее сейсмически активными в 2012 г. являлись два района: Олёкминский (№ 1) на юге и Лаптевский (№ 11) – в арктической части Якутии, где выделившаяся за год суммарная сейсмическая энергия соответственно достигала $1.53 \cdot 10^{11}$ Дж и $2.01 \cdot 10^{12}$ Дж. Общая сумма всей высвободившейся при землетрясениях энергии за год составила $\Sigma E=2.28 \cdot 10^{12}$ Дж, что совпадает с ее величиной в 2010 г. ($\Sigma E=2.22 \cdot 10^{12}$ Дж) [11] и меньше на порядок ($\Sigma E=5.30 \cdot 10^{13}$ Дж), чем в 2011 г. [3].

Как и прежде, основные сейсмогенерирующие структуры располагались в двух сейсмических поясах: Байкало-Становом (Олёкмо-Становая зона) на юге и Арктико-Азиатском – на северо-востоке и в арктической части Якутии. Они приурочены к границам крупных литосферных плит: Евразийской и Амурской, а также Евразийской и Североамериканской, взаимодействующих на северо-востоке Азиатского континента [12].

На рис. 1 приведена карта эпицентров землетрясений за 2012 г., где кроме их пространственного распределения обозначены системы тектонических нарушений (разломов) и деление региона на 12 сейсмоактивных районов.

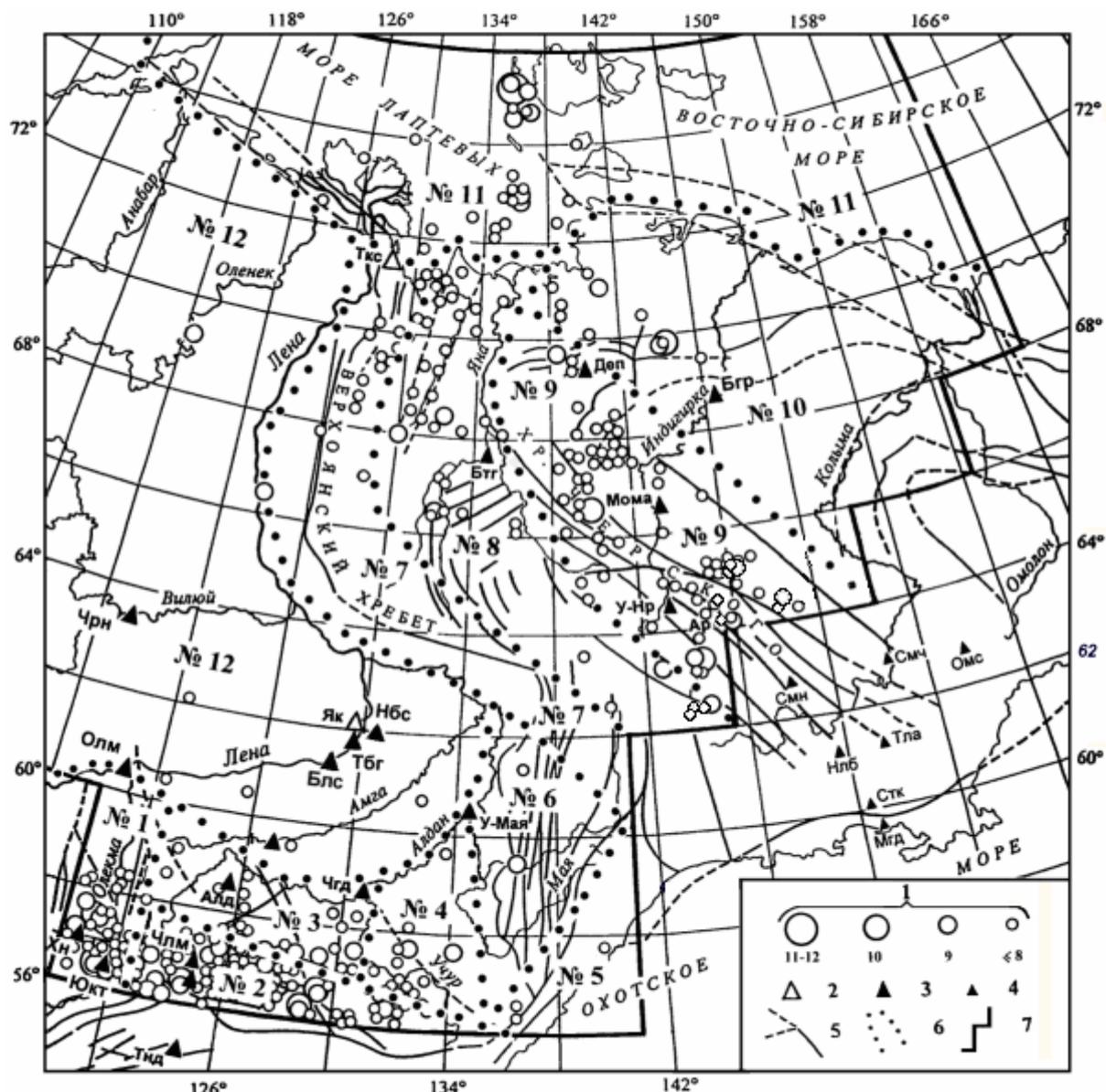


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Якутии с $K_p \geq 7.6$ за 2012 г.

1 – энергетический класс землетрясений K_p ; 2, 3 – сейсмическая станция, опорная и региональная соответственно; 4 – сейсмическая станция соседних регионов; 5 – разлом по [12, 13], установленный (сплошная линия) и предполагаемый (штриховая); 6, 7 – граница района и региона соответственно.

Наибольшая сейсмическая активность наблюдалась в **Олёкминском районе (№ 1)** на западном фланге Олёкмо-Становой зоны в Южной Якутии – 406 землетрясений, где высвободилось 6.8 % от суммарной годовой энергии (табл. 2). Для данного района характерно наличие двух долгоживущих роев, действующих в среднем течении р. Олёкмы на границе Байкальского рифта и Становой складчатой области [3]. Первый (Чарудинский) – возник в 1997 г. в хребте Удокан [14] и в течение более 20 лет развивается к северо-востоку от Верхнетоккинской рифтовой впадины в направлении р. Олдонгсо (левый приток р. Олёкмы на Олёкмо-Чарском нагорье). За указанный период в этом рое зарегистрировано свыше 5 тыс. землетрясений. Три самых сильных из них (два в 2005 г. и одно в 2009 г. с $M_w=5.1-5.8$, $I_0=7-8$) сопровождались сериями слабых роев и афтершоковыми последовательностями [15, 16]. В 2011 г. в структуре данного роя было выявлено более 180 толчков с $K_p=7.2-11.4$ [3], а в 2012 г. – 254 события с $K_p=6.0-9.8$, которые произошли в интервале глубин 1–33 км. Класс K_p наибольшего события в рое в 2012 г. невысок, всего лишь 9.8. Оно реализовалось в конце года – 24 декабря в 23^h47^m на глубине 6 км с координатами $\varphi=57.43^\circ$ N, $\lambda=121.07^\circ$ E.

Второй активный участок локализован на правом берегу р. Олёкмы в 100 км к югу от Чаруодинского роя. В его пределах в мае 2010 г. на южных склонах Станового хребта сформировался крупный Нюкжинский рой землетрясений [17]. Сначала он проявился в виде небольшой серии слабых сотрясений, но уже в 2011 г. число роевых событий выросло до 796, при этом его сейсмическое «облако» оказалось вытянутым в долготном направлении. Большинство местных землетрясений были мелкофокусными. За 2012 г. количество таких событий уменьшилось в 4 раза (до 156). При этом они стали распространяться на запад в широтном направлении, приспособившись к трассе Станового разлома [18], пересекающего здесь русло р. Олёкмы. Очаги роевых землетрясений с $K_p=5.5-11$ большей частью располагались ближе к земной поверхности ($h=2-29$ км). Самым сильным ($K_p=11.0$) здесь стал толчок с $\varphi=56.57^\circ\text{N}$, $\lambda=121.34^\circ\text{E}$ [10], отмеченный 5 января в $15^{\text{h}}40^{\text{m}}$ на глубине 13 км. Несмотря на полночь по местному времени, землетрясение ощущалось на железнодорожной станции БАМ Юктали ($\Delta=12$ км) с I до 4 баллов [19]. Слышался глухой гул, дрожали стены домов и стекла окон, скрипела мебель, пестрили изображения на экранах телевизоров и компьютеров. Некоторые жители проснулись.

Район Станового хребта (№ 2), где фиксировалась повышенная плотность сейсмических событий, тяготеющих в основном к зоне влияния Станового разлома [18], был менее активен в сравнении с районом № 1, т.к. значительная часть толчков являлись слабыми ($K_p=6-8$), а высвобожденная сейсмическая энергия, равная $\Sigma E=5.04 \cdot 10^{10}$ Дж (табл. 2), составила лишь 2.2 % от ее величины за год.

Максимальный энергетический класс местных землетрясений равен $K_p=10.5$ (рис. 1) и характеризует толчок, возникший 13 февраля в $00^{\text{h}}49^{\text{m}}$ с $\varphi=56.5^\circ\text{N}$, $\lambda=124.45^\circ\text{E}$, $h=14$ км [10]. Его эпицентр был приурочен к трассе Южноякутского надвига [20], вблизи Федеральной автодороги «Лена» (Большой Невер–Якутск), и ощущался в ближайших населенных пунктах Беркакит (18 км от эпицентра) и Иенгра (22 км) с интенсивностью $I=3$ балла, а в г. Нерюнгри (30 км) – 2–3 балла [19].

Невысокий уровень сейсмичности также типичен для **района Алданского нагорья (№ 3)**, пространственно занимающего территорию к северу от Станового хребта. Здесь отмечено больше сотни слабых землетрясений (табл. 2), в том числе и подземный толчок 25 мая в $22^{\text{h}}41^{\text{m}}$ с $K_p=9.9$, $\varphi=56.26^\circ\text{N}$, $\lambda=128.75^\circ\text{E}$, произошедший на глубине $h=13$ км.

В **Учурском районе (№ 4)** сейсмичность представлена 36 небольшими землетрясениями с $K_p=6-9$ и низким уровнем выделившейся энергии, равной $\Sigma E=6.54 \cdot 10^9$ Дж. Эпицентры землетрясений локализованы здесь, в основном, в хребте Лурикан, который пересекает р. Учур в ее среднем течении.

Спокойная сейсмическая обстановка имела место в **районах Охотском (№ 5) и хребте Сетте-Дабан (№ 6)**, где отмечены лишь несколько слабых толчков с $K_p \leq 8$.

Максимум сейсмической энергии в пределах Арктико-Азиатского сейсмического пояса на северо-востоке и прилегающей арктической территории Якутии пришелся на **Лаптевский район (№ 11)**, где выделившаяся сейсмическая энергия достигла $\Sigma E=8.40 \cdot 10^{12}$ Дж, что составило 89 % от ее годовой величины. Именно здесь в апреле–июне 2012 г. вблизи западных берегов о. Бельковский была зарегистрирована на глубинах $h=15-17$ км группа из восьми моретрясений с $K_p=8.0-12.2$. Они тяготеют к Бельковско-Святоносскому грабену окраинно-континентальной рифтовой системы моря Лаптевых, который с запада огибает поднятие Новосибирских островов [20]. Самый крупный толчок из этой серии с $K_p=12.2$ произошел 5 апреля в $18^{\text{h}}42^{\text{m}}$ Гринвича ($\varphi=75.01^\circ\text{N}$, $\lambda=135.57^\circ\text{E}$) на глубине $h=17$ км. От названной группы к югу протянулась «цепочка» небольших событий вплоть до побережья вблизи устья р. Яны (рис. 1).

Фоновый характер сейсмичности сохранялся в континентальной части названного пояса. Широкая (до 400 км) полоса разрозненных эпицентров слабых землетрясений в виде различных скоплений и линейных групп следует здесь от шельфа моря Лаптевых к Охотскому морю (рис. 1). К одним из активных участков относится **район хребта Черского (№ 9)**. Следует отметить несколько таких мест на северо-западном окончании Момского хребта в среднем течении р. Индигирки, в которых проявляется последствие Андрей-Тасского землетрясения 22.06.2008 г. с $M_w=6.1$, $I_0=7-8$ [21]; «цепочки» землетрясений, тяготеющих к активным разломам Улахан и Чай-Юреинский, локализованы на юго-восточном фланге хребта Черского к северу и вблизи сейсмических станций «Усть-Нера» и «Артык» [12].

Остальные сейсмоактивные районы на северо-востоке региона были слабо активны. Так, на севере **районов Верхоянского хребта (№ 7) и Яно-Оймяконского нагорья (№ 8)** наблюдалось «облако» слабых событий с $K_p \leq 8$, которое, скорее всего, продолжает сейсмические проявления шельфа моря Лаптевых на континент. Отдельно в **районе Верхоянского хребта (№ 8)** обращает на себя внимание активность в пределах Омолойской впадины и на юго-восточном окончании этого района, где 15 мая в 06^h52^m выявлен толчок умеренной величины с $K_p=9.6$, $\varphi=63.32^\circ\text{N}$, $\lambda=144.65^\circ\text{E}$, $h=21$ км.

Редкое событие возникло в **районе Приморской низменности (№ 10)** 22 декабря в 09^h45^m с $K_p=9.7$, $\varphi=69.88^\circ\text{N}$, $\lambda=144.55^\circ\text{E}$. Его гипоцентр располагался севернее хребта Полоусного на глубине 17 км. Практически асейсмичен был **район восточной части Сибирской платформы (№ 12)**.

В целом, сейсмическая обстановка в 2012 г. в Якутии отличалась малым числом ($N=2$) ощутимых землетрясений [19] и сотрясенных пунктов ($n=4$ [22]) из-за невысокого уровня сейсмической активности в сравнении с таковым в 2011 г.

Л и т е р а т у р а

1. Шибаев С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Тимиршин К.В., Пересыпкин Д.М., Лысова Г.В., Старкова Н.Н. I. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. 1.8. Якутия // Землетрясения России в 2012 году. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 47–51.
2. Пересыпкин Д.М., Шибаев С.В., Козьмин Б.М. (отв. сост.). Сейсмические станции Якутии в 2012 г. (код сети YARS) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
3. Козьмин Б.М., Шибаев С.В. Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017 – С. 202–208.
4. Гилёва Н.А., Кобелева Е.А., Масальский О.К. (отв. сост.). Сейсмические станции Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН (код сети ВУКЛ) в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
5. Курткин С.В., Алёшина Е.И. (сост.). Сейсмические станции Северо-Востока России 2012 г. (код сети NEGRS) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
6. Костылев Д.В. (отв. сост.). Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
7. Голенецкий С.И. Землетрясения Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 124–135.
8. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР; № 32(199). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
9. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
10. Шибаев С.В., Козьмин Б.М. (отв. сост.), Старкова Н.Н., Каратаева А.С., Хастаева Е.В., Москаленко Т.П. (сост.). Каталог землетрясений и взрывов Якутии с $K_p \geq 7.6$ за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
11. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016 – С. 233–238.
12. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 226 с.
13. 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.
14. Козьмин Б.М. Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 151–155.
15. Шибаев 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 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 2005 г. 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.

16. **Козьмин Б.М., Шибяев С.В., Петров А.Ф., Тимиршин К.В.** Чаруодинское-III землетрясение 26 января 2009 г. с $K_p=13.7$, $M_w=5.4$, $I_0^p=8$ (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015 – С. 277–282.
17. **Козьмин Б.М., Михайлова Р.С.** Нюкжинский рой 2011 г. и его максимальный толчок 16 марта 2011 г. с $K_p=13.5$, $M_w=5.1$, $I_0=7$ (Южная Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017 – С. 345–350.
18. **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.
19. **Козьмин Б.М. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Якутии в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
20. **Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.** Сейсмотектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 226 с.
21. **Шибяев С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Имаева Л.П., Тимиршин К.В.** Андрей-Тасское землетрясение 22 июня 2008 г. с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$, $I_0=7-8$ (Якутия) // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 352–358.
22. **Козьмин Б.М., Пойгина С.Г. (сост.).** Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Якутии за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.