

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

Мониторинг сейсмичности в Республике Саха (Якутия) в 2010 г. проводился на 19 цифровых станциях Якутского филиала ГС СО РАН. Среди них станции «Якутск» и «Тикси» являлись опорными и задействованы в мировой системе наблюдений IRIS, остальные – соответствовали региональным станциям. В июне 2010 г. был закрыт наблюдательный пункт в пос. Кангалассы, а его аппаратура была использована при открытии новой станции «Олёкминск» в г. Олёкминск, на левом берегу р. Лены в ее среднем течении. Список действующих станций и установленная на них аппаратура представлены в Приложении к наст. сб. на CD [1].

Представительность землетрясений за 2010 г. в регионе осталась на том же уровне, что и в 2009 г. [2]. Вместе с тем открытие сейсмической станции «Олёкминск» позволило, вместе с данными наблюдений на станциях «Витим», «Алдан» и «Хани», полностью регистрировать все землетрясения на востоке Сибирской платформы в среднем течении р. Лены и ее притоков – Витима и Алдана, начиная с $K_p \geq 8$. В результате появилась возможность более детально контролировать проявления сейсмичности в зоне нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан.

Параметры эпицентров землетрясений определялись по данным сети сейсмических станций ЯФ ГС СО РАН [1], сводной обработки и наблюдениям отдельных станций Байкальского филиала ГС СО РАН [3] и Магаданского филиала ГС РАН [4], а также сведений из бюллетеней станций «Кировский» и «Бомнак» [5], принадлежащих Сахалинскому филиалу ГС РАН. Координаты эпицентров подземных толчков рассчитывались с помощью компьютерной программы, составленной в отделе геологии и геофизики Университета штата Мичиган (США) (разработчик – К.Д. Маккей [6]) с использованием времен пробега объемных сейсмических волн, которые надежно выделяются на записях близких землетрясений.

По данным сводной обработки инструментальных материалов были определены параметры 1409 землетрясений [7], из которых 288 с $K_p \geq 7.6$ приведены в каталоге [8] на CD в наст. сб., плюс три взрыва с $K_p = 7.7, 9.1$ и 8.3 , отмеченные 21 июля в $16^h 01^m$, 19 августа в $15^h 11^m$ и 6 сентября в $07^h 11^m$ соответственно. Ощутимых землетрясений в 2010 г. всего два: 9 ноября в $05^h 52^m$ с $K_p = 11.6$ и 22 декабря в $23^h 33^m$ с $K_p = 10.8$ [9]; сотрясенных пункта тоже два – Артык и Тикси [10].

Ниже помещена традиционная таблица распределения землетрясений по энергетическим классам в каждом из 12 районов.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарной сейсмической энергии по районам за 2010 г.

| № | Район | K_p | | | | | | | N_{Σ} | $\Sigma E,$ Дж |
|----|-------------------------------------|-------|-----|-----|----|----|----|----|--------------|----------------------|
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 1 | Олекминский | 188 | 185 | 48 | 9 | 3 | 1 | | 434 | $5.03 \cdot 10^{10}$ |
| 2 | Становой хр. | 253 | 245 | 83 | 15 | 7 | 2 | | 605 | $1.57 \cdot 10^{11}$ |
| 3 | Алданское нагорье | 18 | 84 | 40 | 9 | 3 | | | 154 | $2.55 \cdot 10^{10}$ |
| 4 | Учурский | | 27 | 23 | 7 | | 1 | | 58 | $1.7 \cdot 10^{11}$ |
| 5 | Охотский | | | 1 | | | | | 1 | $1.58 \cdot 10^8$ |
| 6 | Хребет Сетте-Дабан | | | 2 | | | | | 2 | $3.00 \cdot 10^8$ |
| 7 | Верхоянский хребет | 3 | 7 | 2 | | 1 | | | 13 | $1.04 \cdot 10^{10}$ |
| 8 | Яно-Оймяконское нагорье | 5 | 17 | 9 | 1 | | | | 32 | $2.58 \cdot 10^9$ |
| 9 | Хребт Черского | 6 | 23 | 26 | 9 | 2 | | 1 | 67 | $4.58 \cdot 10^{11}$ |
| 10 | Приморская низменность | | 3 | 1 | | 1 | | 1 | 6 | $3.23 \cdot 10^{11}$ |
| 11 | Лаптевский | | 3 | 4 | 4 | 5 | 2 | 1 | 19 | $9.85 \cdot 10^{11}$ |
| 12 | Восточная часть Сибирской платформы | 5 | 10 | 2 | | | | 1 | 18 | $4.01 \cdot 10^{10}$ |
| | Всего | 478 | 605 | 240 | 54 | 22 | 7 | 3 | 1409 | $2.24 \cdot 10^{12}$ |

Суммарная сейсмическая энергия ΣE , высвободившаяся в 2010 г., равна $2.22 \cdot 10^{12}$ Дж, что меньше в 37 раз, по сравнению с энергией в 2009 г. ($5.60 \cdot 10^{13}$ Дж [2]). Анализ сведений из табл. 1 показывает, что в 2010 г. наименьшая ΣE наблюдалась в Олёкмо-Становой зоне (районы №№ 1–4), где в сумме выделилось $4.03 \cdot 10^{11}$ Дж, или 18% от сейсмической энергии за год. Для сравнения в 2009 г. в названной зоне был отмечен, напротив, энергетический всплеск до $5.45 \cdot 10^{13}$ Дж [2].

Карта эпицентров землетрясений Якутии за 2010 г. изображена на рис. 1.

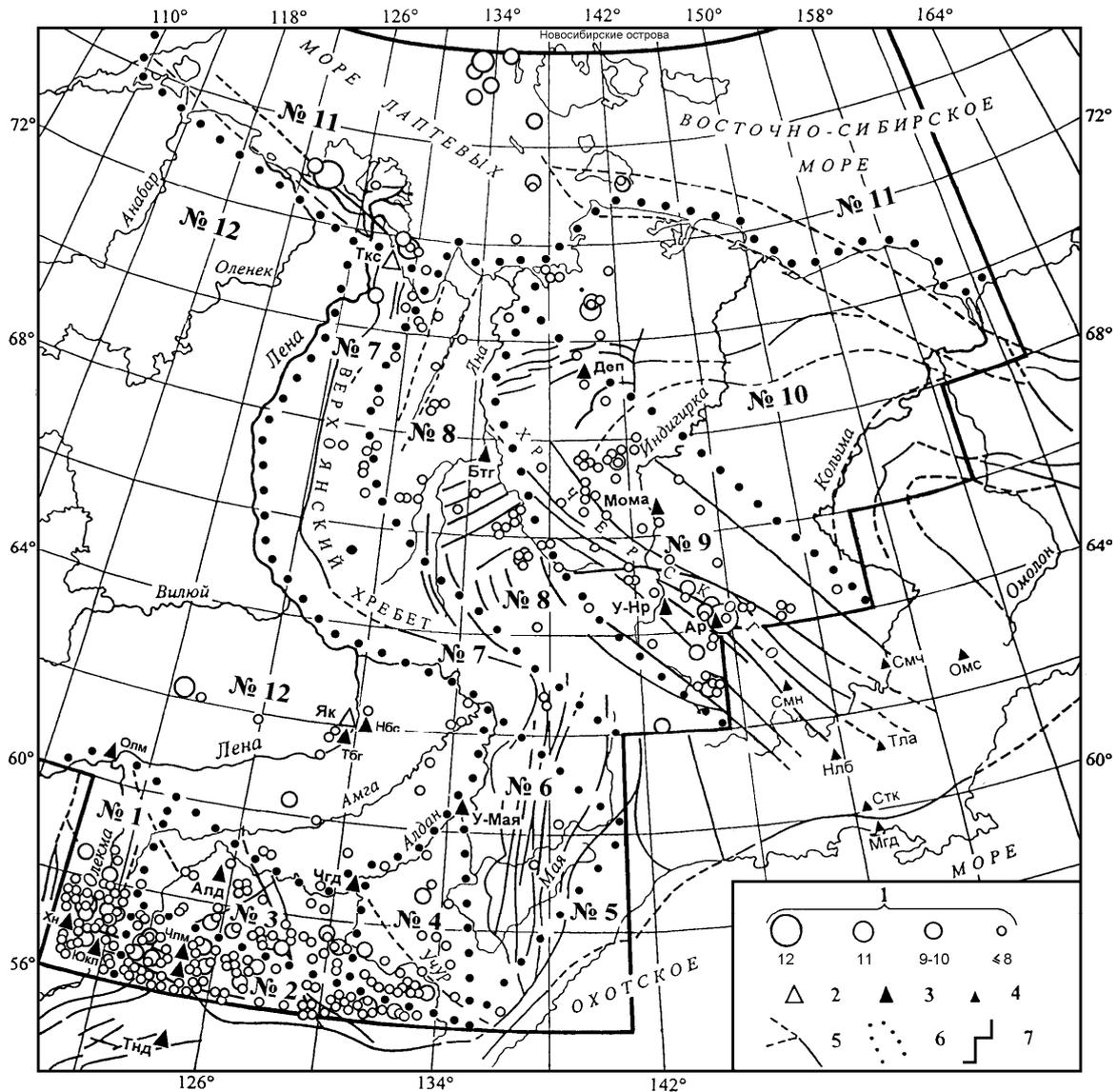


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Якутии за 2010 г.

1 – энергетический класс землетрясений K_p ; 2, 3 – сейсмическая станция, опорная и региональная соответственно; 4 – сейсмическая станция соседних регионов; 5 – разлом по [11, 12], установленный (сплошная линия) и предполагаемый (штриховая); 6, 7 – граница района и региона соответственно.

Самой высокой плотностью эпицентров на рис. 1 выделяется субширотная полоса южно-якутских землетрясений при длине до 800 км и ширине до 200 км между 56–58°N и 120–136°E. Их число достигает 1251 с $K_p=6-11$ [7]. Сейсмическая обстановка в четырех южных районах в целом характеризуется реализацией, в основном, слабых событий. Рассмотрим их подробнее.

В самом западном – **Олёкминском районе (№ 1)** на территории Олёкмо-Чарского нагорья продолжала действовать Олдонго-Чаруодинская роевая последовательность – одна из наиболее крупных за всю историю наблюдений. Ее проявления непрерывно регистрируются вот уже 13 лет (1997–2010 гг.). В течение 2010 г. здесь было зарегистрировано свыше 200 неболь-

ших толчков с $K_p=6-10$ [7] с суммарной энергией в 2.3 % от ΣE за год, из которых в каталог [8] включено 51 событие. Наибольший энергетический класс в районе равен $K_p=10.6$ и характеризует толчок 28 июня в $20^{\text{h}}32^{\text{m}}$ на глубине 14 км.

Следующим мобильным участком здесь является район **Станового хребта (№ 2)**, где повышенная плотность эпицентров устанавливается на южной окраине мезозойской Чульманской впадины в междуречье р. Алдан и его правого притока – р. Унгры. Это скопление очагов землетрясений имеет характерные признаки роя: значительное число событий (около 500), узкий диапазон энергетических классов ($K_p=6-10$), близкое расположение эпицентров на одной и той же площадке ($56.5-57.5^{\circ}\text{N}$ и $122.8-123.9^{\circ}\text{E}$). В нем выделяются два интенсивных землетрясения, произошедшие 14 марта в $13^{\text{h}}33^{\text{m}}$ с $K_p=10.6$, $h=11\pm 5$ км и 1 апреля в $21^{\text{h}}56^{\text{m}}$ с $K_p=10.7$, $h=14\pm 5$ км. В общей сложности здесь выделилось 7.2 % от ΣE за год. Следует отметить, что данный рой территориально приурочен к трассе крупного Южно-Якутского надвига, ограничивающего упомянутую впадину с юга и отделяющего ее от архейско-протерозойских образований Станового хребта. Ранее, 20 апреля 1989 г., примерно в 100 км к западу от рассматриваемого роя в зоне влияния этого же надвига произошло 8-балльное Южно-Якутское землетрясение с $K_p=16$ ($MS=6.6$) [13].

Район **Алданского нагорья (№ 3)** характеризуется в 2010 г. меньшей активностью (1.2 % всей энергии за год), чем в районах № 1 и № 2. Большая часть местных событий с $K_p=6-10$ сосредоточена на правом берегу р. Тимптон (правый приток р. Алдан) и тяготеет к системе регионального Тыркандинского разлома, пересекающего нагорье от устья р. Тимптон к Становому хребту в юго-восточном направлении [12]. Максимальный толчок с $K_p=9.9$ возник здесь 29 сентября в $17^{\text{h}}49^{\text{m}}$.

На восточном фланге Олёкмо-Становой зоны мобильнее была территория **Учурского района (№ 4)**, где ΣE достигала $7 \cdot 10^{11}$ Дж (7.7 % за год). Ежегодно в нем регистрируется несколько десятков подземных толчков, приуроченных к хребту Лурикан в среднем течении р. Учур между 130° и 134°E . Самый интенсивный из них ($K_p=11.2$) произошел 11 декабря в $17^{\text{h}}57^{\text{m}}$ с $\varphi=56.43^{\circ}\text{N}$, $\lambda=131.66^{\circ}\text{E}$ [8].

Сеймотектонические структуры в арктических и северо-восточных районах **№№ 9–11** Якутии в 2010 г. по уровню высвобожденной сейсмической энергии в табл. 1 оказались самыми активными. Здесь высвободившаяся сейсмическая энергия составила 80 % от ее суммы во всем регионе в течение года.

Наибольший уровень сейсмической энергии отмечен в **Лаптевском районе (№ 11)** – $\Sigma E = 9.85 \cdot 10^{11}$ Дж, хотя число всех землетрясений в [7] равно 19 (табл. 1), из которых в каталог [8] включено 10 толчков с $K_p=7.9-11.9$. Выделяется цепочка эпицентров землетрясений к западу от Новосибирских островов. Она следует от материкового склона по дну шельфа моря Лаптевых к устью р. Яны и локализована внутри Бельковско-Святоносского грабена. Этот грабен относится к системе впадин Лаптевоморской окраинно-континентальной рифтовой системы, развитой в восточной части шельфа моря Лаптевых [12]. Все события являются мелкофокусными и отмечены на глубине до 10 км. Самый крупный ($K_p=10.9$) толчок данной группы землетрясений произошел вблизи о. Бельковский 22 августа 2010 г. в $19^{\text{h}}25^{\text{m}}$ [14].

Другое интенсивное ($K_p=11.9$) землетрясение 12 июля 2010 г. в $10^{\text{h}}06^{\text{m}}$ [8] было зарегистрировано на западе шельфа моря Лаптевых в Оленёкском заливе (с координатами $\varphi=72.96^{\circ}\text{N}$, $\lambda=123.40^{\circ}\text{E}$). Его очаг располагался на глубине 12 ± 5 км. Оно сопровождалось одним слабым афтершоком (не вошедшим в каталог [8]) и было приурочено к Лено-Таймырской полосе землетрясений, фиксируемой от дельты р. Лены вдоль побережья Оленёкского залива к полуострову Таймыр. На этом же участке шельфа 30 лет назад – 1 февраля 1980 г. – имело место Оленёкское 7-балльное землетрясение с $MLH=5.2$ [15] и с координатами $\varphi=73.3^{\circ}\text{N}$, $\lambda=122.6^{\circ}\text{E}$ [16]. Интересен был механизм очага Оленёкского землетрясения по данным HRVD [17], приведенный в табл. 2 и на рис. 2.

Как видим, в его очаге преимущественными были близгоризонтальные напряжения растяжения. Они вызвали в очаге Оленёкского землетрясения подвижки типа сброс по обоим nodальным плоскостям с минимальным сдвигом – правосторонним по плоскости $NP1$ восток-юго-восточного (114°) простираения и левосторонним по $NP2$ – северо-западного (314°) простираения. Отметим, что сбросы характерны для расположенного севернее хребта Гаккеля (см. например [18]). Не исключено, что подобные движения могли реализоваться и в очаге 12 июля 2010 г.

Таблица 2. Параметры механизма очага Оленёкского землетрясения 01.02.1980 г. с $MLH=5.2$ по данным HRVD

| Агентство | Дата, д м | t_0 , ч мин с | Магнитуды | | K_p | Оси главных напряжений | | | | | | Нодальные плоскости | | | | | | Источник |
|-----------|------------|-----------------|-----------|-------|-------|------------------------|-------|------|-------|------|-------|---------------------|------|--------|-------|------|--------|--------------|
| | | | MLH | M_s | | T | | N | | P | | $NP1$ | | | $NP2$ | | | |
| | | | | | | PL | AZM | PL | AZM | PL | AZM | STK | DP | $SLIP$ | STK | DP | $SLIP$ | |
| HRVD | 01.02.1980 | 17 30 27 | 5.2 | 5.3 | 14 | 10 | 36 | 10 | 128 | 76 | 262 | 114 | 36 | -107 | 315 | 55 | -78 | [16] [17] |

HRVD



- 1
- 2
- 3

Рис. 2. Стереодиаграмма механизма очага Оленёкского землетрясения 01.02.1980 г. с $MLH=5.2$ по данным HRVD [17]

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

И, наконец, гипоцентр последнего относительно сильного ($K_p=10.8$) землетрясения 22 декабря 2010 г. в 23^h33^m реализовался на глубине $h=12$ км в заливе Неелова губы Буор-Хая моря Лаптевых в 20 км к северо-востоку от пос. Тикси. Данное землетрясение сопровождалось небольшой серией афтершоков.

Так как названное событие произошло утром (в 09^h34^m местного времени), то оно ощущалось всем населением поселка. В каменных домах дрожали стены, дребезжали стекла окон, звякала посуда. На верхних (3-х–4-х) этажах толчок ощущался сильнее: смещались и передвигались легкие предметы, раскачивались лампочки и люстры. Повсеместно в деревянных домах скрипели полы и потолочные перекрытия. Слышался громкий гул, как взрыв или грохот от выстрела артиллерийского орудия. Все это происходило во время сильной пурги и завывания штормового ветра и вызвало панику у населения, так что часть жителей выбежали на улицу. Интенсивность I этого землетрясения в Тикси составила не менее 4 баллов.

Менее активной была территория **Приморской низменности (№ 10)**, которая примыкает к Янскому заливу моря Лаптевых, как по суммарному числу ($N_\Sigma=6$) землетрясений, так и по уровню высвобожденной в их очагах суммарной энергии ($\Sigma E=3.23 \cdot 10^{11}$ Дж) (табл. 1). Все эпицентры были сосредоточены в северо-западной части района (рис. 1), где в бассейне р. Чондон 1 апреля 2010 г. в 04^h30^m на глубине $h=23$ км был зарегистрирован подземный толчок с $K_p=11.5$. За ним последовало три слабых афтершока, не вошедших в каталог [8].

Стабильно активен район **хребта Черского (№ 9)**. Здесь выделяются два активных участка – в центре и на его юго-востоке. Первый расположен в северо-западных отрогах кряжа Андрей-Тас на левобережье р. Индигирки в ее среднем течении. Эпицентры слабых землетрясений с $K_p=6-10$ расположились вдоль линии крупного Илин-Тасского взброса северо-восточного простирания и представляют собой афтершоковую последовательность, продолжающуюся после сильного 7–8-балльного Андрей-Тасского землетрясения 22.06.2008 г. с $K_p=15.6$, $M_w=6.1$ [19]. На втором участке около 20 эпицентров группируются вблизи границы с регионом Северо-Восток России. Большинство из этих землетрясений произошло в зонах влияния известных на северо-востоке Якутии разломов: Улахан, Дарпир, Чай-Юреинский и др. [11, 12]. Один из толчков, зафиксированный 9 ноября 2010 г. с координатами $\varphi=64.10^\circ N$, $\lambda=145.48 E$ с $h=12$ км и $K_p=11.6$ [8] в Верхненерской впадине, ощущался в ближайшем к эпицентру пос. Артык с интенсивностью $I=3-4$ балла. Сотрясения почувствовали многие жители, дребезжали стекла окон, вибрировали стены домов, как от близко проезжающей автомашины, слышался легкий гул.

В районе **Яно-Оймяконского нагорья (№ 8)** по уровню высвобожденной сейсмической энергии отмечается низкая сейсмическая активность ($\Sigma E=2.58 \cdot 10^9$ Дж в табл. 1). Для него характерна рассеянная сейсмичность, которая проявляется на всей его территории в виде 32 слабых землетрясений с $K_p=6-9$ (табл. 1), восемь из которых с $K_p \geq 7.6$ представлены в каталоге [8]. Максимальный ($K_p=9.2$) толчок зарегистрирован 1 июня в 10^h58^m с координатами $\varphi=62.12^\circ N$, $\lambda=142.83^\circ E$ на граничной линии ответственности каталога.

Слабоактивным являлся также район **Верхоянского хребта (№ 7)**, в пределах которого зарегистрированы 13 землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E=1.04 \cdot 10^{10}$ Дж (табл. 1), из которых

лишь три включены в каталог [8]. Два из них, произошедшие 1 марта в 20^h05^m с $K_p=7.6$ и 30 апреля в 21^h13^m с $K_p=8.4$, приурочены к северному сегменту Верхоянского хребта. Третье землетрясение 23 марта в 19^h32^m – наиболее сильное ($K_p=10.0$) в районе – возникло вблизи Тикси (рис. 1).

В восточной части Сибирской платформы (№ 12) все 18 землетрясений (табл. 1) произошли в ее южной части на широте меньше 62.5°N (рис. 1). Так, на Ленском плато, в междуречье Лены и Алдана, определены параметры более 10 эпицентров слабых землетрясений с $K_p=7-8$. Самое значительное ($K_p=10.6$) событие, которое возникло 11 августа в 14^h09^m, локализовано на расстоянии 370 км к западу от г. Якутск.

Практически асейсмичными были районы **Охотский (№ 5)** с одним толчком (табл. 1), зарегистрированным 25 марта в 09^h15^m с $K_p=8.2$ и **хребет Сете-Дабан (№ 6)** с двумя толчками близкой энергии (табл. 1), произошедшими 1 июня в 07^h41^m с $K_p=8.3$ и 27 июля в 16^h34^m с $K_p=8.0$ (рис. 1, [8]).

В итоге, пространственная структура эпицентральных полей в пределах крупных сейсмических поясов на территории Якутии не претерпела изменений, хотя величина выделившейся во всем регионе сейсмической энергии в 2010 г. была примерно на полпорядка меньше, чем в 2009 г., а для южных районов уменьшилась даже на два порядка.

Л и т е р а т у р а

1. **Козьмин Б.М., Шibaев С.В. (отв. сост.).** Сейсмические станции Якутии в 2010 г. (код сети YARS). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. **Козьмин Б.М.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии, 2009 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015 – С. 203–208.
3. **Гилёва Н.А., Масальский О.К., Кобелева Е.А. (отв. сост.).** Сейсмические станции Байкальского филиала ГС СО РАН (код сети ВУКЛ) в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. **Алёшина Е.И., Курткин С.В., Карпенко Л.И., Седов Б.М. (сост.).** Сейсмические станции Северо-Востока России в 2010 г. (код сети NERS). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
5. **Михайлов В.И. (сост.).** Сейсмические станции Приамурья и Приморья в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. **Mackey K.G.** Seismological Studies in Northeast Russia. Dissertation for the degree of Ph.D. – Michigan State University. Department of Geological Sciences, 1999. – 346 p.
7. **Козьмин Б.М., Шibaев С.В., Тимиршин К.В. (отв. сост.), Петрова В.Е., Каратаева А.С., Москаленко Т.П. (сост.).** Оригинал каталога землетрясений ($N=1409$) Якутии за 2010 г. – Якутск: Фонды ЯФ ГС СО РАН, 2011. – 24 с.
8. **Козьмин Б.М., Шibaев С.В., Тимиршин К.В. (отв. сост.), Петрова В.Е., Каратаева А.С., Москаленко Т.П. (сост.).** Каталог землетрясений и взрывов Якутии за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. **Козьмин Б.М. (отв. сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Якутии в 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. **Козьмин Б.М., Пойгина С.Г. (сост.).** Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений в населенных пунктах Якутии за 2010 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
11. **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.
12. **Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.** Сеймотектоника Якутии – М.: ГЕОС, 2000. – 201 с.
13. **Козьмин Б.М., Голенецкий С.И., Николаев В.В. и др.** Южно-Якутское землетрясение 20(21).04.1989 г. и его афтершоки // Землетрясения в СССР в 1989 г. – М.: Наука, 1993. – С. 172–193.
14. **International Seismological Centre, On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2013.** – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
15. **Козьмин Б.М., Андреев Т.А., Югова Р.С., Попова М.С.** Землетрясения Якутии и Северо-Востока // Землетрясения в СССР в 1980 году. – М.: Наука, 1983. – С. 65–69.

-
16. **Козьмин Б.М., Андреев Т.А. (отв. сост.), Емельянова А.А., Югова Р.С., Воробьёва Л.А., (сост.).** Каталог землетрясений Якутии и Северо-Востока за 1980 г. // Землетрясения в СССР в 1981 году. – М.: Наука, 1983. – С. 206–212.
 17. **Bulletin of the International Seismological Centre** for 1980.– Thatcham, United Kingdom: ISC, 1980.
 18. **Аветисов Г.П., Жолондз А.С.** Арктический бассейн // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014 год. – С. 254–258.
 19. **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.