

## ЯКУТИЯ

*Б.М. Козьмин*

Система инструментальных наблюдений после закрытия в октябре 1996 г. станции "Таймыльр" на севере Якутии [1] не изменялась в течение 1997 г. и включала 13 сейсмических станций. Две из них ("Якутск" и "Тикси") были оборудованы цифровыми приборами с записью на компьютер и входили в систему IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology), поддерживаемую консорциумом научных учреждений США в области сейсмологии. Остальные станции имели аналоговую аппаратуру и фиксировали сейсмические события на фотобумагу (табл. 1).

**Таблица 1.** Сейсмические станции ЯОМСЭ СО РАН, работавшие в 1997 г., и их параметры

| №  | Станция     |       |      | Дата открытия            | Координаты |        |      | Аппаратура                      |                |                  |                       |
|----|-------------|-------|------|--------------------------|------------|--------|------|---------------------------------|----------------|------------------|-----------------------|
|    | Название    | Код   |      |                          | φ°, N      | λ°, E  | h, м | Тип прибора                     | Комп-нента     | V <sub>max</sub> | ΔT <sub>max</sub> , с |
|    |             | Межд. | Рег. |                          |            |        |      |                                 |                |                  |                       |
| 1  | 2           | 3     | 4    | 5                        | 6          | 7      | 8    | 9                               | 10             | 11               | 12                    |
| 1  | Якутск      | YAK   | Як   | 04.10.1957<br>01.09.1993 | 62.03      | 129.68 | 91   | СКМ-3<br>СКД<br>IRIS<br>цифр/ст | N,E,Z<br>N,E,Z | 35000<br>1250    | 0.7-1.5<br>0.2-20     |
| 2  | Чульман     | CLN   | Члм  | 05.08.1962               | 56.85      | 124.90 | 580  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 34000            | 0.4-0.9               |
| 3  | Усть-Нера   | USN   | У-Нр | 21.11.1962               | 64.57      | 143.23 | 485  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 33500            | 0.2-1.2               |
| 4  | Усть-Нюкжа  | USZ   | У-Н  | 18.07.1964               | 56.56      | 121.59 | 415  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 50000            | 0.2-1.3               |
| 5  | Чагда       | CGD   | Чгд  | 04.10.1968               | 58.75      | 130.62 | 185  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 38400            | 0.2-1.2               |
| 6  | Батагай     |       | Бтг  | 12.03.1975               | 67.65      | 134.63 | 127  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 37200            | 0.2-1.4               |
| 7  | Нежданинск  |       | Нжд  | 06.09.1980               | 62.50      | 139.06 | 603  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 42000            | 0.2-1.2               |
| 8  | Усть-Уркима |       | Урк  | 22.04.1981               | 55.30      | 123.22 | 540  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 40600            | 0.2-1.2               |
| 9  | Мома        |       | Мома | 05.03.1983               | 66.47      | 143.22 | 192  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 40400            | 0.2-1.3               |
| 10 | Найба       |       | Нб   | 03.12.1985               | 70.85      | 130.73 | 5    | СКМ-3                           | N,E,Z          | 26000            | 0.2-1.1               |
| 11 | Сасыр       |       | Ссп  | 28.10.1986               | 65.16      | 147.08 | 580  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 41000            | 0.2-1.2               |
| 12 | Артык       |       | Ар   | 04.07.1988               | 64.18      | 145.13 | 700  | СКМ-3                           | N,E,Z          | 36900            | 0.2-0.9               |
| 13 | Тикси       | TIK   | Ткс  | 13.08.1995               | 71.63      | 128.86 | 38   | IRIS<br>цифр/ст                 |                |                  |                       |

Энергетическая представительность землетрясений в Южной Якутии не изменялась по сравнению с таковой в 1995-1996 гг. [1,2]. На севере Якутии вблизи побережья моря Лаптевых, где функционировали только станции "Тикси" и "Найба", полностью записывались лишь землетрясения с  $K_p \geq 9.5$ . На юго-восточном фланге хр. Черского благодаря сохранившейся группе из 4-х станций ("Усть-Нера", "Мома", "Артык" и "Сасыр") без пропусков могли регистрироваться события с  $K_p \geq 8$ . Для остальных частей региона порог представительности остался на прежнем уровне и, в целом, для всей территории соответствовал  $K_p \geq 12$ .

Для определения параметров эпицентров землетрясений, кроме сведений сейсмических станций Якутии, привлекались также данные сводной обработки наблюдений сети станций в Прибайкалье, Приамурье и Приморье. Около 60% информации было получено на основе компьютерной обработки данных, остальная часть – по результатам ручной обработки. Действующая система наблюдений позволяла находить местоположение эпицентров с ошибкой  $\geq 10$  км.

Распределение землетрясений разных классов по 12 сейсмоактивным районам представлено в табл. 2. Информация о сейсмических событиях с  $K_p \geq 7.6$  приведена в каталоге землетрясений [3].

На основе каталога землетрясений была составлена карта эпицентров землетрясений Якутии (рис. 1), где также показаны действующие сейсмические станции, деление территории на 12 сейсмоактивных районов и линии основных сейсмогенных разломов по [4]. Легко заметить, что

на карте прослеживаются две протяженные сейсмические зоны: одна – на юге, другая – на северо-востоке. Первая (субширотная Олекмо-Становая зона) является продолжением Байкальского рифта на восток от р. Олекмы к Охотскому морю и входит в крупный Байкало-Становой пояс землетрясений, расположенный вдоль южной окраины Сибирской платформы. Вторая (зона хр. Черского) протягивается от шельфа моря Лаптевых к Охотскому морю, соединяя Арктический и Тихоокеанский сейсмические пояса [5].

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам

| №     | Район                               | $K_{min}$ | $K_p$ |     |     |    |    |    |    |     | $N_{\Sigma}$ | $\Sigma E \cdot 10^{12}$ , Дж |
|-------|-------------------------------------|-----------|-------|-----|-----|----|----|----|----|-----|--------------|-------------------------------|
|       |                                     |           | 6     | 7   | 8   | 9  | 10 | 11 | 12 |     |              |                               |
| 1     | Олекминский                         | 8         | 8     | 366 | 179 | 62 | 21 | 9  | 2  | 647 | 3.19         |                               |
| 2     | Становой хребет                     | 8-9       | 15    | 77  | 35  | 8  | 2  | 1  | -  | 138 | 0.13         |                               |
| 3     | Алданское нагорье                   | 8-9       | 1     | 38  | 16  | 8  | 1  | -  | -  | 64  | 0.02         |                               |
| 4     | Учурский                            | 10        | -     | 2   | 16  | 9  | 1  | 1  | -  | 29  | 0.12         |                               |
| 5     | Охотский                            | 10        | -     | -   | -   | -  | 1  | -  | 1  | 2   | 1.01         |                               |
| 6     | Хребет Сетте-Дабан                  | 9-10      | -     | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -   | -            |                               |
| 7     | Верхоянский хребет                  | 9         | -     | -   | 2   | -  | -  | -  | -  | 2   | -            |                               |
| 8     | Яно-Оймяконское нагорье             | 9         | -     | -   | 3   | 2  | 2  | 2  | -  | 9   | 0.22         |                               |
| 9     | Хребет Черского                     | 8-9       | 1     | 4   | 9   | 7  | 3  | 1  | -  | 25  | 0.14         |                               |
| 10    | Приморская низменность              | 10-11     | -     | -   | -   | -  | -  | -  | -  | -   | -            |                               |
| 11    | Лаптевский                          | 12        | -     | -   | -   | 2  | -  | 1  | -  | 3   | 0.10         |                               |
| 12    | Восточная часть Сибирской платформы | 11        | -     | 1   | 1   | -  | 1  | -  | -  | 3   | 0.01         |                               |
| Всего |                                     |           | 25    | 488 | 261 | 98 | 32 | 15 | 3  | 922 | 4.94         |                               |

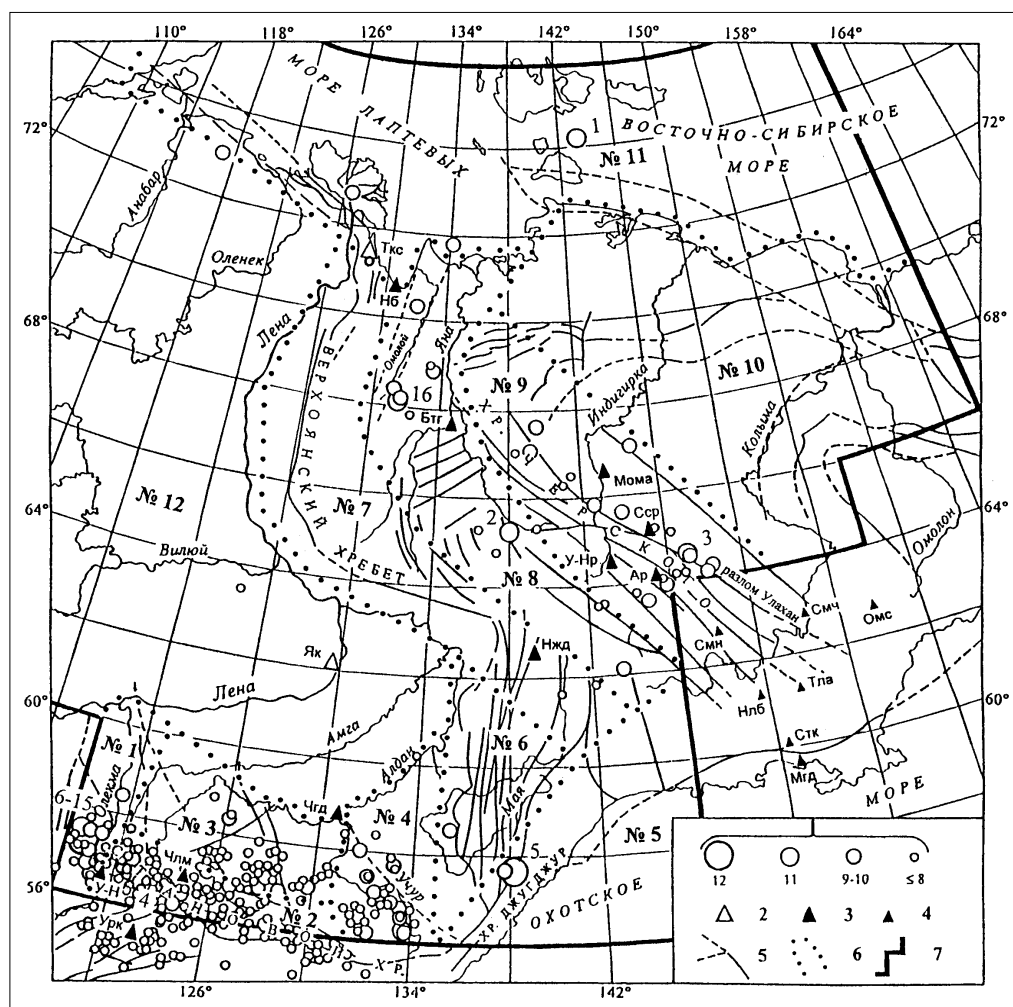


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Якутии за 1997 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2,3 – сейсмическая станция, опорная и региональная, соответственно; 4 – сейсмическая станция соседних регионов; 5 – разлом, установленный и предполагаемый (пунктир); 6,7 – граница района и региона, соответственно.

В 1997 г. в регионе наблюдалось падение числа землетрясений и количества выделившейся суммарной сейсмической энергии. Согласно табл. 2 ее величина составила  $\Sigma E=4.94 \cdot 10^{12}$  Дж, что примерно в 20 раз меньше таковой в 1996 г. [1]. Наиболее сейсмически активным был Олекминский район, где высвободилось до 65% всей сейсмической энергии. Остальные районы менее активны: Охотский (~20%), Яно-Оймяконское нагорье (~4%), хребты Становой и Черского (~3%), Учурский и Лаптевский (~2%).

В Олекминском районе (№1), на северо-восточном окончании хр. Удокан, сгущение эпицентров землетрясений возникло на северо-восточном фланге Байкальской рифтовой зоны, в пределах Верхнетоккинской впадины, охватывающей верховья рек Токко и Чаруода, притоков р. Чары (бассейн р. Олекмы) (рис. 2). Сейсмический процесс здесь развивался в виде долговременного сейсмического роя. Об этом свидетельствует ряд его характерных признаков: общность места и времени возникновения этих событий; существование в роевой серии многочисленных слабых землетрясений с близкими значениями энергетических классов и с энергией в очаге максимального из них, едва достигавшей  $10^{13}$  Дж; отсутствие типичных проявлений афтершоковой деятельности, которая часто имеет место после сильного землетрясения. В связи с приуроченностью роя к верховьям р. Олдонгсо, левого притока Олекмы, он получил название Олдонгсинского.

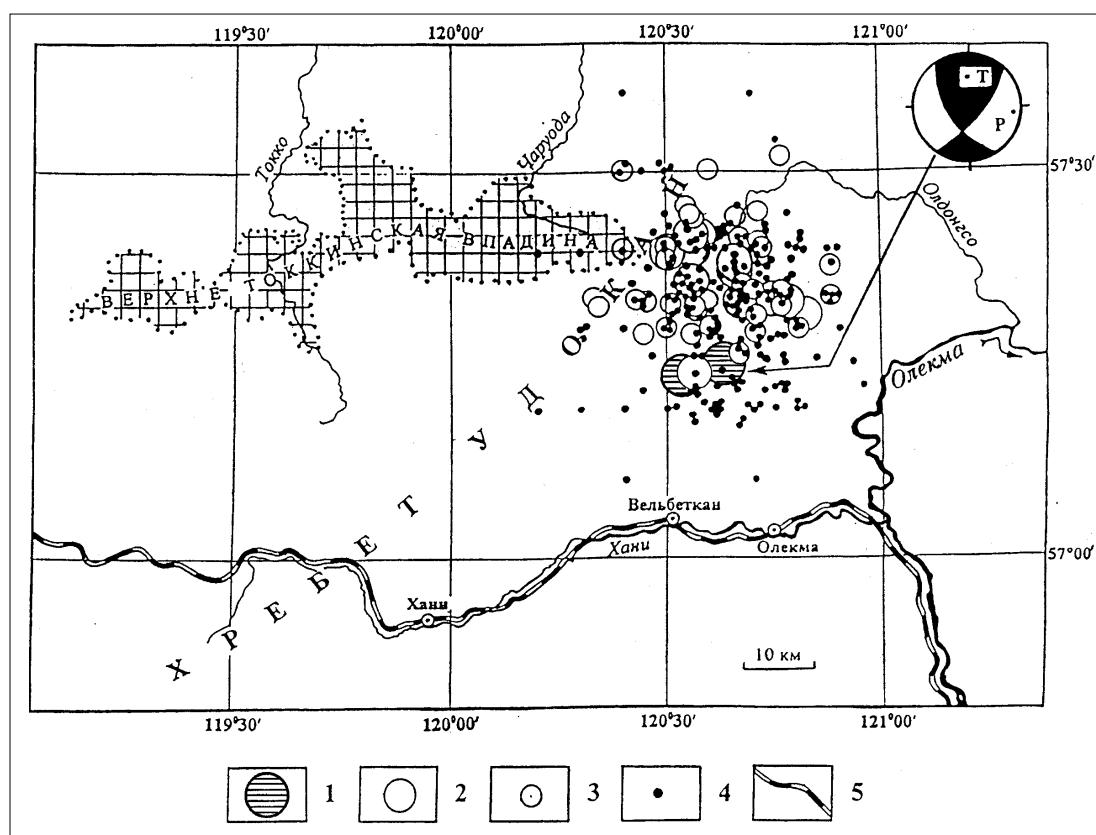


Рис. 2. Расположение Олдонгсинского роя

1-3 – землетрясения с энергетическими классами  $\pm 12-13$ , 11 и 9-10, соответственно; 4 –  $K_p \leq 8$ ; 5 – трасса Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. Вверху приведена диаграмма механизма очага землетрясения 24.10.1997 г. в  $11^h50^m$  с  $K_p=12.5$ ,  $M_s=4.6$  (зачернены области сжатия).

В течение января-августа 1997 г. на участке будущего роя фиксировались лишь слабые землетрясения с  $K_p=7-9$  (примерно по 1-2 события в месяц). Активизация сейсмического процесса началась в сентябре, когда было отмечено 4 толчка. Наибольший всплеск активности пришелся на последнюю декаду октября (табл. 3). В течение 19-23 октября число зарегистрированных, главным образом, слабых событий ( $K=7-9$ ) в рое ежедневно медленно возрастало (с 11 до 18). Основной пик отмечен 24 октября – 69 толчков, затем активность роя начала постепенно спадать, хотя до конца года на сейсмограммах близких пунктов наблюдений ("Усть-Нюкжа", "Усть-Уркима") ежесуточно продолжали записываться единичные слабые землетрясения этого роя. Всего в

Олдонгсинском рое 1997 г. зафиксировано 597 точек с  $K_p=7-12$ , из которых 361 (~60%) произошли в течение октября. Шесть сильных землетрясений с энергетическим классом  $K_p=11-12$ , которые отмечены 24 октября, ощущались вдоль трассы Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, которая приближается с юга на 20-30 км к местоположению роя (рис. 2).

Таблица 3. Землетрясения Олдонгсинского роя с 19 по 31 октября 1997 г.

| Дата | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| N    | 11 | 12 | 14 | 19 | 18 | 69 | 67 | 41 | 22 | 21 | 33 | 13 | 21 |

Лучше всего наблюдались макроэффекты самого крупного события в рое, отмеченного 24 октября в  $11^h50^m$  с  $K_p=12.5$  (6 на рис. 1). С интенсивностью до 5 баллов оно ощущалось на ближайших к эпицентру (20-50 км) железнодорожных станциях Олекма, Вельбеткан и Хани (табл. 4). Сотрясались производственные помещения и жилые дома. Внутри зданий скрипели полы и потолки, звенела посуда, слегка смещалась мебель, раскачивались электрические лампочки. В отдельных помещениях вскрывались строительные недоделки в виде выпадения штукатурки, образования трещин вдоль соединительных швов и др. Был слышен глухой подземный гул. В некоторых высотных зданиях на верхних этажах было отмечено увеличение сейсмических воздействий на 1 балл по сравнению с эффектами на земной поверхности. В пунктах Икабья и Чопо-Олонго, находящихся в 110-112 км к западу от эпицентра землетрясение ощущалось сильнее (4-5 баллов), чем в поселках Усть-Нюкжа и Юктали, расположенных ближе к эпицентру (92-95 км к югу и юго-востоку от толчка). Это, возможно, подтверждает более быстрое затухание сейсмических воздействий в субмеридиональном направлении. Через час после описанного события произошел второй подземный толчок с макроэффектами, близкими к первому.

Таблица 4. Макросейсмические данные о землетрясении 24 октября в  $11^h50^m$  с  $K_p=12.5$ , максимальном в Олдонгсинском рое 1997 г.

| № | Пункт             | $\Delta$ , км | №  | Пункт            | $\Delta$ , км |
|---|-------------------|---------------|----|------------------|---------------|
|   | <u>5 баллов</u>   |               | 6  | Чопо-Олого       | 112           |
| 1 | Вельбеткан        | 23            |    | <u>3-4 балла</u> |               |
| 2 | Олекма            | 24            | 7  | Усть-Нюкжа       | 92            |
| 3 | Хани              | 55            | 8  | Юктали           | 95            |
|   | <u>4-5 баллов</u> |               | 9  | Дюгабуль         | 135           |
| 4 | Мостовой          | 72            | 10 | Новая Чара       | 142           |
| 5 | Икабья            | 110           | 11 | Чара             | 150           |

Для толчка роя с  $K_p=12.5$  удалось построить механизм очага [6] по знакам первых вступлений для прямых и преломленных продольных сейсмических волн на основе наблюдений 20 региональных станций в Якутии и Прибайкалье. Обе нодальные плоскости имели субмеридиональное простирание с крутым падением на юго-запад (угол  $60^\circ$ ) и юго-восток (угол  $70^\circ$ ). Тип подвижки в очаге – взброс. При этом сжимающее напряжение действовали субгоризонтально по азимуту  $94^\circ$ , а растягивающее – под углом к горизонту в  $38^\circ$  в субмеридиональном направлении ( $AZM=359^\circ$ ). Параметры этого фокального механизма свидетельствуют о "нерифтовом" характере движений в очаге в сравнении со смещениями в очагах землетрясений соседнего Байкальского рифта, представленными сбросами [7].

К другим активным районам на юге Якутии относится **Становой хребет** (район №2). В его пределах отмечено 138 землетрясений, которые в виде полосы эпицентров вдоль  $56^\circ N$  тяготеют к системе разрывных нарушений Станового шва, отделяющего Становую складчатую область на юге от структур Алданского щита Сибирской платформы, расположенных севернее [4]. Очаги землетрясений довольно равномерно заполняют территорию данного района с их небольшими скоплениями на западном фланге Станового хребта между сейсмическими станциями "Усть-Нюкжа" и "Чульман", где отмечен единственный здесь сильный толчок (4), происшедший 22 июня в  $06^h04^m$  с  $K_p=10.6$ .

На **Алданском нагорье** (район №3) наблюдался невысокий уровень активности, выраженный "облаком" слабых землетрясений, расположенных между  $\sim 57-58^\circ N$ .

В **Учурском районе** (№4) очаги землетрясений были сосредоточены в его южной части. Значительное число событий здесь тяготеет к хр. Лурикан, который пересекает р. Учур в ее

среднем течении.

Редкое событие с  $K_p=12.2$  было отмечено 2 сентября 1997 г. в 22<sup>h</sup>30<sup>m</sup> в **Охотском районе №5** (хр. Джугджур вблизи побережья Охотского моря), где за последние 80 лет зарегистрировано лишь два толчка с энергетическим классом, близким к указанному: 28.02.1926 г. ( $t_0=09^h15^m$  с  $M=(5.0)$ ) и 26.04.1960 г. ( $t_0=06^h51^m$  с  $M=4.8$ ) [8,9]. Джугджурское землетрясение сопровождалось небольшой серией афтершоков.

На севере и северо-востоке Якутии на общем фоне слабой сейсмичности выделяются два подвижных района: **Яно-Оймяконское нагорье (№8)** и **хребет Черского (№9)**, где наблюдались землетрясения с  $K_p=11$ . В первом – повышенная сейсмическая активность имела место в Омолойской и Верхнеадычанской впадинах (события 16 и 2). Во втором – более мобилен был юго-восточный фланг в междуречье Индигирки и Колымы. Здесь эпицентры землетрясений тяготели к трассам активизированной Индигиро-Колымской системы разломов: Улахан, Иньяли-Дебинский, Чай-Юреинский и др. [5]. Наибольшие подвижки наблюдались в зоне влияния разлома Улахан, к которому приурочен также толчок (3) на рис. 1, происшедший 20 июня в 04<sup>h</sup>57<sup>m</sup> с  $K_p=10.9$  [3].

Менее активным был **Лаптевский район (№11)**, где величина выделившейся сейсмической энергии в 1997 г. составила  $0.1 \cdot 10^{12}$  Дж, что в  $10^3$  раз меньше таковой в 1996 г. ( $101.8 \cdot 10^{12}$  Дж) [2]. В районе зафиксировано всего несколько землетрясений: в проливе Санникова Восточно-Сибирского моря (1 на рис. 1), в дельте р. Лены, вблизи от устья р. Анабар. Слабое сотрясение, вызванное землетрясением с  $K_p=7.5$ , которое произошло 7 февраля непосредственно под пос. Тикси, почувствовали около 04<sup>h</sup> утра местные жители. Слегка вибрировали стены, позвякивала посуда, слышался подземный гул. Примерно через минуту все стихло. Несомненно, что одной из причин небольшого числа землетрясений, отмеченных в Лаптевском районе, является отсутствие необходимой системы наблюдений на арктическом побережье Якутии, где сейчас действуют только две сейсмические станции (рис. 1).

#### Л и т е р а т у р а

1. **Козьмин Б.М. 2001.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 115-118.
2. **Козьмин Б.М. 2002.** Якутия // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 148-151.
3. **Козьмин Б.М., Ларионов А.Г. (отв. сост.), Марченко Т.И., Захарова Ж.Г., Саввинова Н.А., Карпова С.Ю., Денга Е.Г.** Якутия. См. раздел III в наст. сб. (на CD).
4. **Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. 2000.** Сейсмотектоника Якутии. М.: Изд-во "Геос". 227 с.
5. **Козьмин Б.М., Имаев В.С., Имаева Л.П. 2001.** Сейсмичность и современная геодинамика // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: Изд-во "Маик". С. 33-68.
6. **Мельникова В.И., Козьмин Б.М. (отв. сост.)**. Якутия. См. раздел IV в наст. сб. (на CD).
7. **Голенецкий С.И., Гилева Н.А., Мельникова В.И., Курушин Р.А., Массальский О.К. 2002.** Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. М.: Изд-во ОИФЗ РАН. С. 81-94.
8. **Козьмин Б.М. (отв. сост.), Андреев Т.А. 1977. УІ.** Якутия и Северо-Восток [1735-1974 гг.,  $M \geq 4.5$ ,  $I_0 \geq 5$ ] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука. С. 339-357.
9. **Козьмин Б.М. 1984.** Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. М.: Наука. 125 с.