

Якутия

¹С.В. Шибает, ^{1,2}Б.М. Козьмин, ^{1,2}А.А. Макаров,
¹Д.М. Пересыпкин, ¹А.В. Наумова, ¹Н.Н. Старкова

¹ЯФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Якутск; ²ИГАБМ СО РАН, г. Якутск

Якутский филиал (ЯФ) ФИЦ ЕГС РАН проводил исследования сейсмичности Республики Саха (Якутия) сетью инструментальных наблюдений, состоящей из 20 цифровых сейсмических станций. Были проведены модернизация, ремонт и замена аппаратуры на четырех сейсмических станциях (ALDR, OLMR, CGD, YCRN). Расположение пунктов регистрации показано на рис. I.24, информация о станциях приведена в табл. I.18.

В 2019 г. были продолжены полевые локальные исследования землетрясений в арктических районах Якутии в рамках проекта "Seismicity and neotectonics of Laptev Sea region (SIOLA)" (Сейсмичность и неотектоника региона моря Лаптевых) на 2016–2019 гг. Они проводились ЯФ ФИЦ ЕГС РАН (г. Якутск) совместно с Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (г. Москва) и Гельмгольтцским центром полярных и морских исследований Полярного института им. А. Вегенера (Германия). Полевые станции в основном были сосредоточены на западном берегу губы Буор-Хая моря Лаптевых и в районе Быковской протоки (дельта р. Лены). Их количество (25) в сравнении с 2018 г. оставалось неизменным, как и тип используемой аппаратуры [1, 2].

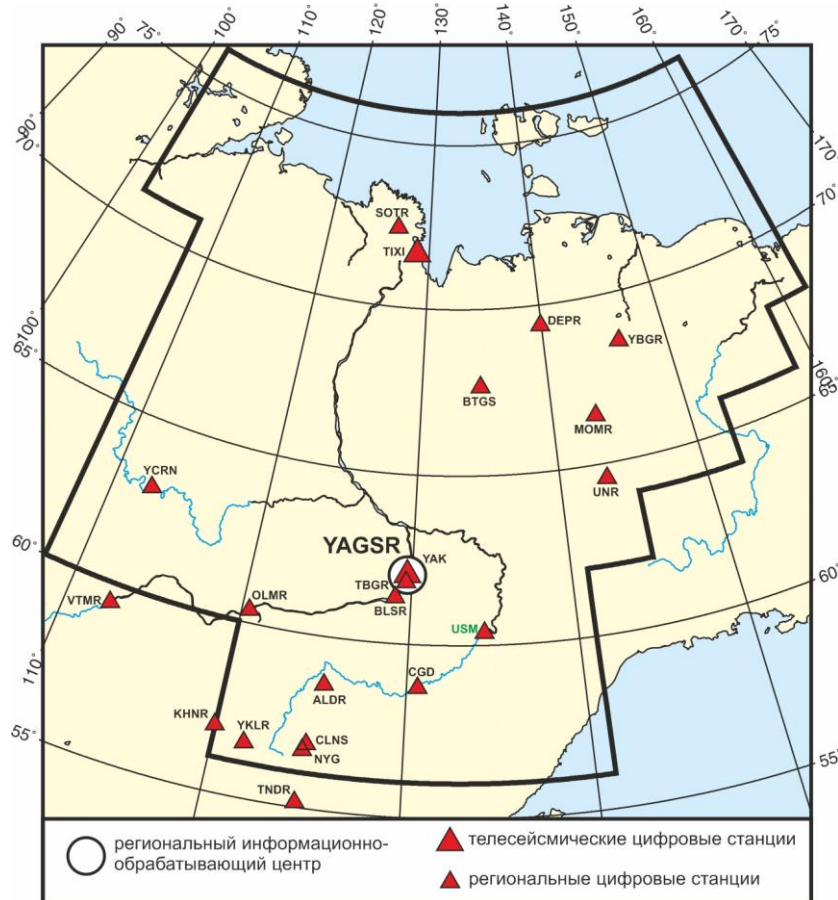


Рис. I.24. Сейсмические станции на территории Якутии в 2019 г.

Черный шрифт – международные коды сети (центра) и станций,
 зеленый шрифт – региональный код станции

Таблица 1.18. Сведения о сейсмических станциях ЯФ ФИЦ ЕГС РАН (сеть YAGSR)

| № | Сейсмическая станция | | | Дата открытия–закрытия (модернизации ¹) | Координаты и высота над уровнем моря | | | Подпочва | Тип оборудования |
|----|------------------------------------|---------------|--------------|---|--------------------------------------|---------|------|--|--|
| | название станции, код сети | код | | | φ, °N | λ, °E | h, м | | |
| | | международный | региональный | | | | | | |
| 1 | Алдан | ALDR | ALD | 01.10.1999 (12.2018) | 58.610 | 125.410 | 662 | Крупная галька, глина, вечная мерзлота | СМЕ-6211+ PAR-4CH; СМЕ-6211+ Байкал-8 |
| 2 | Батагай | BTGS | BTG | 12.03.1975 (12.2014) | 67.656 | 134.625 | 127 | Глина, гравий, вечная мерзлота | СМЕ-6211+ PAR-4CH |
| 3 | Белая Гора | YBGR | BGR | 12.08.2011 (04.03.2018) | 68.532 | 146.193 | 36 | Глина, вечная мерзлота | KS-2000+ Байкал-8 |
| 4 | Булуус | BLSR | BLS | 27.03.2012 (03.2018) | 61.360 | 129.030 | 90 | Галька | СМЕ-6211+ Байкал-8 |
| 5 | Витим | VTMR | VTM | 16.06.2003 (06.2012) | 59.440 | 112.550 | 188 | Суглинок | СМГ-3ЕСРС+ CD-24 |
| 6 | Депутатский | DEPR | DEP | 27.08.2003 (10.07.2018) | 69.390 | 139.900 | 320 | Вечная мерзлота | СМЕ-6011+ Байкал-8 |
| 7 | Мома | MOMR | MOM | 05.03.1983 (13.04.2018) | 66.467 | 143.217 | 192 | Глина, гравий, вечная мерзлота | KS-2000+ Байкал-8 |
| 8 | Олёкминск | OLMR | OLM | 11.06.2010 (03.07.2019) | 60.376 | 120.463 | 45 | Песок, вечная мерзлота | СМ-3КВ+ Байкал-8; СМЕ-6211+ Байкал-8 |
| 9 | Столб | SOTR | SOT | 16.08.2013 (14.09.2018) | 72.403 | 126.812 | 50 | Алевролиты, вечная мерзлота | СМЕ-6011+ Байкал-8 |
| 10 | Табага | TBGR | TBG | 24.06.2003 (02.10.2018) | 61.821 | 129.637 | 98 | Вечная мерзлота | СМЕ-6211+ Байкал-8 |
| 11 | Тикси YAGSR, GSN, IMS СТВТО | TIXI | TIX | 15.08.1995 (24.09.2017) | 71.649 | 128.867 | 50 | Доломиты, кварциты, вечная мерзлота | STS-1, STS-2+ Q330 |
| 12 | Тында | TNDR | TND | 20.06.2001 (13.08.2019) | 55.147 | 124.721 | 530 | Галька, глина | СМЕ-6011+ Байкал-8 |
| 13 | Усть-Мая 2 | – | USM | 08.04.2006 (03.2017) | 60.367 | 134.458 | 170 | Глина, вечная мерзлота | KS-2000+ PAR-4CH |
| 14 | Усть-Нера | UNR | UNR | 21.11.1961 (10.09.2018) | 64.566 | 143.228 | 485 | Суглинки, вечная мерзлота | СМЕ-6211+ Байкал-8 |
| 15 | Хани | KHNR | KHN | 11.12.2005 | 56.921 | 119.979 | 690 | Гранитогнейсы | СМ-3КВ+ Байкал-112 |
| 16 | Чагда | CGD | CGD | 01.08.1968 (11.2015) | 58.752 | 130.609 | 195 | Галька, глина, вечная мерзлота | СМ-3КВ+ Байкал-11 |
| 17 | Чернышевский | YCRN | CRN | 14.07.2011 | 63.021 | 112.486 | 319 | Галька, гравий | KS-2000+ Байкал-8 |
| 18 | Чульман | CLNS | CHL | 01.07.1963 (06.2015) | 56.837 | 124.893 | 745 | Песчаник | СМГ-3ЕСРС+ CD-24 |
| 19 | Юктали | YKLR | YKL | 04.07.2004 (09.2013) | 56.592 | 121.654 | 417 | Суглинок | СМГ-3ЕСРС+ CD-24 |
| 20 | Якутск YAGSR, GSN, IMS СТВТО | YAK | YAK | 05.10.1957 (24.09.2017) | 62.031 | 129.680 | 91 | Песчаник, вечная мерзлота | STS-1, STS-2+ Q330 |

¹ показана дата последней модернизации, предыдущие см. в [1].

Инструментальные данные с полевых цифровых станций в Арктике (проект SIOLA) [1, 2], накопленные с сентября 2018 г. по август 2019 г., были скопированы на отдельные электронные носители с целью дальнейшей камеральной обработки в стационарных условиях, а взамен установлены новые накопители для работы в 2020 году.

Параметры эпицентров землетрясений рассчитывались с использованием программного комплекса WSG [3] и привлечением сведений со станций в пограничной зоне Байкальского, Сахалинского и Магаданского филиалов ФИЦ ЕГС РАН. Представительность землетрясений для большей части территории совпадала с уровнем 2018 г. [1]. В Южной Якутии она соответствовала событиям с $K_p \geq 7$ для западной и $K_p \geq 8-9$ – для восточной части территории. На северо-востоке Якутии от побережья моря Лаптевых до Северного Приохотья (границы с Магаданским филиалом ФИЦ ЕГС РАН) без пропусков фиксировались местные толчки с $K_p \geq 8$. В целом для всего региона полностью записывались землетрясения с $K_p \geq 11-12$. В дельте р. Лены сетью полевых и стационарных станций не пропускались сейсмические события начиная с $K_p \geq 7$.

В каталоге сейсмических событий Якутского региона приведены параметры 284 землетрясений с $M=1.8-4.6$ ($K_p=7.2-12.3$) (в том числе четырех – по данным центра NEGSР и одного – по данным SAGSR) [4] и 112 взрывов с $M=1.8-3.1$ ($K_p=7.2-9.6$) [5]. Все подземные толчки происходили в пределах земной коры на глубине до 33 км. В печатном варианте каталога землетрясений [6] опубликованы параметры 95 событий региона с $M \geq 2.3$. Печатный вариант каталога взрывов [7] содержит данные 56 промышленных взрывов с $M \geq 2.0$. На основе каталога землетрясений [4] составлена карта эпицентров, которая приведена на рис. 1.25.

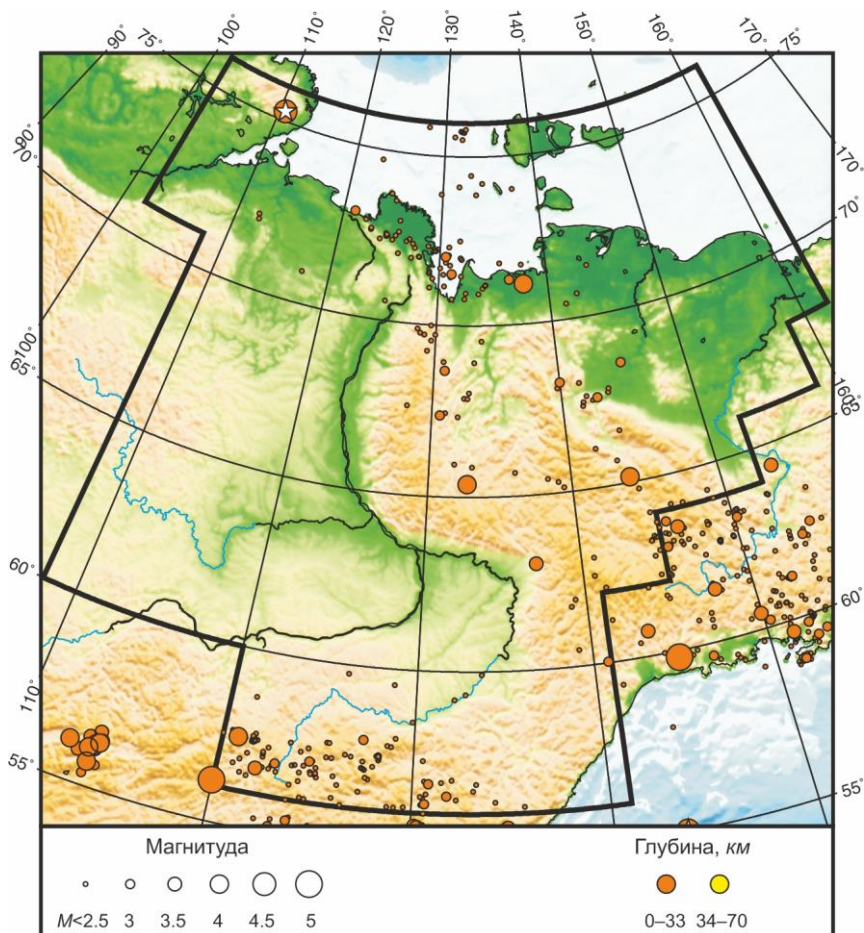


Рис. 1.25. Карта эпицентров землетрясений на территории Якутии в 2019 г.
Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

На соседних территориях центром YAGSR были определены параметры 44 землетрясений: 24 – на территории региона Приамурье и Приморье (в т.ч. одно добавлено в каталог [8] в качестве основного решения, 23 – в качестве альтернативных решений); 16 – на Северо-Востоке России и Чукотке (добавлены в каталог [9] в качестве альтернативного решения); одно – на территории региона Прибайкалье и Забайкалье (добавлено в каталог [10] в качестве альтернативного решения); три – в Арктике (добавлены в каталог [11] в качестве альтернативного решения).

Пространственное положение эпицентров землетрясений в 2019 г. повторяет их распределение 2018 г. [1]. Они группируются в двух сейсмических поясах: Арктико-Азиатском на северо-востоке и Байкало-Становом (ОСЗ) на юге региона, которые разделяют Евразийскую, Североамериканскую и Амурскую литосферные плиты [12]. Как и в прошлом году, в регионе отмечен низкий уровень сейсмической активности. За весь 2019 г. было зарегистрировано лишь 13 подземных толчков с $M \geq 3.1$ ($K_p \geq 9.5$) (в 2018 г. их было 25 [1]).

Олёкмо-Становая зона (ОСЗ) (восточное продолжение Байкало-Станового пояса в Южной Якутии) представлена широкой (до 200 км) полосой эпицентров и тяготеет к крупному Становому тектоническому шву [12], который маркирует границу Евразийской и Амурской литосферных плит между 56 и 58°E , где сейсмичность прослеживается на расстоянии более 400 км от Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) к Охотскому морю. В ОСЗ наблюдается отчетливое падение плотности эпицентров землетрясений с запада на восток. Максимум плотности приходится на ее западный фланг (Олёкмо-Чарское нагорье и бассейн среднего течения р. Олёкмы). Именно здесь на пограничном участке между БРЗ и ОСЗ, на границе зон ответственности Байкальского и Якутского филиалов ФИЦ ЕГС РАН 28 сентября в $21^{\text{h}}28^{\text{m}}$ произошло сильное землетрясение с $M=5.1$, включенное в каталог региона «Прибайкалье и Забайкалье» [10, 13]. Решение центра YAGSR для этого землетрясения добавлено в каталог [10] как альтернативное.

В 150 км к северу от эпицентра 28 сентября продолжали регистрироваться слабые толчки ($N=52$ в 2019 г.) Чаруодинского роя 2005 г. [14]. Два из них, возникших один за другим 15 мая в $19^{\text{h}}31^{\text{m}}$ и $19^{\text{h}}33^{\text{m}}$, имели $M=4.1$ и 3.2 ($K_p=11.4, 9.8$) соответственно. Первый ощущался в поселках Чара и Новая Чара с интенсивностью 3–4 балла [15]. 12 ноября в $08^{\text{h}}55^{\text{m}}$ здесь же было отмечено землетрясение с $M=3.5$ ($K_p=10.3$).

На северо-востоке региона фиксировалась пониженная сейсмическая активность. Проявлениями слабой сейсмичности охвачена вся континентальная часть Арктико-Азиатского сейсмического пояса, пересекающего Северо-Восточную Азию с северо-запада на юго-восток и маркирующего границу Евразийской и Североамериканской плит [1, 12]. Более активные сеймотектонические подвижки имели место в следующих крупных морфоструктурных элементах названного пояса – Верхоянском хребте, Яно-Оймяконском нагорье и системе хребтов Черского. Так, в районе Верхоянского хребта эпицентры концентрировались на его северном и восточном флангах. Примечательна северная группа слабых землетрясений с $M=1.8-2.4$ ($K_p=7.2-8.4$), которая отмечена на глубинах 4–26 км в отрогах локального Хараулахского хребта и пространственно тяготеет к эпицентральной зоне Булунокских катастроф, произошедших еще в прошлом веке (1927–1928 гг.) с $MS=5.8-6.9$ [12, 16], что, возможно, указывает на ее «оживление».

Подвижность Яно-Оймяконского нагорья подтверждает изогнутая к западу полоса слабых сотрясений с $M=1.8-3.7$ ($K_p=7.2-10.7$), распределенная по его территории. Среди последних выделяются два толчка: мелкофокусный ($h=9$ км), возникший 19 марта в $04^{\text{h}}21^{\text{m}}$ с $M=3.9$ ($K_p=11.0$), и более заглубленный ($h=21$ км), отмеченный 4 августа в $13^{\text{h}}22^{\text{m}}$ с $M=3.9$ ($K_p=11.0$).

В системе Черского, как и в прошлом году, эпицентры землетрясений были сосредоточены больше на юго-востоке, трассируя самые активированные отрезки системы Индигиро-Колымских разломов (Улахан, Чай-Юреинский, Эльгинский и др.) [12, 16]. К таким можно отнести событие 27 января в $01^{\text{h}}41^{\text{m}}$ с $M=3.9$ ($K_p=11.0$), реализованное в плоскости Иньяли-Дебинского сдвига на глубине 20 км. Следует также отметить здесь существенное затухание афтершоковой деятельности через шесть лет после 9-балльного Илин-Тасского (Абыйского) землетрясения 2013 г. с $M=6.9$ в структуре Илин-Тасского взбросо-сдвига [16], что отражено на карте эпицентров лишь несколькими слабыми подземными ударами.

Самое крупное скопление очагов землетрясений выявлено в арктических районах Якутии (дельта р. Лены и губа Буор-Хая моря Лаптевых). «Цепочка» эпицентров тянется к юго-востоку от Оленёкского залива вдоль Оленёкской и Быковской протоков в устье р. Лены и соединяется с сейсмическим кластером в губе Буор-Хая. Она связана с современными тектоническими подвижками вдоль Дюлюнгского взбросо-сдвига [16]. Наряду с многочисленными слабыми толчками $M=1.8-2.4$ ($K_p=7.2-8.4$), здесь локализованы два более интенсивных сотрясения. Первое – 18 июня в $14^{\text{h}}31^{\text{m}}$ с $M=3.2$ ($K_p=9.7$) на глубине 15 км в акватории губы Буор-Хая, а второе – 6 сентября в $17^{\text{h}}03^{\text{m}}$ с $M=3.1$ ($K_p=9.6$) ближе к земной поверхности ($h=6$ км) в Оленёкском заливе моря Лаптевых. Небольшая группа моретрясений выявлена на шельфе моря Лаптевых к западу от острова Бельковский с $M=1.8-2.6$ ($K_p=7.2-8.6$) на глубине 4–16 км.

Самое сильное землетрясение Якутского региона за 2019 г. отмечено в восточной части полуострова Таймыр 21 мая в $03^{\text{h}}45^{\text{m}}$ с $M=4.6$ ($K_p=12.3$) на глубине 10 км. Макросейсмические данные отсутствуют. Оно произошло в том же районе, что и предыдущий толчок 26 мая 2015 г. с $M=4.1$ на глубине 15 км [17].

Результаты мониторинга землетрясений на территории Якутии за последние пять лет (2015–2019 гг.) указывают на слабый уровень сейсмичности в регионе при стабильном распределении подземных толчков в пределах зон взаимодействия трех крупных литосферных (Евразийской, Североамериканской и Амурской) плит. Именно на их границах высвобождается основное количество сейсмической энергии в виде землетрясений, формирующих структуру поясов: Арктико-Азиатского на северо-востоке и Байкало-Станового (ОСЗ) на юге региона. Они имеют постоянную конфигурацию в пространстве, где для отдельных участков со временем меняется уровень сейсмической активности, обусловленной миграцией современных активных тектонических движений вдоль глубинных разломов, развитых на границах названных плит.

На рис. I.26 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся на территории Якутии в 2015–2019 гг. (по данным [1, 4]). Уровень сейсмичности региона в 2019 г. согласно шкале «СОУС'09» [18] оценен как «фоновый средний» за 52-летний период наблюдений (с 1968 по 2019 г.) [19].

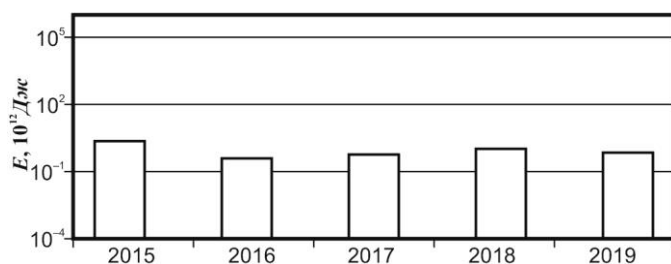


Рис. I.26. Распределение сейсмической энергии, выделившейся на территории Якутии в 2015–2019 гг.

Литература

1. Шибает С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Тимиришин К.В., Пересыпкин Д.М., Наумова А.В., Старкова Н.Н. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Якутия // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 60–65.
2. Шибает С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Тимиришин К.В., Пересыпкин Д.М., Наумова А.В., Старкова Н.Н. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Якутия // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 54–59.
3. Акимов А.П., Красилов С.А. Программный комплекс WSG «Система обработки сейсмических данных» / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020664678 от 16.11.2020 г.
4. Part_IV-2019. 09_Yakutia_2019.xls // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – Приложение на CD-ROM.
5. Part_V-2019. Catalogs_explosions_2019.xls // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – Приложение на CD-ROM.
6. Шибает С.В., Козьмин Б.М., Старкова Н.Н. (отв. сост.); Хастаева Е.В., Денега Е.Г. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Якутия // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 161–162.
7. Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 183–194.
8. Part_IV-2019. 06_Priamurye-and-Primorye_2019.xls // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – Приложение на CD-ROM.
9. Part_IV-2019. 10_North-East-region-of-Russia_2019.xls // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – Приложение на CD-ROM.
10. Part_IV-2019. 05_Lake-Baykal-and-Transbaykal-regions_2019.xls // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – Приложение на CD-ROM.
11. Part_IV-2019. 03_Arctic-Basin_2019.xls // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – Приложение на CD-ROM.
12. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмоструктура Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 226 с.
13. Кобелева Е.А., Гилёва Н.А., Хамидулина О.А., Радзиминович Я.Б., Тубанов Ц.А. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 45–51.
14. Шибает С.В., Петров А.Ф., Козьмин Б.М., Имаева Л.П., Мельникова В.И., Радзиминович Н.А., Тимиришин К.В., Петрова В.Е., Гилева Н.А., Пересыпкин Д.М. Чаруодинское-I 10 ноября в 19^h29^m с $K_p=15.7$, $M_w=5.8$, $I_0=8$ и Чаруодинское – II 11 декабря в 15^h54^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.
15. Сейсмологический каталог (сеть телесеизмических станций), 2019 // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2019 (дата обращения 29.12.2020).
16. Сейсмоструктура северо-восточного сектора Российской Арктики. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2017. – 136 с.
17. Шибает С.В., Козьмин Б.М., Петров А.Ф., Тимиришин К.В., Пересыпкин Д.М., Наумова А.В., Старкова Н.Н. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Якутия // Землетрясения России в 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 56–61.
18. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
19. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г. Качественный анализ сейсмичности. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 83–89.