

Прибайкалье и Забайкалье

¹Е.А. Кобелева, ¹Н.А. Гилёва, ¹О.А. Хамидулина, ¹Я.Б. Радзиминович, ²Ц.А. Тубанов

¹БФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Иркутск; ²БуФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Улан-Удэ

Сейсмологические наблюдения в Прибайкалье и Забайкалье проводились сетями двух филиалов ФИЦ ЕГС РАН – Байкальского и Бурятского. Сейсмическая сеть Байкальского филиала (БФ) ФИЦ ЕГС РАН состояла из 25 сейсмических станций на территории Иркутской области, Республики Бурятия и Забайкальского края. 21 сейсмическая станция расположена в пределах собственно Байкальской рифтовой зоны, в которой регистрируется максимальное количество землетрясений. В районе восточного побережья Южного и Среднего Байкала в 2019 г. работали десять сейсмических станций Бурятского филиала (БуФ) ФИЦ ЕГС РАН. Размещение всех станций показано на рис. I.16, сведения о них приведены в табл. I.14 и I.15.

5 октября на сейсмической станции «Талая» (TLY) после длительного перерыва возобновлена работа аппаратуры IRIS, сейсмометры STS-1 и GS-13 заменены на STS-2.5 и FBA-23 (табл. 1.14).

Большинство станций региона (33 из 35) оснащено короткопериодными велосиметрами CM-3 и CM-3KB, на девяти из них установлены широкополосные велосиметры CMG-3ESPDCD, CMG-40T и TrilliumCompact 120s (табл. I.15 и I.16). 23 сейсмические станции Байкальского филиала, оснащенные акселерометрами ОСП-2М или CMG-5T, составляли сеть сильных движений (табл. I.14).

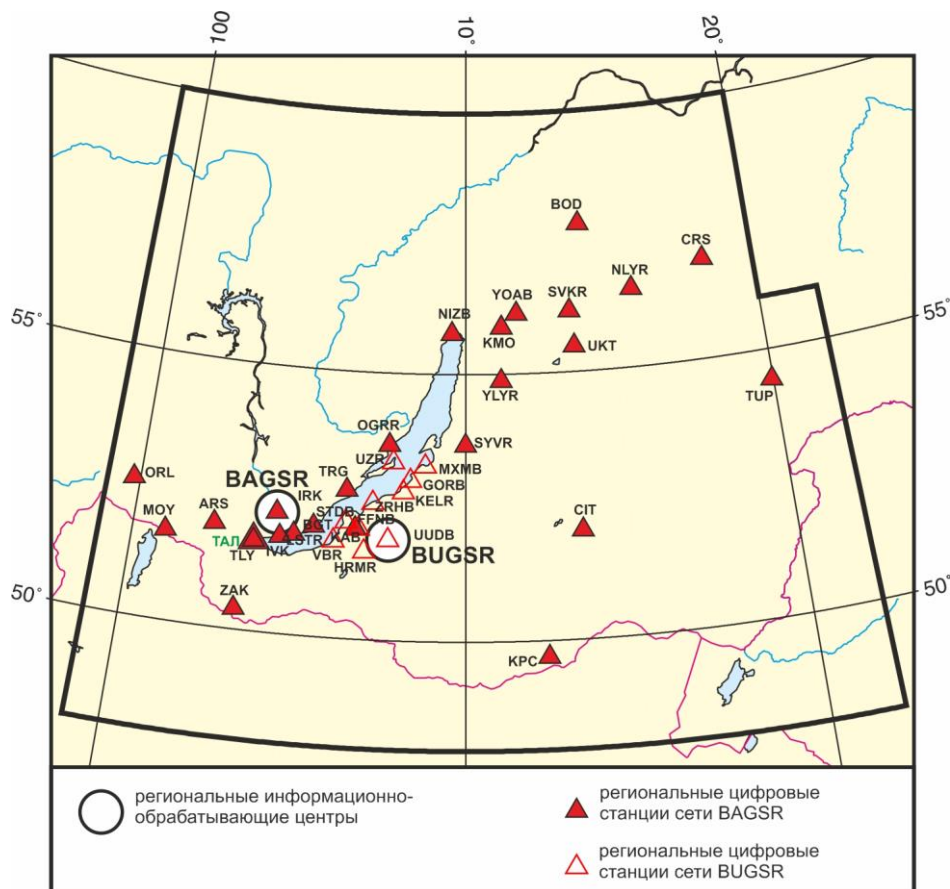


Рис. I.16. Сейсмические станции в Прибайкалье и Забайкалье в 2019 г.
Черный шрифт – международные коды центра и станций

Таблица I.14. Сведения о сейсмических станциях БФ ФИЦ ЕГС РАН (сеть BAGSR)

№	Сейсмическая станция		Дата открытия–закрытия (модернизации) [перерыв в работе]	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования	
	название	код		φ, °N	λ, °E	h, м			
международный		региональный							
1	Аршан*	ARS	АРИШ	02.10.1960	51.920	102.421	946	Глыбы, дресва, щебень с заполнением супесью (до 5 м)	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11
2	Бодайбо*	BOD	БДБ	04.11.1960	57.819	114.005	245	Граниты	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
3	Большое Голоустное	BGT	BGT	14.06.2011	52.045	105.407	466	Глинистые породы до 4 м, полускальные породы	СМ-3+ Байкал-11
4	Закаменск*	ZAK	ЗКМ	11.12.1960 (24.07.2012)	50.382	103.281	1200	Глыбы, дресва, щебень с заполнением песком	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11; CMG-3ESPCD
5	Ивановка	IVK	IVK	29.05.2011	51.801	104.414	470	Скальные породы	СМ-3+МС
6	Иркутск*	IRK	ИРК	02.12.1901 (24.10.2013)	52.243	104.271	467	Суглинки микропористые до 13 м	СМ-3, CMG-5Т+МС CMG-3ESPCD
7	Кабанск*	KAB	КБ	01.01.1951	52.050	106.654	468	Пески разнозернистые до 5 м, пески с гравием	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11
8	Кумора*	KMO	КМР	26.09.1966	55.887	111.203	490	Пески 20–50 м	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11
9	Листвянка*	LSTR	LST	01.03.1999	51.868	104.832	450	Граниты	СМ-3КВ, CMG-5Т+МС
10	Монды*	MOY	МНД	01.10.1960 (14.09.2012)	51.668	100.993	1349	Валуны, гравий, галька с песчаным заполнением	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11; CMG-3ESPCD
11	Неляты*	NLY NLYR	НЛТ	19.01.1961; 08.09.2001	56.506 56.491	115.702 115.703	596 596	Пески 25–60 м	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11
12	Нижнеангарск*	NIZ NIZB	Н-А Н-А	21.10.1961– 16.02.2017; 02.07.2017	55.775 55.770	109.542 109.545	509 495	Глыбы, дресва, щебень с песчано-суглинистым (до 3 м) и пылевато-песчаным (до 17 м) заполнителем	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
13	Онгурен*	OGRR	ОНГ	20.04.1988	53.644	107.596	505	Граниты	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
14	Орлик*	ORL	ОРЛ	01.02.1967 (10.09.2012)	52.535	99.808	1375	Граниты	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11; CMG-3ESPCD
15	Северомуйск*	SVK SVKR	С-М	01.01.1976– 25.10.1993; 05.09.2000	56.184 56.159	113.519 113.520	850 850	Граниты Пески до 30 м	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11
16	Суво*	SYVR	СУВ	28.05.1984	53.659	110.000	530	Глыбы, щебень, дресва с песчаным заполнением до 4 м	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11

№	Сейсмическая станция		Дата открытия–закрытия (модернизации) [перерыв в работе]	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования	
	название	код		φ, °N	λ, °E	h, м			
международный		региональный							
17	Галая*	TLY	ТАЛ	11.11.1982 [IRIS 09.12.2015–04.10.2019] (05.10.2019)	51.681	103.644	579	Глыбы, щебень, дресва до 5 м, мраморы, сланцы	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11; STS-2.5, FBA-23 +Q330-HR
18	Тупик*	TUP	ТПК	25.11.1961	54.426	119.954	714	Пески, суглинки, галечники до 5–7 м	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
19	Тырган*	TRG	ТРГ	20.01.1960	52.760	106.347	593	Глыбы, дресва, гнейсы, сланцы до 10 м	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
20	Уакит*	UKT	УКТ	20.12.1962	55.489	113.627	1140	Валуны, галька, песок, суглинки до 15–30 м	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
21	Улюнхан*	YLXR	УЛХ	16.07.1989	54.875	111.163	582	Валунно-галечные отложения до 5 м, граниты	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
22	Уоян*	YOA YOAB	УН YOA	21.01.1980–04.08.2018; 05.08.2018	56.134 56.141	111.724 111.722	503 524	Пески, супесь до 16 м	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11м
23	Хапчеранга*	KPC	ХПЧ	25.12.1968	49.704	112.378	1067	Алевролитовые сланцы до 50 м	СМ-3КВ, ОСП-2М+МС
24	Чара*	CRS	ЧР	11.11.1960	56.900	118.269	700	Песчано-гравийные отложения до 50 м	СМ-3, ОСП-2М+МС
25	Чита*	CIT	ЧТ	14.07.1970	52.021	113.552	759	Пески до 6 м, граниты	СМ-3, ОСП-2М+ Байкал-11

Примечание – * – на станциях установлены приборы сильных движений.

Таблица I.15. Сведения о сейсмических станциях БуФ ФИЦ ЕГС РАН (сеть BUGSR)

№	Сейсмическая станция		Дата открытия–закрытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования	
	название	код		φ, °N	λ, °E	h, м			
международный		региональный							
1	Горячинск	GORB	GOR	24.07.2011 (12.07.2017)	52.986	108.285	480	Суглинки 3 м, ниже – трещиноватые скальные породы	СМ-3+ Байкал-7HR
2	Заречье	ZRNB	ZRH	01.12.1999 (30.05.2018)	52.545	107.159	480	Валуны, галька, суглинки до 10 м	СМ-3КВ+ Байкал-112 (Ангара)
3	Котокель	KELR	KEL	03.11.2005 (07.08.2008)	52.763	108.078	460	Песчаные наносы (в 50 м выходы гранитов)	СМГ-40Т+ Иркут
4	Максимиха	MXMB	МХМ	01.10.1997 (11.07.2017)	53.263	108.745	510	Осадочные породы, суглинки	СМГ-40Т+ Centaur

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

№	Сейсмическая станция		Дата открытия–закрытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования	
	название	код		φ, °N	λ, °E	h, м			
международный		региональный							
5	Степной Дворец	STDB	STD	01.08.1999 (22.04.2011)	52.169	106.366	458	Осадочные отложения не менее 2 км	СМГ-40Т+ Иркут; СМ-3+ Байкал-7HR
6	Сухой Ручей	VBR	VBR	22.03.2012 (19.02.2019)	51.798	106.015	478	Суглинисто-гравийные породы	СМ-3+ Байкал-112; СМ-3+ Байкал-7HR
7	Узур	UZR	UZR	18.03.2011 (11.07.2019)	53.323	107.741	480	Скальные породы	СМ-3+ Байкал-112; СМ-3КВ+ Байкал-112 (Ангара)
8	Улан-Удэ	UUDB	UUD	17.02.1996–17.04.2002; 18.10.2006 (25.09.2019)	51.867	107.663	600	Глыбы, щебень (конгломераты)	СМ-3КВ+ Байкал-10, СМГ-40Т+ Иркут; Trillium Compact 120s+Centaur
9	Фофоново	FFNB	FFN	01.08.1999 (27.09.2019)	52.048	106.765	564	Песчаные почвы	СМ-3+ Байкал-7HR
10	Хурамша	HRMR	HRM	01.04.1997 (13.08.2019)	51.628	106.955	620	Плотные аргиллиты	СМГ-40Т+ Centaur; СМ-3КВ+ Байкал-7HR

Время непрерывной работы всех станций Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН, при обязательном условии получения ими качественных материалов наблюдений, по отношению ко всему времени года составило 98.2%.

Как и в предыдущие годы [1], в зоне Байкальского рифта, где происходит основное число землетрясений, сеть цифровых станций региона регистрировала без пропусков землетрясения с $M_{\min}=1.7$ ($K_{P\min}=7$). На двух участках уровень представительной регистрации землетрясений достигал значения $M_{\min}=1.1$ ($K_{P\min}=6$) – район дельты реки Селенги и район, прилегающий к северной оконечности озера Байкал. При получении параметров землетрясений в приграничных зонах использовались данные станций Алтае-Саянского и Якутского филиалов ФИЦ ЕГС РАН, полученные в режиме, близком к реальному времени, по протоколу seedlink или с FTP-серверов филиалов. Данные станций Монголии (ULN) и Китая (HIA) запрашивались через сайт Международной федерации сетей цифровых сейсмографов FDSN [2, 3].

Служба срочных донесений зоны Прибайкалья и Забайкалья передала в региональные службы МЧС данные о 26 землетрясениях с $M \geq 3.9$ ($K_P \geq 11.0$), среднее время подачи сообщения составило 17 мин с момента события.

В связи с аномально большим количеством землетрясений Муяканской последовательности, проявляющейся с апреля 2014 г. [4], произошла значительная задержка детальной сводной обработки всех сейсмических событий региона, поэтому в данном ежегоднике каталог сейсмических событий в электронном виде содержит параметры только 110 наиболее сильных землетрясений с $M=2.1-5.1$ ($K_P=7.7-14.4$) [5], все они включены в печатный вариант каталога землетрясений [6]. Среднее число региональных сейсмических станций, данные которых были использованы при детальной обработке

землетрясений, составило $N=33$. Координаты основной части эпицентров определены с погрешностью менее 3 км. Карта эпицентров землетрясений показана на рис. 1.17.

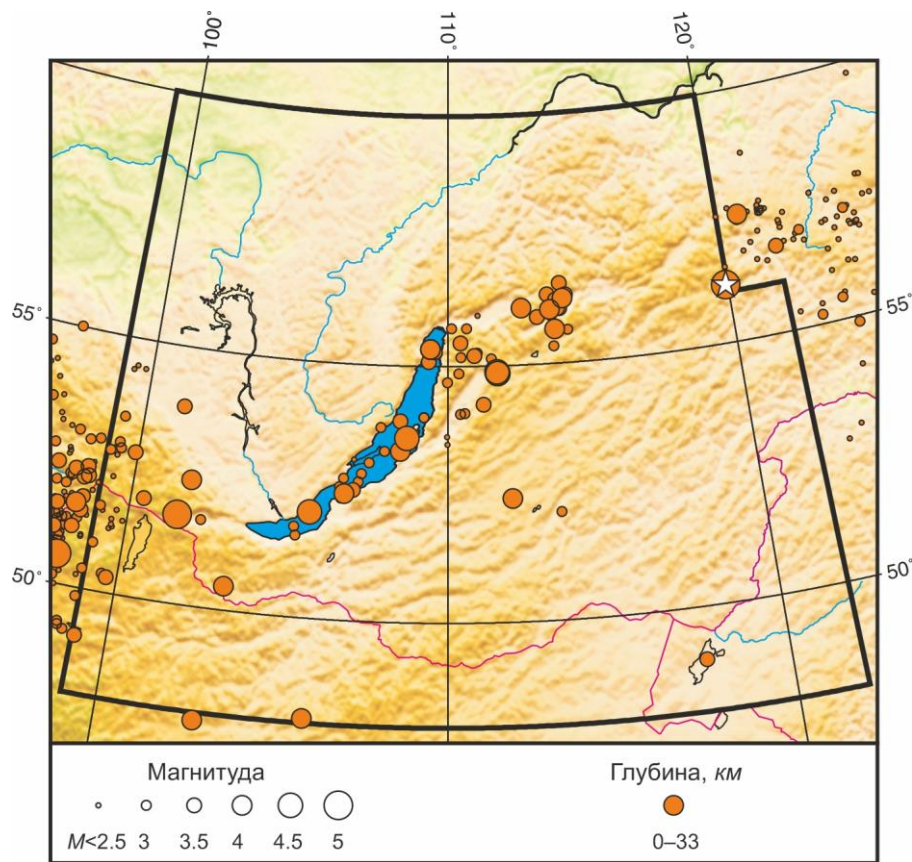


Рис. 1.17. Карта эпицентров землетрясений Прибайкалья и Забайкалья в 2019 г. Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

За 2019 г. было зарегистрировано 29 ощутимых ($I=2-6$ баллов) землетрясений [5, 6], что соответствует их среднему годовому числу за предыдущие пять лет.

Наиболее сильное землетрясение в регионе с $M=5.1$ ($M_w=5.1$, $K_p=14.4$) [7] зарегистрировано 28 сентября в 21^h28^m к юго-востоку от сейсмически активных областей северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны (рис. 1.17), граничащего с Олёкмо-Становым сейсмическим поясом. Его эпицентр находился на удалении от известных эпицентральных полей – Чарского, Чаруодинского и Олёкминского, характеризующихся повышенной сейсмической активностью. В радиусе 45 км от него за период инструментальных наблюдений (с 1950 г.) не происходило событий с $K_p > 11.5$. Землетрясение 28 сентября названо по своему местоположению «Ленгерское» (эпицентр расположен в верховьях р. Ленгер). Ленгерское землетрясение не имело форшоков и афтершоков; ощущалось на эпицентральных расстояниях до $\Delta=545$ км [5, 6]. Наиболее сильные макросейсмические эффекты, оцениваемые в 5 баллов по шкале MSK-64, зарегистрированы в пгт Новая Чара на эпицентральной дистанции $\Delta=125$ км, где во время землетрясения наблюдалось общее сотрясение зданий, сопровождаемое треском и скрипом полов и стен. В помещениях отмечено сильное колебание и смещение мебели, сильное раскачивание висячих предметов, дребезжание посуды и оконных стекол, сдвиг картин на стенах. Большинство очевидцев испытывали испуг, некоторые теряли равновесие.

Менее сильное землетрясение с $M=4.8$ ($K_p=13.4$, $M_w=4.8$) зарегистрировано на юго-западе зоны (рис. 1.17) в Тункинской долине 29 марта в 23^h22^m, оно также не сопровождалось активизацией слабой сейсмичности. Для него были собраны

обширные макросейсмические данные: информация об ощутимых эффектах или об их отсутствии получена для 77 населенных пунктов [5, 6]. Это землетрясение характеризуется наибольшей наблюдаемой в течение года интенсивностью сотрясений $I_{\max}=6$ баллов, зафиксированной в улусе Хойто-Гол ($\Delta=2$ км). Сотрясения интенсивностью до 3 баллов, вызванные землетрясением 29 марта, ощущались на весьма обширной территории при эпицентральных расстояниях до $\Delta=490$ км.

В районе Среднего Байкала, с эпицентром вблизи полуострова Святой Нос, 4 марта в 13^h02^m произошло землетрясение с $M=4.5$ ($K_p=12.5$, $M_w=4.5$) с умеренным числом афтершоков ($N=25$ с $K_{p\max}=8.6$ за первые сутки). Наиболее значительный афтершок с $M=3.2$ ($K_p=9.7$) зарегистрирован 26 марта в 21^h18^m. Интенсивность сотрясений 4 марта, оцениваемая в 5 баллов, зарегистрирована в селе Баргузин на эпицентральных расстояниях $\Delta=64$ км. Несмотря на умеренное значение энергетического класса, землетрясение ощущалось с интенсивностью 4 балла на расстояниях до $\Delta=235$ км, эффекты, соответствующие 3 баллам, зарегистрированы в Чите ($\Delta=370$ км) [5, 6].

Землетрясение 10 октября в 04^h11^m с $M=4.4$ ($K_p=11.9$) на Южном Байкале вблизи пос. Большое Голоустное, также при умеренном значении энергетического класса, ощущалось с интенсивностью 4 балла на эпицентральных расстояниях до $\Delta=111$ км.

В 2019 г. вновь активизировался процесс в эпицентральной поле долгоживущей многочисленной последовательности, начавшейся в сентябре 2015 г. ($M_{w\max}=4.7$) в Икатском хребте вблизи озер Гулонга [8]. За год, преимущественно в сентябреноябре, там зарегистрировано 28 землетрясений с $K_p=9.2-12.9$, что составляет более четверти от числа землетрясений каталога зоны Прибайкалья и Забайкалья в 2019 г. [5]. Самое значительное из них произошло 4 ноября в 10^h30^m с $M=4.5$ ($K_p=12.9$, $M_w=4.5$). При нем отмечена интенсивность сотрясений в Янчукане ($\Delta=168$ км) 2–3 балла.

В Муяканском хребте сейсмическая активность идет на убыль (с 2014 г.) [4], самым сильным в 2019 г. было землетрясение 15 октября в 21^h16^m с $M=3.9$ ($K_p=11.0$).

В целом зона Прибайкалья и Забайкалья в 2019 г. характеризуется умеренной сейсмической активностью. Отсутствовали землетрясения с M (M_w) > 5.1 , интенсивность сотрясений не превысила 6 баллов. Преимущественный вес в годовой суммарной сейсмической энергии зоны Прибайкалья и Забайкалья в 2019 г. составляет район Восточного Забайкалья [9] ($\Sigma E=251 \cdot 10^{12}$ Дж) с сильным землетрясением 28 сентября с $M=5.1$. Территория Байкальской рифтовой зоны ($\lambda=99-116^\circ E$) в 2019 г. умеренно сейсмически активна: $\Sigma E=43 \cdot 10^{12}$ Дж. Минимальная сейсмичность наблюдалась в Кодаро-Удоканском районе БРЗ, где в течение года не произошло землетрясений с $K_p \geq 9.5$.

Для 110 землетрясений региона Прибайкалья и Забайкалья с $M \geq 2.1$ ($K_p \geq 7.7$) в [10] помещен бюллетень региональной сети станций за 2019 г. в формате ISF, для восьми наиболее сильных из них в [11] приведены решения механизмов очагов.

На рис. I.18 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся в регионе Прибайкалья и Забайкалья в 2015–2019 гг. (по данным [1, 5]). Уровень сейсмичности региона в 2019 г. согласно шкале «СОУС'09» [12] оценен как «фоновый средний» за 58-летний период наблюдений (с 1962 по 2019 г.) [13].

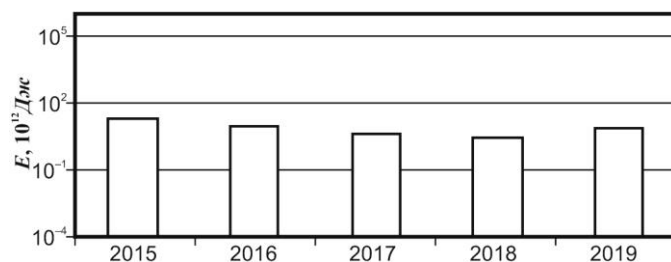


Рис. I.18. Распределение сейсмической энергии, выделившейся на территории Прибайкалья и Забайкалья в 2015–2019 гг.

Литература

1. Кобелева Е.А., Гилёва Н.А., Хамидулина О.А., Тубанов Ц.А. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 44–50.
2. IU: *Global seismograph network* (GSN - IRIS/USGS) // International Federation of Digital Seismograph Networks [Site]. – URL: <http://www.fdsn.org/networks/detail/IU/> – Albuquerque Seismological Laboratory (ASL)/USGS.
3. IC: *New China digital seismograph network* // International Federation of Digital Seismograph Networks [Site]. – URL: <http://www.fdsn.org/networks/detail/IC/> – Albuquerque Seismological Laboratory (ASL)/USGS.
4. Гилёва Н.А., Масальский О.К., Кобелева Е.А. Результаты детального сейсмического мониторинга. Эпицентральная область Муяканской последовательности землетрясений (Бурятия) // Землетрясения России в 2015 году – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 103–107.
5. 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.
6. Гилёва Н.А., Хамидулина О.А. (отв. сост.); Меньшикова Ю.А., Курилко Г.В., Емельянова Л.В., Радзиминович Я.Б., Середкина А.И. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 147–149.
7. Середкина А.И., Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И., Гилёва Н.А. Геолого-геофизические и макросейсмические данные о землетрясении 28.09.2019 г. с $M_w=5.1$ на северо-востоке Байкальского рифта // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2020. – Т. 47, № 1. – С. 51–69. doi:10.21455/VIS2020.1-38
8. Масальский О.К., Гилёва Н.А., Хамидулина О.А., Тубанов Ц.А. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения России в 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 41–46.
9. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Курушин Р.А., Масальский О.К., Шлаевская Н.С. Выделение условных районов для ежегодных обзоров сейсмичности региона Прибайкалья и Забайкалья // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 107–117.
10. Part_VII-2019. Seismological-bulletins_2019. Baykal_Region // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – Приложение на CD-ROM.
11. Габсатарова И.П., Гилёва Н.А., Малянова Л.С., Раевская А.А., Сафонов Д.А., Середкина А.И. Механизмы очагов отдельных землетрясений России // Землетрясения России в 2019 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. – С. 195–203.
12. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
13. 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.