

## Прибайкалье и Забайкалье

<sup>1</sup>Е.А. Кобелева, <sup>1</sup>Н.А. Гилёва, <sup>1</sup>О.А. Хамидулина, <sup>2</sup>Ц.А. Тубанов

<sup>1</sup>БФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Иркутск; <sup>2</sup>БуФ 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 2018 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.15 и I.16.

В августе 2018 г. аппаратура сейсмостанции «Уоян» (УОА) перенесена на 860 м к северу, 5 августа открыт пункт сейсмологических наблюдений «Уоян» (зарегистрирован международный код УОАВ). На сейсмической станции «Талая» (ТЛЮ) работала только аппаратура сети BAGSR.

Большинство станций региона (33 из 35) оснащено короткопериодными велосиметрами СМ-3 и СМ-3КВ, на восьми из них установлены широкополосные велосиметры СМГ-3ЕСРСД или СМГ-40Т (табл. I.15 и I.16). 23 сейсмические станции Байкальского филиала, оснащенные акселерометрами ОСП-2М или СМГ-5Т, составляли сеть сильных движений (табл. I.15).

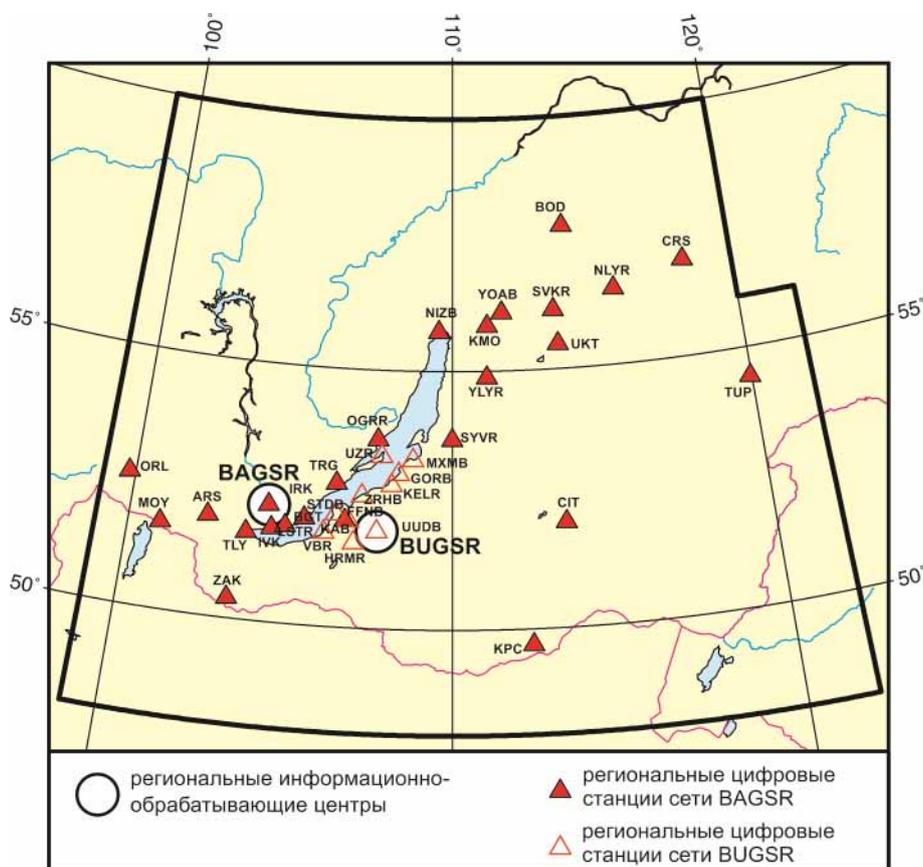


Рис. I.16. Сейсмические станции в Прибайкалье и Забайкалье в 2018 г.  
Черный шрифт – международные коды центра и станций

Таблица I.15. 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	АРШ	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 Байкал-10; CMG-3ESPCD
7	Кабанск*	KAB	КБ	01.01.1951	52.050	106.654	468	Пески разнородные 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-112; 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	Гулик*	TUP	ТПК	25.11.1961	54.426	119.954	714	Пески, суглинки, галечники до 5–7 м	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
18	Галая*	TLY	ТАЛ	11.11.1982 [IRIS 09.12.2015–31.12.2018]	51.681	103.644	579	Глыбы, щебень, дресва до 5 м, мраморы, сланцы	СМ-3КВ, ОСП-2М+ Байкал-11
19	Гырган*	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*	YLYR	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.16. Сведения о сейсмических станциях БуФ ФИЦ ЕГС РАН (сеть BUGSR)

№	Сейсмическая станция		Дата открытия–закрытия (модернизации <sup>1</sup> )	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 (02.11.2011)	52.545	107.159	480	Валуны, галька, суглинки до 10 м	СМ-3+ 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	Максимиha	MXMB	MXM	01.10.1997 (11.07.2017)	53.263	108.745	510	Осадочные породы, суглинки	СМГ-40Т+ Centaur

<sup>1</sup> показана дата последней модернизации, предыдущие см. в [1].

№	Сейсмическая станция		Дата открытия–закрытия (модернизации <sup>1</sup> )	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 (18.09.2018)	51.798	106.015	478	Суглинисто-гравийные породы	СМ-3+ Байкал-7HR; СМ-3+ Байкал-112 (Ангара)
7	Узур	UZR	UZR	18.03.2011 (06.07.2011)	53.323	107.741	480	Скальные породы	СМ-3+ Байкал-112 (Ангара)
8	Улан-Удэ	UADB	UUD	17.02.1996–17.04.2002; 18.10.2006 (30.05.2017)	51.867	107.663	600	Глыбы, щебень (конгломераты)	СМГ-40Т+ Centaur
9	Фофоново	FFNB	FFN	01.08.1999 (18.07.2013)	52.048	106.765	564	Песчаные почвы	СМ-3+ Байкал-7HR
10	Хурамша	HRMR	HRM	01.04.1997 (14.08.2017)	51.628	106.955	620	Плотные аргиллиты	СМГ-40Т+ Иркут

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 97.8%.

Как и в предыдущие годы [1], в зоне Байкальского рифта (БРЗ), 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 филиалов. Данные станций Монголии (ULN) и Китая (HIA) запрашивались в FDSN [2, 3].

Служба срочных донесений зоны Прибайкалья и Забайкалья передала в региональные службы МЧС данные о 29 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 131 наиболее сильного землетрясения с  $M=1.8-4.5$  ( $K_P=7.2-12.4$ ) и двух взрывов с  $M=2.1$  и  $2.6$  ( $K_P=7.8$  и  $8.7$ ) [5, 6]. В печатном виде каталог землетрясений содержит параметры 114 событий с  $M=2.8-4.5$  ( $K_P=8.1-12.4$ ) [7], каталог взрывов – двух событий с  $M=2.1$  и  $2.6$  ( $K_P=7.8$  и  $8.7$ ) [8]. Среднее число региональных сейсмических станций, данные которых использованы при детальной обработке землетрясений, составило  $N=31$ . Координаты основной части эпицентров определены с погрешностью менее 3 км. Карта эпицентров землетрясений показана на рис. 1.17.

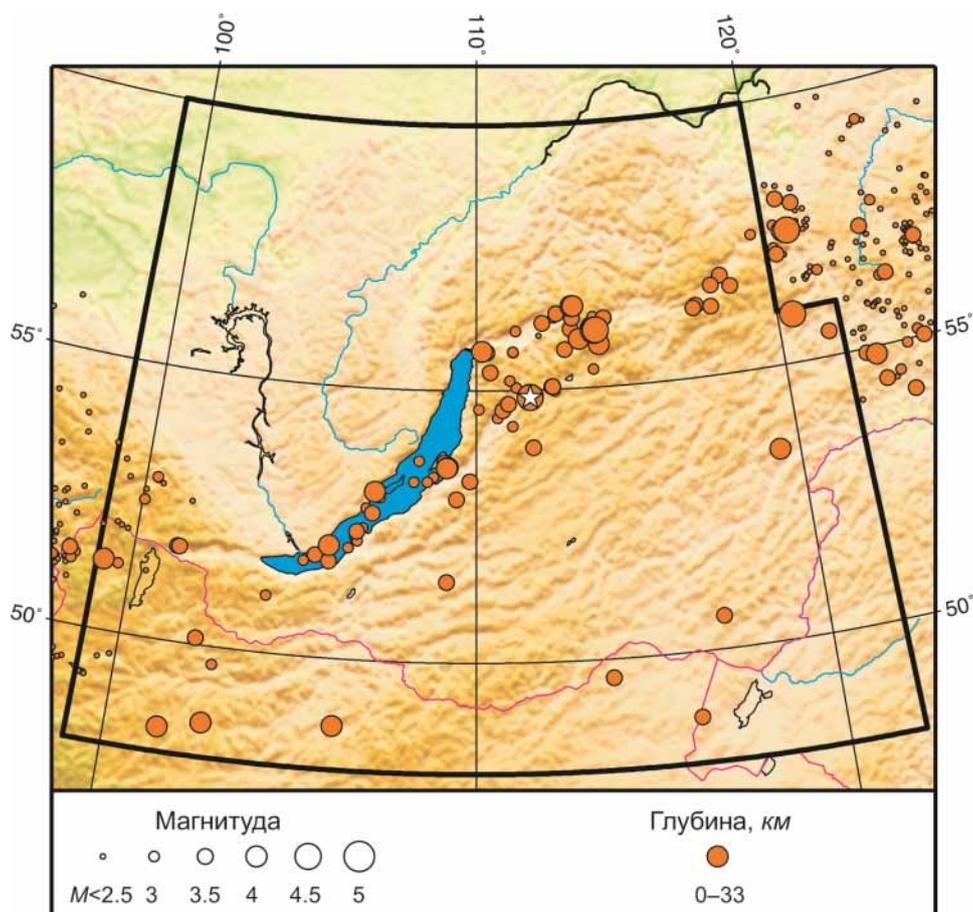


Рис. 1.17. Карта эпицентров землетрясений Прибайкалья и Забайкалья в 2018 г. Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

За 2018 г. было зарегистрировано 18 ощутимых ( $I=2-5$  баллов) землетрясений [5, 7], что соответствует их среднему годовому числу.

Два наиболее сильных землетрясения в регионе с  $M=4.5$  и  $4.4$  ( $K_p=12.4$ ,  $M_w=4.5$ ,  $4.4$ ) зарегистрированы в центральном районе Байкальской рифтовой зоны – Байкало-Муйском [9]. Землетрясение с  $M=4.5$  произошло 8 декабря в  $08^h10^m$  в эпицентральной поле долгоживущей многочисленной последовательности, начавшейся в 2015 г. [10] ( $M_{wmax}=4.7$ ) в Икатском хребте вблизи озер Гулонга. Событие ощущалось в улусе Улюнхан (45 км) 4–5 баллов. Активность в этом очаге продолжалась в 2018 г. [5, 7]. Второе землетрясение с  $M=4.4$  произошло 17 апреля в  $23^h53^m$  в Муяканском хребте в районе первоначальной (2014 г.) локализации мощной Муяканской последовательности [4, 11], координаты его эпицентра совпали с координатами главного землетрясения последовательности 23 мая 2014 г. с  $M$  ( $M_w$ )=5.5. Кроме землетрясения 17 апреля, о продолжении активизации на юго-восточном склоне Муяканского хребта свидетельствует наличие еще 13 событий с  $K_p=9.6-11.5$  в течение 2018 года. Глубины этих событий 2018 г. невелики ( $h=6-7$  км), как и глубины землетрясений этого очага в 2014–2015 гг. [11]. На северо-западном склоне Муяканского хребта, где максимальная активность зарегистрирована в 2015 г. [4, 11], в 2018 г. было относительно спокойно ( $K_{pmax}=10.6$ ).

Последовательность землетрясений в Делюн-Уранском хребте, компактная в пространстве и во времени, наблюдалась в конце августа-сентябре. За сутки 29 августа [5, 7] зарегистрировано пять умеренных землетрясений с  $K_p=10.3-11.2$ , слабых – значительно больше. Макросейсмические сведения об этих землетрясениях отсутствуют.

В Южно-Байкальском районе, а также на флангах БРЗ (Хубсугул-Тункинский и Кодаро-Удоканский районы [9]), в 2018 г. наблюдалась умеренная рассеянная сейсмичность с землетрясениями энергетического класса не более  $K_p=11.4$ , наибольшая наблюдаемая интенсивность сотрясений не превысила 4 баллов.

В Забайкалье зарегистрированы два умеренных землетрясения, не сопровождавшиеся активизацией слабой сейсмичности: первое – в Западном Забайкалье на территории Монголии 14 марта в 18<sup>h</sup>14<sup>m</sup> с  $M (M_w)=4.1$ , второе – 23 августа в 19<sup>h</sup>57<sup>m</sup> с  $M=4.5$  ( $K_p=12.1$ ) на территории Восточного Забайкалья в Южно-Дырындинском хребте на границе Забайкальского края и Амурской области. Данных об ощутимости этих забайкальских землетрясений получить не удалось вследствие удаленности эпицентров от населенных пунктов.

Макросейсмические сведения получены только для 29% землетрясений с  $K_p \geq 10.6$  ( $I_0 \geq 5$  баллов) из-за малонаселенности территории региона. В 2018 г. максимальная интенсивность сотрясений 5 баллов отмечена в Петровске-Забайкальском ( $\Delta=29$  км) [5, 7] при довольно слабом землетрясении 18 августа в 15<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $M=3.6$  ( $K_p=10.5$ ) с эпицентром на юго-востоке Забайкальского края.

В целом зона Прибайкалья и Забайкалья в 2018 г. характеризуется умеренной сейсмической активностью. Отсутствовали землетрясения с  $M (M_w) > 4.5$ , интенсивность сотрясений не превысила 5 баллов. Наибольшая активность отмечена в Байкало-Муйском районе БРЗ ( $K_{pmax}=12.4$ ,  $M_w=4.5$ ). Наименьшая сейсмическая активность наблюдалась на восточном фланге БРЗ в Кодаро-Удоканском районе ( $K_{pmax}=10.7$ ).

Для 121 землетрясения региона Прибайкалья и Забайкалья с  $M \geq 2.6$  ( $K_p \geq 8.7$ ) в [12] помещен бюллетень региональной сети станций за 2018 г. в формате ISF, для четырех наиболее сильных из них в [13] приведены решения механизмов очагов.

На рис. I.18 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся в регионе Прибайкалья и Забайкалья в 2014–2018 гг. (по данным [1, 5]). Уровень сейсмичности региона в 2018 г. согласно шкале «СОУС'09» [14] оценен как «фоновый пониженный» за 57-летний период наблюдений (с 1962 по 2018 г.) [15].

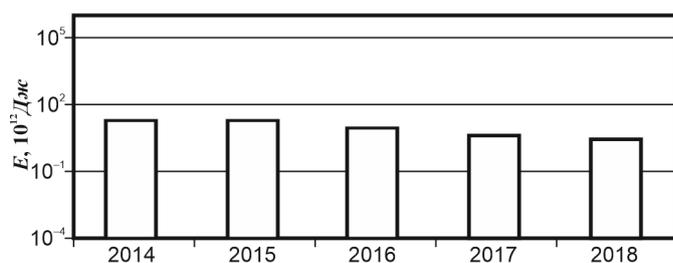


Рис. I.18. Распределение сейсмической энергии, выделившейся на территории Прибайкалья и Забайкалья в 2014–2018 гг.

## Литература

1. Масальский О.К., Гилёва Н.А., Хамидулина О.А., Тубанов Ц.А. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Прибайкалье и Забайкалье // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 41–47.
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-2018. 05\_Lake-Baykal-and-Transbaykal-regions\_2018.xls* // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
6. *Part\_V-2018. Catalogs\_explosions\_2018.xls* // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
7. 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 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 147–149.
8. *Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах* // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 183–192.
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. 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.
11. Гилёва Н.А., Хритова М.А., Хамидулина О.А. Результаты локализации землетрясений Муяканской последовательности 2014–2015 гг. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XIII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 86–90.
12. *Part\_VII-2018. Seismological-bulletins\_2018. Baykal\_Region* // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
13. Габсатарова И.П., Гилёва Н.А., Иванова Е.И., Малянова Л.С., Раевская А.А., Сафонов Д.А., Середкина А.И. Механизмы очагов отдельных землетрясений России // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 193–201.
14. Салтыков В.А. Статистическая оценка уровня сейсмичности: методика и результаты применения на примере Камчатки // Вулканология и сейсмология. – 2011. – № 2. – С. 53–59.
15. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воропаев П.В. Качественный анализ сейсмичности. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2018 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 82–87.