

Алтай и Саяны

¹А.Ф. Еманов, ^{1,2}А.А. Еманов, ^{1,2}А.В. Фатеев, ¹Е.В. Шевкунова, ¹В.Г. Подкорытова,
¹А.А. Дураченко, ¹Д.Г. Корабельщиков, ¹С.А. Чурашев, ¹В.Н. Гончаров

¹АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск; ²ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Сейсмическая сеть Алтае-Саянского региона состояла из 54 станций Алтае-Саянского филиала (АСФ) ФИЦ ЕГС РАН. Местоположение станций показано на рис. I.13, данные о станциях представлены в табл. I.12. Кроме того, 33 временные сейсмические станции локальных сетей привлекались для более детального изучения активизированных структур в отдельных областях региона: 13 станций – на юго-востоке Республики Горный Алтай (Алтайский сейсмологический полигон), девять станций – в эпицентральной области Бачатского землетрясения 2013 г. и 11 станций – в районе сейсмической активизации на Калтанском угольном разрезе в Кузбассе [1–3].

В составе сети АСФ ФИЦ ЕГС РАН в 2017 г. произошли небольшие изменения относительно 2016 г. [4]. 18 октября была открыта станция «Горно-Алтайск (Администрация)» (GASM), на станциях DJO, ELDR, ERNS и YALR произведена замена оборудования (табл. I.12).

Обработка цифровых данных, как и в предыдущие годы [4, 5], проводилась с использованием системы SeisComP3 [6, 7]. Определение координат гипоцентров проводилось программой LocSat [8] с использованием глобальной скоростной модели IASPEI91 [9], для зоны Кузбасса использовалась также программа HYPO71 [10]. Энергия событий представлена в локальных магнитудах M_L [11].

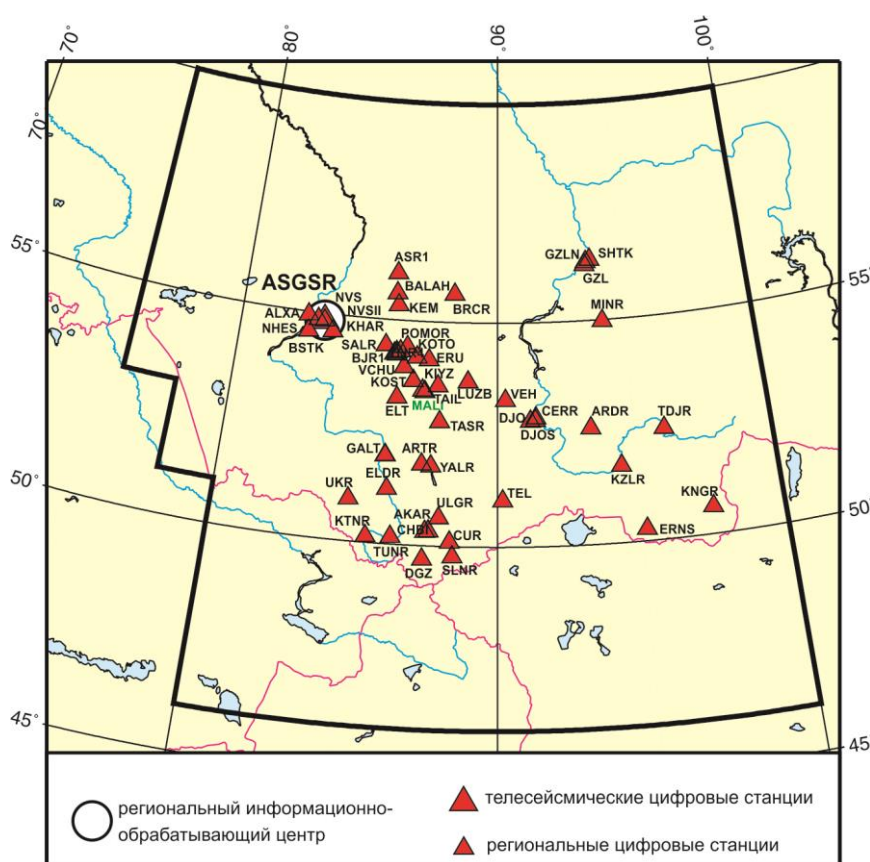


Рис. I.13. Стационарные сейсмические станции в Алтае-Саянском регионе в 2017 г.

Черный шрифт – международные коды центров и станций,
 зеленый шрифт – региональные коды станций

**Таблица 1.12. Сведения о стационарных сейсмических станциях
АСФ ФИЦ ЕГС РАН (сеть ASGSR)**

№	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	Акташ	AKAR	AKAR	25.09.1985; 02.01.2001	50.325	87.621	1421	Эффузивы	CMG-3ESPCD
2	Алексеевка	ALXA	ALXA	28.02.2012	54.930	82.587	133		CMG-3ESPCD
3	Анжеро-Судженск-1	ASR1	ASR1	22.02.2011	56.068	85.991	262	Осадочные породы	СМЕ-4011+ Байкал-11
4	Арадан* ²	ARDR	ARDR	06.08.1992 (26.12.2016)	52.580	93.428	958	Гранит	CMG-5Т, CMG-6Т +Байкал-8.1
5	Артыбаш	ARTR	ART	26.07.1980	51.798	87.281	511	Коренные породы	CMG-3ESPCDE
6	Балахонка*	BALAH	BALAH	29.12.2014	55.611	86.017	172		CMG-5Т, CMG-6Т +CMG-DAS-U-S6
7	Бачатский-1*	BJR1	BJR1	01.12.2014	54.238	86.040	363		CMG-5Т, CMG-6Т +CMG-DAS-U-S6
8	Бачатский-2*	BJR2	BJR2	27.11.2014	54.281	86.127	301		CMG-5Т, CMG-6Т +Байкал-8.1
9	Бачатский-3*	BJR3	BJR3	05.12.2014	54.225	86.156	226		CMG-5Т, CMG-6Т +Байкал-8.1
10	Бачатский-4*	BJR4	BJR4	03.12.2014	54.301	86.275	221		CMG-5Т, CMG-6Т +Байкал-8.1
11	Берчикуль*	BRCR	BRCR	23.09.1999 (2013)	55.635	88.299	381	Сланцы	СМ-3КВ, CMG-5Т+ Байкал-8.1; CMG-3ESPCDE
12	Быстровка-2	BSTK	BST	10.04.2002 (30.03.2016)	54.568	82.653	121	Осадочные породы	CMG-3ESPCD; СМ-3КВ, CMG-5Т+ Байкал-8.1
13	Верх-База*	VEN	VEN	05.03.1967 (2013)	53.255	90.299	550	Гранит	СКМ, CMG-5Т+ Байкал-11
14	Верх-Чумыш*	VCHU	VCHU	20.06.2015	53.955	86.442	351		CMG-5Т, CMG-6Т +CMG-DAS-U-S6
15	Горно-Алтайск*	GALT	GATR	27.08.2012	51.959	85.946	303		СМ-3КВ, CMG-5Т+ Байкал-8.1
16	Горно-Алтайск* (Администрация)	GASM	GASM	18.10.2017	51.959	85.960	298		A1638+ Байкал-8.2
17	Джазатор*	DGZ	DGZ	20.08.2003 (19.08.2016)	49.701	87.432	1606	Гранит	CMG-3ESPCDE +DM24; CMG-5Т+ Байкал-8.1
18	Джой*	DJO	DJO	10.01.2012 (09.01.2017)	52.782	91.218	553		CMG-5Т, CMG-6Т +CMG-DAS-U-S6; CMG-5Т, CMG-3ESP+ CMG-DAS-U-S6;
19	Джойская Сосновка*	DJOS	DJOS	03.02.2011 (2013)	52.795	91.398	569		CMG-5Т, CMG-6Т +Байкал-8.1

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

² * – на станции установлен прибор сильных движений.

№	Сейсмическая станция		Дата открытия– закрытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования	
	название	код		φ, °N	λ, °E	h, м			
между-народный		регио-нальный							
20	Эланда (Эланда)	ELDR	ELDR	27.08.1980–01.12.1993; 04.10.2002 (28.07.2017)	51.217	86.090	472	Гранит	СМ-3КВ+ Байкал-11; СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
21	Ельцовка*	ELT	ELT	05.07.1962 (2013)	53.261	86.239	235	Эффузивы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1; СМГ-3ЕСРСДЕ+ DM24
22	Ерунаковская*	ERU	ERU	20.06.2015	54.140	87.384	358		СМГ-5Т, СМГ-6Т+СМГ-DAS-U-S6
23	Железногорск*	GZL	GZL	29.08.2002	56.265	93.542	165	Осадочные породы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
24	Железногорск-2*	GZLN	GZLN	24.12.2012	56.383	93.767	212		СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
25	Железногорск-3*	SHTK	SHTK	21.12.2012	56.333	93.605	150		СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
26	Кайтанак	KTNR	KTNR	18.05.2001	50.145	85.465	1031	Осадочные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11
27	Кемерово	KEM	KEM	19.05.2005	55.343	86.089	133	Осадочные породы	СМ-3КВ, СКД+ Байкал-8
28	Кийзас*	KIYZ	KIYZ	26.12.2014	53.558	87.759	247		СМГ-5Т, СМГ-6Т+СМГ-DAS-U-S6
29	Костёнокovo*	KOST	KOST	31.08.2015	53.651	86.822	325		СМГ-5Т, СМГ-6Т+СМГ-DAS-U-S6
30	Котино*	KOTO	KOTO	25.02.2016	54.187	86.923	279		СМГ-5ТДЕ+ DM24mk3, СМГ-6ТД+ CD24
31	Кунгуртуг*	KNGR	KNGR	04.03.2012	50.604	97.517	1314	Коренные породы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
32	Кызыл*	KZLR	KZL	15.03.2001	51.705	94.454	603	Щебень	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-11
33	Лужба	LUZB	LUZB	01.12.2006	53.661	88.900	489	Осадочные породы	СМ-3КВ, СКМ+ Байкал-11
34	Малиновка*	MALIN	MALI	01.11.2010	53.421	87.276	233	Осадочные породы	СМГ-5ТДЕ; СМГ-5Т+ Байкал-8.1
35	Мина*	MINR	MINR	29.07.1985 (2013)	54.978	94.127	544	Осадочные породы	СКМ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
36	Новосибирск*	NVS	NVS	10.11.1965 (2013)	54.841	83.234	168	Кварцитовая жила	СМГ-3ЕСРСД; СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
37	Новосибирск-2	NVSII	NVSII	01.01.2013	54.842	83.237	159	Коренные породы	СМГ-3ЕСРСДЕ

№	Сейсмическая станция		Дата открытия–закрытия (модернизации ¹)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования	
	название	код		φ, °N	λ, °E	h, м			
		между-народный	регио-нальный						
38	Новосибирская ГЭС	NHES	NHES	28.02.2012	54.855	82.985	121	Осадочные породы	CMG-3ESPCD
39	Поморцево*	POMOR	POMOR	19.05.2014	54.407	86.526	215		CMG-5T, CMG-6T +CMG-DAS-U-S6
40	Салаир	SALR	SAL	02.03.2005	54.417	85.703	250		СМ-3КВ, СКД+ Байкал-11
41	Солонешенская*	SLNR	SLN	18.10.2003	49.777	88.467	2057	Осадочные породы	СМ-3КВ, ОСП+ Байкал-11
42	Тайлеп*	TAIL	TAIL	29.12.2015	53.448	87.197	245		CMG-5TDE
43	Таштагол	TASR	TASR	01.09.1988	52.762	87.880	529	Осадочные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11
44	Тоджа	TDJR	TDJR	25.07.1980–31.12.1994; 01.03.2001	52.453	96.093	1000	Коренные породы	СКМ+ Байкал-11
45	Тээли	TEL	TEL	01.10.1971	51.024	90.195	992	Эффузивы	СКМ, СКД+ Байкал-11
46	Тюнгур	TUNR	TUNR	01.10.1980–01.11.1993; 01.08.1998	50.163	86.317	864	Гранит	СКМ+ Байкал-11
47	Улаган*	ULGR	ULGR	28.07.2002	50.623	87.961	1239	Коренные породы	СМ-3КВ, CMG-5T+ Байкал-8.1
48	Усть-Кан	UKR	UKR	02.09.1963 (2013)	50.940	84.769	1057	Эффузивы	СКМ, СКД+ Байкал-8; CMG-3ESPCDE
49	Харино	KHAR	KHAR	10.09.2011	54.613	83.590	130	Осадочные породы	CMG-3ESPCDE
50	Чаган-Узун*	CUR	CUR	19.12.1963–31.05.1985; 13.02.2002 (2013)	50.101	88.358	1740	Коренные породы	СМ-3КВ, CMG-5T+ Байкал-8.1; CMG-3ESPCD
51	Черёмушки*	CERR	CERR	05.09.1990 (20.12.2016)	52.856	91.416	390	Сланцы	CMG-5T, CMG-3ESP + CMG-DAS-U-S6
52	Чибит*	CHBI	CHB	03.10.2003	50.313	87.503	1164	Сланцы	СМ-3КВ, CMG-5T+ Байкал-11
53	Эрзин*	ERNS	ERNS	03.06.1964 (04.05.2017)	50.265	95.161	1110	Коренные породы	CMG-3T, CMG-5T +Байкал-8.1; CMG-5T, CMG-6T +Байкал-8.1
54	Яйлю	YALR	YALR	19.07.2002 (23.07.2017)	51.769	87.611	451	Коренные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11; СМ-3КВ, CMG-5T+ Байкал-8.1

Полный каталог сейсмических событий в регионе в 2017 г. содержит сведения о 14452 сейсмических событиях в энергетическом диапазоне $-1.0 \leq ML \leq 6.4$, включая землетрясения и промышленные взрывы, в т.ч. данные регистрации временными сетями станций. Около 61% зарегистрированных событий являются промышленными взрывами (8820 в энергетическом диапазоне $0.4 \leq ML \leq 4.6$), наиболее сильные из которых с $ML=4$

лоцируются в карьерах вблизи г. Абакан (Черногорский карьер). По количеству взрывов в карьерах и шахтах в регионе доминирует Кузбасс (около 71% от всех зарегистрированных взрывов). Всего в 2017 г. было зарегистрировано 5632 землетрясения. Распределение количества сейсмических событий в зависимости от их магнитуды и типа показано в таблице I.13.

Таблица I.13. Количество сейсмических событий в зависимости от магнитуды ML и типа

ML	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	Всего
Землетрясения	3	151	671	918	1554	967	683	429	139	64	35	13	4	0	0	1	5632
Взрывы	0	0	0	24	80	1042	3662	3349	540	86	35	2	0	0	0	0	8820
Всего	3	151	671	942	1634	2009	4345	3778	679	150	69	15	4	0	0	1	14452

В настоящем ежегоднике каталог сейсмических событий Алтае-Саянского региона по данным сети ASGSR представлен 1783 землетрясениями с $M=0.8-4.8$ ($ML=1.6-6.4$) [12] и 2064 промышленными взрывами с $M=1.6-3.2$ ($ML=2.5-4.6$) [12, 13]. Печатные варианты каталогов содержат параметры 194 землетрясений с $M \geq 2.0$ [14] и 104 взрывов с $M \geq 2.3$ [15].

На основе каталога [12] построена карта эпицентров землетрясений (рис. I.14).

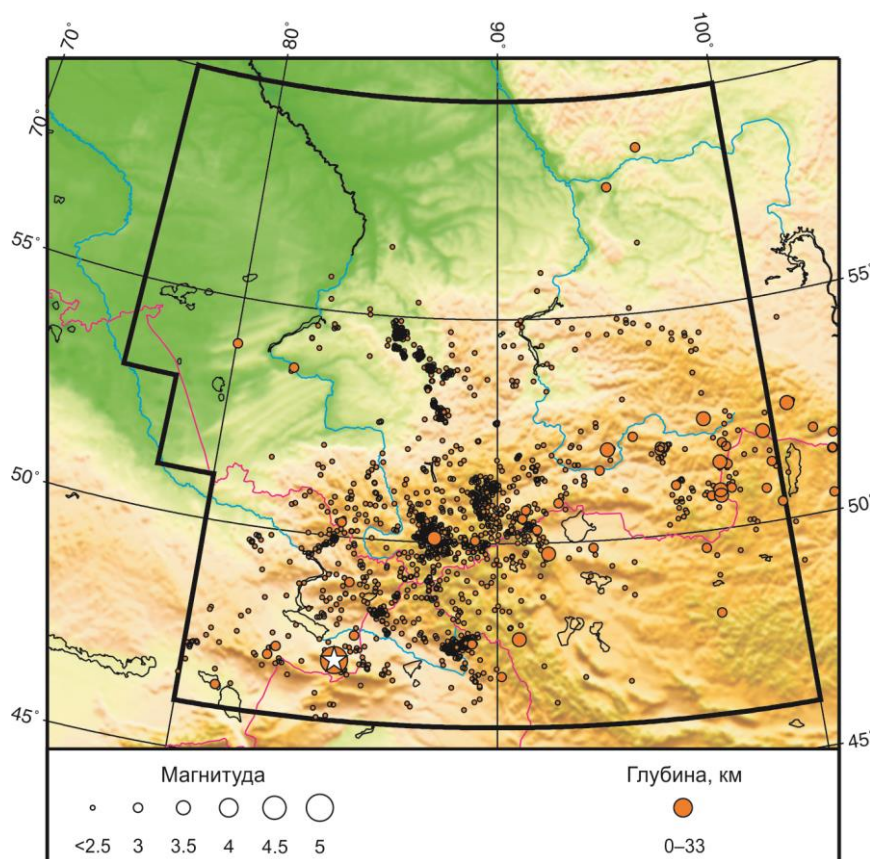


Рис. I.14. Карта эпицентров землетрясений в Алтае-Саянском регионе в 2017 г.
Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

Землетрясение с максимальной магнитудой M (MS)=4.8 (ML)=6.4 в 2017 г. в регионе было зарегистрировано 4 апреля в 17^h07^m в районе озера Зайсан в Восточном Казахстане. Также зарегистрированы три землетрясения с $M=3.6$ ($ML=5.0$), два из которых произошли в Монгольском Алтае (12 марта в 21^h41^m и 6 августа в 05^h27^m) и одно – в Годжинской котловине 1 апреля в 02^h42^m [12].

Продолжалась сейсмическая активность в зоне Чуйского землетрясения 2003 года. Самое сильное землетрясение с $M=3.3$ ($ML=4.7$) произошло в горах Северо-Чуйского хребта 24 декабря в 18^h41^m. Отмечается повышенная сейсмическая активность геологических структур в радиусе до 300 км от эпицентра Чуйского землетрясения: Шапшальский хребет и его стык с Западным Саяном, хребты Цаган-Шибету и Монгун-Тайга, локальная структура в Монгольском Алтае, район озера Зайсан.

Озеро Телецкое с севера и юга было охвачено слабыми землетрясениями. На севере это – цепь событий вдоль Главного Саянского разлома, которая подходит к месту изгиба озера и, пересекая его, также цепью продолжается с другой стороны озера.

Слабые землетрясения регистрировались на территории Рудного Алтая. На стыке Бийско-Барнаульской впадины с Томь-Колыванской складчатой зоной зафиксированы два землетрясения, слабо ощутимые в населенных пунктах: 12 марта в 11^h50^m с $M=3.2$ ($ML=4.6$) и 27 июня в 06^h25^m с $M=3.1$ ($ML=4.4$). Сохранилась слабая сейсмичность в эпицентральной зоне сейсмической активизации 2010 г. в районе Камня-на-Оби [16]. Неожиданными в 2017 г. стали два землетрясения в нижнем течении реки Ангары: 14 марта в 09^h31^m с $M=2.8$ ($ML=4.0$) и 8 июля в 17^h15^m с $M=2.8$ ($ML=4.0$). Землетрясения на платформе – редкое явление, тем более, что они произошли ниже по течению Богучанской ГЭС и нет оснований приписывать этим землетрясениям техногенную природу.

В Кемеровской области выделяется несколько сейсмоактивных зон, приуроченных к территориям добычи полезных ископаемых: зона Бачатского угольного разреза, где в 2013 г. произошло крупное землетрясение с $M=5.1$ [17], – здесь максимальная магнитуда землетрясения за прошедший год составила $M=1.9$ ($ML=3.0$) 16 октября в 14^h23^m; зона Калтанского и Осинниковского угольных разрезов и шахты «Алардинская» – здесь произошло землетрясение с максимальной магнитудой на Кузбассе $M=2.3$ ($ML=3.4$) 10 марта в 13^h49^m; зона вблизи Моховского угольного разреза и г. Полысаево, а также районы некоторых других горных предприятий.

На рис. 1.15 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2013–2017 гг. (по данным [4, 12]). Уровень сейсмичности региона в 2017 г. согласно шкале «СОУС'09» [18] оценен как «фоновый средний» за 56-летний период наблюдений (с 1962 по 2017 г.) [19].

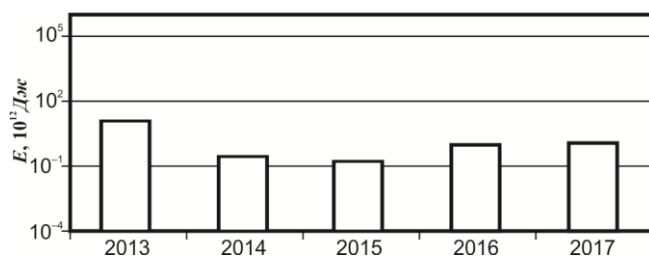


Рис. 1.15. Распределение сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2013–2017 гг.

Литература

1. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В. Результаты детального сейсмического мониторинга. Чуйско-Курайская зона Горного Алтая // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 118–124.
2. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Куприш О.В. Результаты детального сейсмического мониторинга. Район техногенного Бачатского землетрясения 18.06.2013 г. с $M=5.1$ (Кузбасс) // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 125–128.
3. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В. Результаты детального сейсмического мониторинга. Южно-Кузбасская техногенная сейсмическая активизация (Калтанский угольный разрез и шахта «Алардинская») // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 129–135.

4. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Подкорытова В.Г., Дураченко А.А., Корабельщиков Д.Г., Чурашев С.А., Гончаров В.Н. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 32–38.
5. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Подкорытова В.Г., Дураченко А.А., Корабельщиков Д.Г., Чурашев С.А., Гончаров В.Н. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 30–35.
6. Weber B., Becker J., Hanka W., Heinloo A., Hoffmann M., Kraft T., Pahlke D., Reinhardt J., Thoms H. SeisComP3 – automatic and interactive real time data processing // Geophys. Res. Abstracts in EGU General Assembly. – 2007. – Vol. 9, N 09219.
7. Hanka W., Saul J., Weber B., Becker J., Harjadi P., Fauzi and Gitews Seismology Group. Real-time earthquake monitoring for tsunami warning in the Indian Ocean and beyond // Natural Hazards and Earth System Science. – 2010. – Vol. 10, Is. 12. – P. 2611–2622.
8. Bratt S.R., Bache T.C. Locating events with a space network of regional arrays // Bull. Seism. Soc. Am. – 1988. – Vol. 78. – P. 780–798.
9. IASPEI 1991 Seismological Tables / Ed. B.L.N. Kennett. – Research School of Earth Sciences, Australian National University, 1991. – 167 p.
10. Lee W.H.K., Lahr J.C. HYPO71 (revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes // USGS Open File Report. – 1975. – P. 1–116.
11. New manual of seismological observatory practice (NMSOP-2) // Bibliothek Wissenschaftspark Albert Einstein [Web Site] / Ed. P. Bormann. – 2012. – URL: <http://bib.telegrafenberg.de/publizieren/vertrieb/nmsop/>.
12. Part_IV-2017. 04_Altai-and-Sayan Mountains_2017.xls // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
13. Part_V-2017. Catalogs_explosions_2017.xls // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
14. Подкорытова В.Г. (отв. сост.); Денисенко Г.А., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 149–151.
15. Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 193–203.
16. Еманов А.Ф., Ворона У.И., Смоглюк А.С., Еманов А.А., Лескова Е.В. III. Результаты детального сейсмического мониторинга. III.2.3. Микросейсмичность района г. Камень-на-Оби, Алтайский край // Землетрясения России в 2010 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 96–99.
17. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г. Результаты детального сейсмического мониторинга. Эпицентральная область Бачатского землетрясения 18.06.2013 г. с $M=5.1$ (Кузбасс) в 2013–2014 гг. // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 103–108.
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., Воропаев П.В. Качественный анализ сейсмичности. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2017 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 79–84.