

Алтай и Саяны

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

¹Алтае-Саянский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск; ²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск

Сейсмическая сеть Алтае-Саянского региона состояла из 53 станций Алтае-Саянского филиала (АСФ) ФИЦ ЕГС РАН. Местоположение станций показано на рис. 1.13, данные о станциях представлены в табл. 1.13.

В 2016 г. в Прокопьевском районе Кемеровской области была открыта новая сейсмическая станция «Котино» (КОТО) (начало работы 25.02.2016 г.). На четырех сейсмостанциях АСФ ФИЦ ЕГС РАН произведена замена аппаратуры: «Быстровка-2» (BSTK) 30.03.2016 г. – CMG-3ESPCD на CM-3КВ и CMG-5Т+Байкал-8.1; «Джазатор» (DGZ) 19.08.2016 г. – Байкал-11 на Байкал-8.1; «Черёмушки» (CERR) 20.12.2016 г. – CMG-6Т на CMG-3ESP; «Арадан» (ARDR) 26.12.2016 г. – CMG-3Т на CMG-6Т.

Обработка данных, как и в предыдущие годы [1], проводилась с использованием системы SeisComp3 [2, 3]. Определение энергетических характеристик и положения эпицентра производилось с помощью программы LocSat [4] в рамках глобальной скоростной модели IASPEI91 [5]. Локальные магнитуды *ML* определены в соответствии с рекомендациями [6].

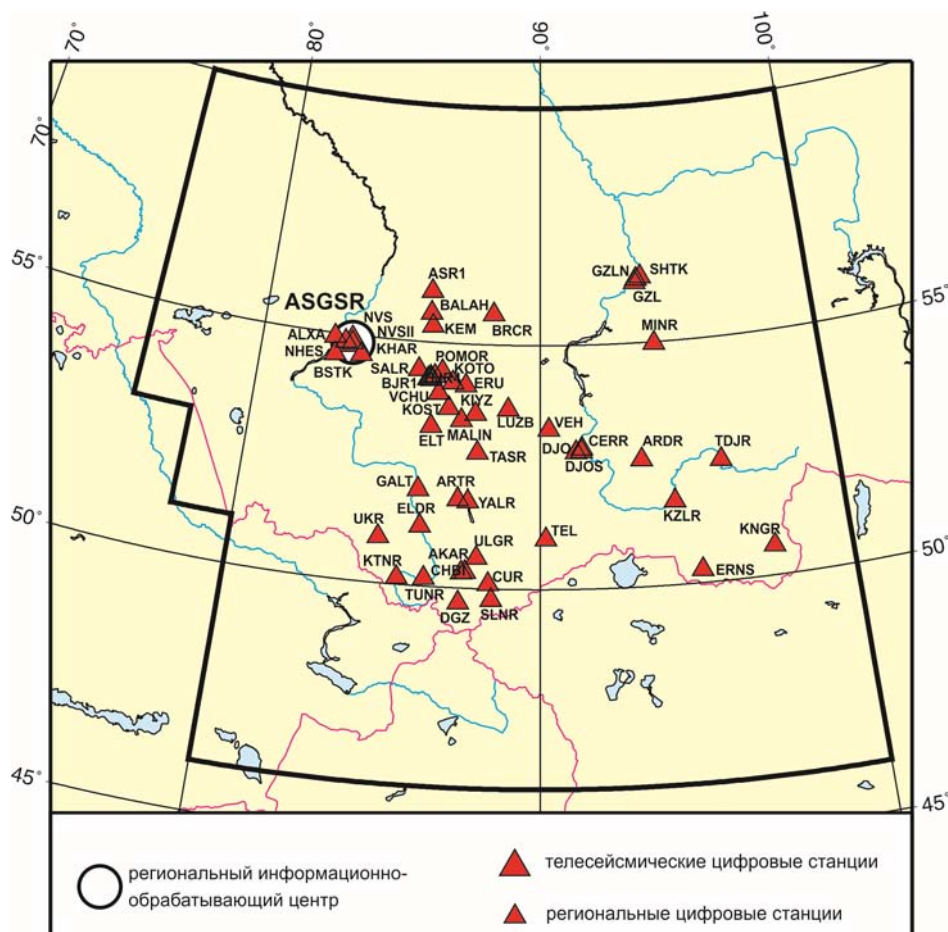


Рис. 1.13. Стационарные сейсмические станции в Алтае-Саянском регионе в 2016 г.
Черный шрифт – международные коды центра и станций

**Таблица 1.13. Сведения о стационарных сейсмических станциях
АСФ ФИЦ ЕГС РАН (сеть ASGSR)**

№	Сейсмическая станция		Дата открытия– закрытия (модерни- зации)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования	
	Название	Код		φ, °N	λ, °E	h, м			
		между- народный							регио- нальный
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*	ARDR	ARDR	06.08.1992 (10.05.2012) (26.12.2016)	52.580	93.428	958	Гранит	CMG-6Т, CMG-5Т+ 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	Берцикуль*	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	Джазатгор*	DGZ	DGZ	20.08.2003 (2013) (19.08.2016)	49.701	87.432	1606	Гранит	CMG-3ESPCDE +DM24; CMG-5Т+ Байкал-8.1
17	Джой*	DJO	DJO	10.01.2012 (2013)	52.782	91.218	553		CMG-5Т, CMG-6Т +CMG-DAS-U-S6
18	Джойская Сосновка*	DJOS	DJOS	03.02.2011 (2013)	52.795	91.398	569		CMG-5Т, CMG-6Т+ Байкал-8.1

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

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

* – на станциях установлены приборы сильных движений.

Полный каталог Алтае-Саянского региона за 2016 г. содержит сведения о 12687 сейсмических событиях в диапазоне $-1.2 \leq ML \leq 5.2$, включая землетрясения и промышленные взрывы, в том числе и данные регистрации временными сетями станций. Около 63% зарегистрированных событий являются промышленными взрывами (8026 – в энергетическом диапазоне $0.3 \leq ML \leq 4.2$), наиболее сильные из которых с $ML \approx 4$ лоцируются

в Черногорском карьере вблизи г. Абакан. По количеству взрывов в карьерах и шахтах в регионе доминирует Кузбасс (около 76% от всех зарегистрированных взрывов). Всего в 2016 г. сейсмостанциями АСФ ФИЦ ЕГС РАН было зарегистрировано 4661 землетрясение. Распределение количества сейсмических событий в зависимости от их магнитуды и типа представлено в табл. I.14.

Таблица I.14. Количество сейсмических событий в зависимости от их магнитуды и типа

<i>ML</i>	-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	Всего
Землетрясения	5	121	442	538	1228	844	662	415	211	107	51	24	10	3	4661
Взрывы	0	0	0	11	69	851	3008	3362	608	88	29	0	0	0	8026
Всего	5	121	442	549	1297	1695	3670	3777	819	195	80	24	10	3	12687

Каталоги землетрясений Алтае-Саянского региона по данным сети ASGSR в настоящем ежегоднике представлены 1139 землетрясениями и 20 «возможно землетрясение» с представительной магнитудой $ML \geq 2.0$ ($M=0.5-4.5$ ($ML=2.0-5.8$)) [7], 220 промышленными взрывами и одним «возможно взрыв» с $M=1.6-2.7$ ($ML=3.1-4.2$) [8]. Параметры четырех землетрясений с $M=2.4-3.7$ ($ML=3.9-5.2$) на смежной территории были перенесены в каталог региона Прибайкалье и Забайкалье [9] в качестве альтернативных решений.

На основе каталога землетрясений построена карта эпицентров землетрясений (рис. I.14). Печатные варианты каталогов содержат параметры 191 землетрясения с $M \geq 1.8$ [10] и 12 взрывов с $M \geq 2.5$ [11].

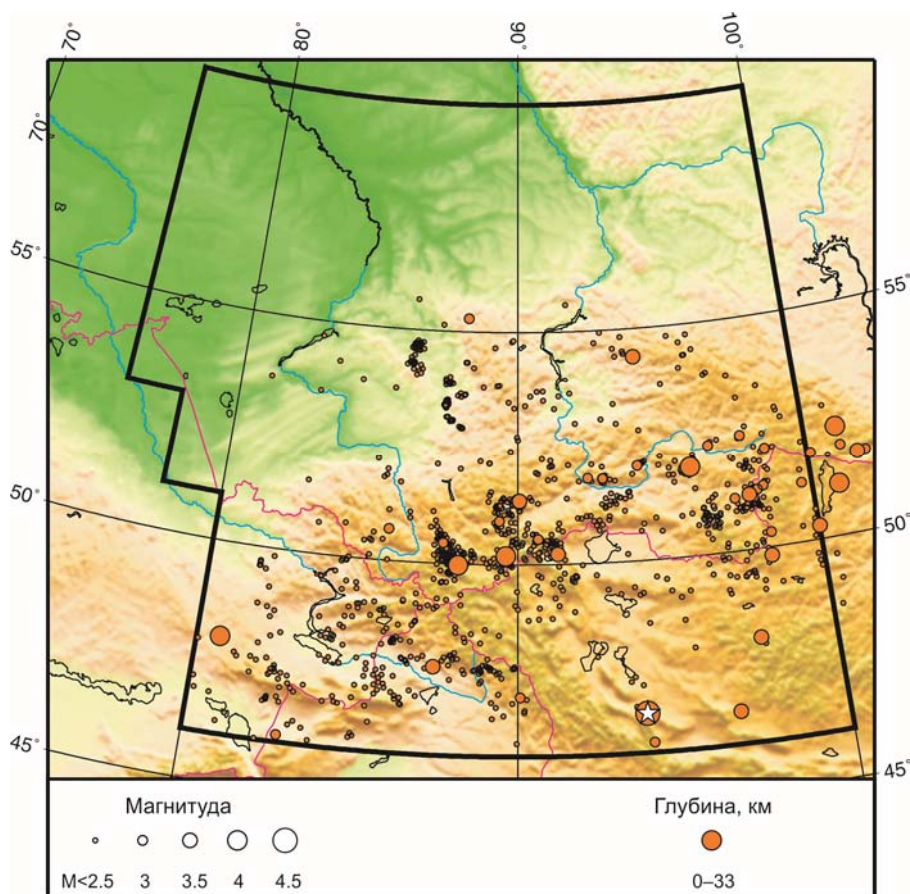


Рис. I.14. Карта эпицентров землетрясений в Алтае-Саянском регионе в 2016 г. Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

В 2016 г. самое сильное землетрясение с $M=4.5$ ($MS=4.5$) произошло 14 сентября в 09^h32^m в горах Монгольского Алтая. Еще два сопоставимых по величине землетрясения произошли в Восточно-Тувинском нагорье 29 июня в 11^h46^m с $M=4.1$ ($ML=5.5$) и в Восточном Казахстане на хребте Тарбагатай 15 марта в 21^h32^m с $M=4.2$ ($ML=5.7$) (рис. I.14).

По-прежнему высокая сейсмическая активность наблюдается в зоне Чуйского землетрясения 2003 года. Наиболее сильное землетрясение в этом районе с $M=4.2$ ($MS=4.2$) произошло 20 сентября в 07^h18^m вблизи эпицентра главного толчка 2003 г. на стыке Северо-Чуйского хребта, Южно-Чуйского хребта и Чуйской впадины [12].

В Западном Саяне, недалеко от Шапшальского хребта и Тувинской котловины, следом за землетрясением 15 апреля в 15^h21^m с $M=3.6$ ($ML=5.1$) в течение следующего месяца последовала серия из десяти землетрясений с $ML\sim 2$.

Повышенная сейсмическая активность наблюдалась также в эпицентральной зоне Тувинских землетрясений 2011–2012 гг. и в Белино-Бусингольской зоне на востоке региона.

Сейсмически активной остается эпицентральной область Бачатского землетрясения 2013 г. в Кузбассе, в которой в 2016 г. были продолжены наблюдения сетью временных станций [13]. Самое заметное землетрясение в этой области с $M=0.9$ ($ML=2.5$) зарегистрировано 8 октября в 10^h50^m [14, 15].

Особо стоит отметить новую зону сейсмической активности в Кемеровской области вблизи поселка Малиновка в районе Калтанского и Осинниковского угольных разрезов, которая была отмечена тремя землетрясениями с $M=2.6$, 2.5 и 2.4 ($ML=4.1$, 4.0 и 3.9), произошедшими 8 ноября в 21^h38^m, 9 декабря в 08^h25^m и 24 октября в 16^h13^m соответственно. Еще пять землетрясений с $ML>3$ произошли в течение ноября и декабря [14, 16]. Временная сеть сейсмических станций для более детального изучения этой зоны была установлена в конце ноября 2016 г. [17].

На рис. I.15 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2012–2016 гг. (по данным [1, 7]). Уровень сейсмичности региона в 2016 г. согласно шкале «СОУС'09» [18] оценен как «фоновый средний» за 55-летний период наблюдений (с 1962 по 2016 г.) [19].

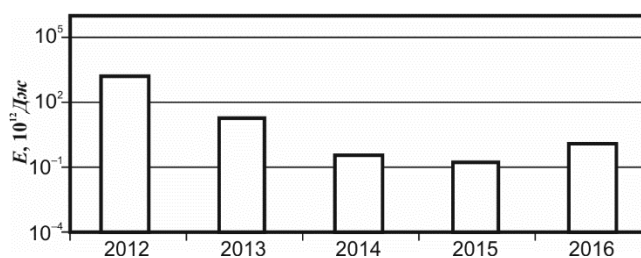


Рис. I.15. Распределение сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2012–2016 гг.

Литература

1. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Подкорытова В.Г., Дураченко А.А., Коробельщиков Д.Г., Чурашев С.А., Гончаров В.Н. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 34–40.
2. 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.
3. 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.
4. 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.

5. *IASPEI 1991 Seismological Tables* / Ed. B.L.N. Kennett. – Research School of Earth Sciences, Australian National University, 1991. – 167 p.
6. *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/>.
7. *Part_IV-2016. 04_Altai-and-Sayan Mountains_2016.xls* // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
8. *Part_V-2016. Catalogs_explosions_2016.xls* // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
9. *Part_IV-2016. 05_Lake-Baykal-and-Transbaykal-regions_2016.xls* // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
10. Денисенко Г.А., Лескова Е.В., Манушина О.А., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелева С.С., Шевкунова Е.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 135–137.
11. *Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах* // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 183–193.
12. Денисенко Г.А., Лескова Е.В., Манушина О.А., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелева С.С., Шевкунова Е.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Чуйско-Курайская зона Горного Алтая в 2015–2016 гг. // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 180.
13. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В. Результаты детального сейсмического мониторинга. Эпицентральная область техногенного Бачатского землетрясения 18.06.2013 г. с $M=5.1$ (Кузбасс) // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 114–116.
14. *Part_IV-2016. 17_Kuzbass_2016.xls* // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
15. Лескова Е.В. (отв. сост.), Шевкунова Е.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Район разреза «Бачатский», Кузбасс (зона Бачатского землетрясения 18.06.2013 г.) // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 181.
16. Денисенко Г.А., Лескова Е.В., Манушина О.А., Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевелева С.С., Шевкунова Е.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Район Калтанского угольного разреза, Кузбасс // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 182.
17. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В. Результаты детального сейсмического мониторинга. Изучение наведенной сейсмичности на юге Кузбасса в районе открытых и подземных горных работ // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 117–122.
18. Салтыков В.А. Формализованная оценка уровня сейсмичности на примере Камчатки и Байкальского региона // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Четвертой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 178–182.
19. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воропаев П.В. Качественный анализ сейсмичности. Оценка уровня сейсмичности регионов России // Землетрясения России в 2016 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 73–79.