

## Алтай и Саяны

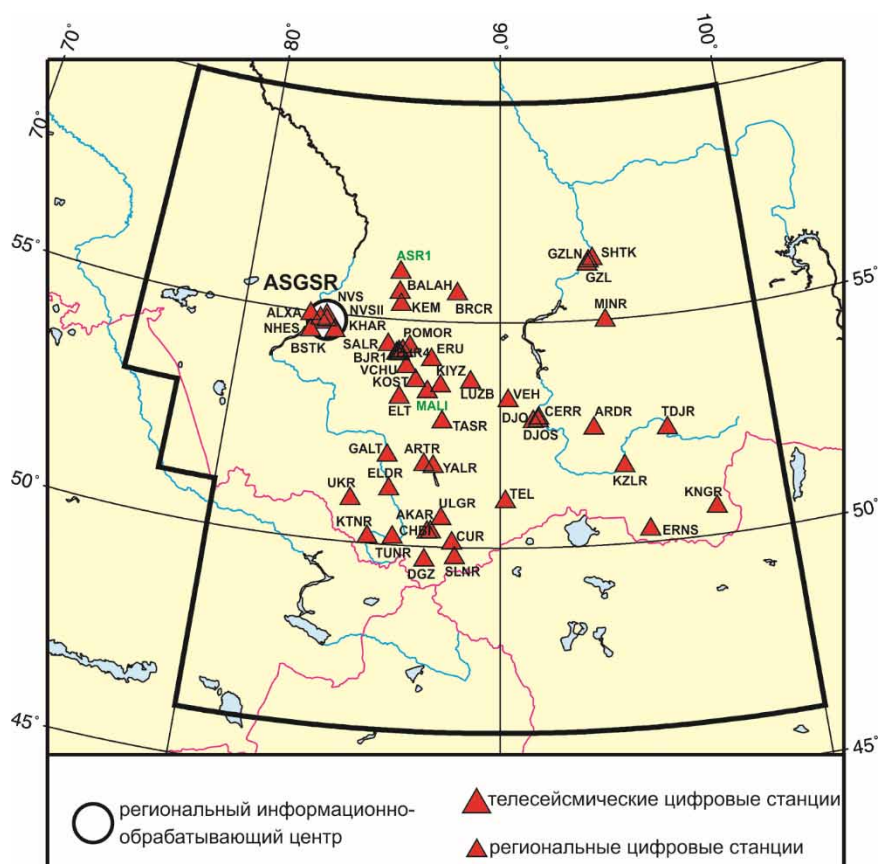
<sup>1,2</sup>А.Ф. Еманов, <sup>1,3</sup>А.А. Еманов, <sup>1,3</sup>Е.В. Лескова, <sup>1</sup>В.Г. Подкорытова, <sup>1</sup>А.А. Дураченко,  
<sup>1</sup>Д.Г. Корабельщиков, <sup>1</sup>С.А. Чурашев, <sup>1</sup>В.Н. Гончаров, <sup>1,3</sup>А.В. Фатеев

<sup>1</sup>Алтае-Саянский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск; <sup>2</sup>Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск; <sup>3</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск

Сейсмическая сеть Алтае-Саянского региона состояла из 52 станций Алтае-Саянского филиала (АСФ) ФИЦ ЕГС РАН. Местоположение станций показано на рис. I.13, данные о станциях представлены в табл. I.13.

В 2015 г. продолжилось начатое в 2014 г. расширение сети мониторинга техногенной и природной сейсмичности в Кузбассе с созданием станций в Кузнецкой впадине, оснащенных современными сейсмометрами и цифровой аппаратурой [1, 2]. В целом сеть сейсмических станций в Кузбассе формируется как сейсмологический полигон для изучения наведенной сейсмичности, вызванной сильным антропогенным воздействием на земную кору, и для разработки методов прогноза техногенной сейсмической опасности в районах добычи полезных ископаемых.

В рамках программы по расширению сети мониторинга наведенной сейсмичности в Кузбассе были установлены и введены в эксплуатацию еще четыре сейсмические станции: «Верх-Чумыш», «Ерунаковская», «Костенково» – в летний период; «Тайлеп» – в конце декабря 2015 г. (табл. I.13). Таким образом, на конец 2015 г. здесь функционировало 11 дополнительных сейсмостанций.



**Рис. I.13. Стационарные сейсмические станции в Алтае-Саянском регионе в 2015 г.**  
Черный шрифт – международные коды центра и станций,  
зеленый шрифт – региональные коды станций

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

№	Сейсмическая станция			Дата открытия– закрытия (установки нового обо- рудования)	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-Суд- женск-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)	52.580	93.428	958	Гранит	CMG-3Т, 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	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	54.568	82.653	121	Осадочные породы	CMG-3ESPCD
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	Джазатор*	DGZ	DGZ	20.08.2003 (2013)	49.701	87.432	1606	Гранит	СКМ+Байкал-11, CMG-3ESPCDE +DM24; CMG-5Т+ Байкал-11
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 (установки нового оборудования)	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-3ЕСРСДЕ+ 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	KTNR	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	Костёнокво*	KOST	KOST	31.08.2015	53.651	86.822	325		СМГ-5Т, СМГ-6Т+ СМГ-DAS-U-S6
29	Кунгуртуг*	KNGR	KNGR	04.03.2012	50.604	97.517	1314	Коренные породы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
30	Кызыл*	KZLR	KZL	15.03.2001	51.705	94.454	603	Щебень	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-11
31	Лужба	LUZB	LUZB	01.12.2006	53.661	88.900	489	Осадочные породы	СМ-3КВ, СКМ+ Байкал-11
32	Малиновка*	MALIN	MALI	01.11.2010	53.421	87.276	233	Осадочные породы	СМГ-5ТДЕ; СМГ-5Т+ Байкал-8.1
33	Мина*	MINR	MINR	29.07.1985 (2013)	54.978	94.127	544	Осадочные породы	СКМ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
34	Новосибирск*	NVS	NVS	10.11.1965 (2013)	54.841	83.234	168	Кварцитовая жила	СМГ-3ЕСРСД; СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
35	Новосибирск-2	NVSII	NVSII	01.01.2013	54.842	83.237	159	Коренные породы	СМГ-3ЕСРСДЕ
36	Новосибирская ГЭС	NHES	NHES	28.02.2012	54.855	82.985	121	Осадочные породы	СМГ-3ЕСРСД
37	Поморцево*	POMOR	POMOR	19.05.2014	54.407	86.526	215		СМГ-5Т, СМГ-6Т+ СМГ-DAS-U-S6

№	Сейсмическая станция			Дата открытия–закрытия (установки нового оборудования)	Координаты и высота над уровнем моря			Подпочва	Тип оборудования
	Название	Код			φ, °N	λ, °E	h, м		
		международный	региональный						
38	Салаир	SALR	SAL	02.03.2005	54.417	85.703	250		СМ-3КВ, СКД+ Байкал-11
39	Солонешенская*	SLNR	SLN	18.10.2003	49.777	88.467	2057	Осадочные породы	СМ-3КВ, ОСП+ Байкал-11
40	Тайлеп*	TAIL	TAIL	29.12.2015	53.448	87.197	245		СМГ-5ТДЕ
41	Таштагол	TASR	TASR	01.09.1988	52.762	87.880	529	Осадочные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11
42	Тоджа	TDJR	TDJR	25.07.1980–31.12.1994; 01.03.2001	52.453	96.093	1000	Коренные породы	СКМ+ Байкал-11
43	Тээли	TEL	TEL	01.10.1971	51.024	90.195	992	Эффузивы	СКМ, СКД+ Байкал-11
44	Тюнгур	TUNR	TUNR	01.10.1980–01.11.1993; 01.08.1998	50.163	86.317	864	Гранит	СКМ+ Байкал-11
45	Улаган*	ULGR	ULGR	28.07.2002	50.623	87.961	1239	Коренные породы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
46	Усть-Кан	UKR	UKR	02.09.1963 (2013)	50.940	84.769	1057	Эффузивы	СКМ, СКД+ Байкал-8; СМГ-3ЕСРСДЕ
47	Харино	KHAR	KHAR	10.09.2011	54.613	83.590	130	Осадочные породы	СМГ-3ЕСРСДЕ
48	Чаган-Узун*	CUR	CUR	19.12.1963–31.05.1985; 13.02.2002 (2013)	50.101	88.358	1740	Коренные породы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1; СМГ-3ЕСРСД
49	Черемушки*	CERR	CERR	05.09.1990 (2013)	52.856	91.416	390	Сланцы	СМГ-5Т, СМГ-6Т+ СМГ-DAS-U-S6
50	Чибит*	CHBI	CHB	03.10.2003	50.313	87.503	1164	Сланцы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-11
51	Эрзин*	ERNS	ERNS	03.06.1964	50.265	95.161	1110	Коренные породы	СМГ-3Т, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
52	Яйлю	YALR	YALR	19.07.2002	51.769	87.611	451	Коренные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11

\* – на станциях установлены приборы сильных движений.

Обработка данных, как и в 2014 г. [3], проводилась с использованием системы SeisComP3 [4, 5]. Определение энергетических характеристик и положения эпицентра рассчитывались с помощью программы LocSat [6] в рамках глобальной скоростной модели IASPEI91 [7]. Энергия событий представлена в локальных магнитудах  $ML$  [8].

С увеличением числа станций в Кузнецкой котловине, в совокупности с обновленной системой регистрации и обработки данных, существенно возросло и количество зарегистрированных событий по сравнению с предыдущими годами (до 2013 г.). Существующая конфигурация сети позволяет контролировать сейсмическую активность в Кузбассе на уровне нижнего предела магнитуд  $ML=1-2$ . Все это позволило выявить ряд локальных

участков, где, помимо промышленных взрывов, фиксируются и сравнительно слабые сейсмические процессы. Приуроченность этих процессов к областям добычи полезных ископаемых позволяет отнести их к разряду наведенной сейсмичности [2]. В каталоге такие сейсмические события отмечены как «возможно землетрясение» [9, 10].

Полный каталог Алтае-Саянского региона за 2015 г. содержит сведения о 12930 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. Более половины зарегистрированных событий (57%) являются промышленными взрывами (7345), наиболее сильные из которых, как и в 2014 г. [3], лоцируются в карьерах в Минусинской котловине вблизи Абакана (угольный разрез «Черногорский»). По количеству взрывов в карьерах и шахтах в 2015 г. по-прежнему доминировал Кузбасс (около 79% от всех зарегистрированных взрывов) [11]. Всего в Алтае-Саянском регионе в 2015 г. было зарегистрировано 5585 землетрясений. 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**

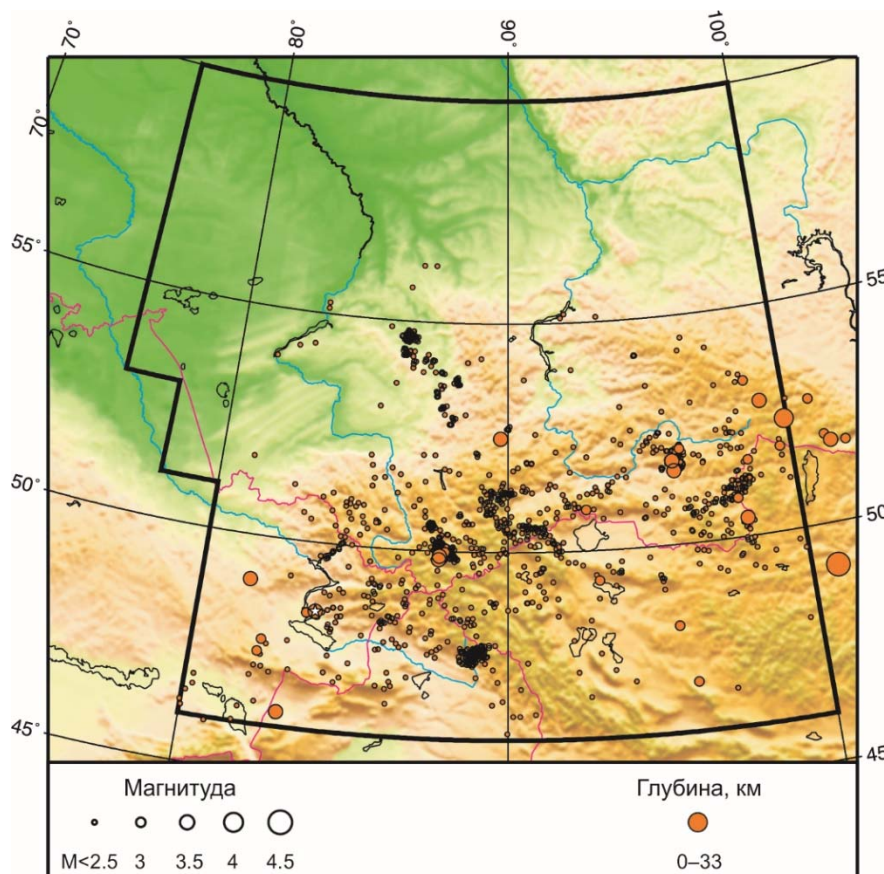
<i>ML</i>	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	Всего
Землетрясения	10	263	605	565	1349	1083	782	545	204	119	38	13	9	5585
Взрывы	0	0	0	6	68	460	2245	3539	878	111	35	3	0	7345
Всего	10	263	605	571	1417	1543	3027	4084	1082	230	73	16	9	12930

Каталоги сейсмических событий Алтае-Саянского региона за 2015 г. в настоящем сборнике представлены 1156 землетрясениями и 140 «возможно землетрясение» с  $M=0.5-3.7$  ( $M=2.0-5.2$ ) [10], а также 294 промышленными взрывами с  $M=1.6-2.9$  ( $M=3.1-4.4$ ) [11]. На основе каталога землетрясений построена карта эпицентров землетрясений (рис. I.14). Печатные варианты каталогов содержат параметры 144 землетрясений с  $M \geq 1.8$  [9] и 35 взрывов с  $M \geq 2.3$  [12].

В 2015 г. в регионе сохранилась умеренная сейсмическая активность с максимальными землетрясениями с  $ML \approx 5$ , произошедшими в горных областях на юге и юго-востоке региона: в Горном Алтае (в Южно-Чуйском хребте) – 26 января в 11<sup>h</sup>25<sup>m</sup> и 3 февраля в 22<sup>h</sup>47<sup>m</sup> с  $M=3.6$  ( $ML=5.1$ ); в Республике Тыве – 9 января в 03<sup>h</sup>49<sup>m</sup> с  $M=3.4$  ( $ML=4.9$ ) и 9 февраля в 10<sup>h</sup>14<sup>m</sup> с  $M=1.6$  ( $ML=4.8$ ) в эпицентральной области Тувинских землетрясений 2011–2012 гг., 7 сентября в 19<sup>h</sup>01<sup>m</sup> с  $M=3.2$  ( $ML=4.7$ ) и 29 ноября в 06<sup>h</sup>36<sup>m</sup> с  $M=3.4$  ( $ML=4.9$ ) в окрестности рифтовых впадин Белино-Бусингольской зоны. То есть в 2015 г. проявились в сейсмичности те же области, что и в 2014 г., но чуть с меньшей интенсивностью.

Серия землетрясений с  $ML=4-5$  была зафиксирована в Восточном Казахстане, где 27 декабря в 18<sup>h</sup>39<sup>m</sup> произошло самое сильное землетрясение в регионе с  $M=3.7$  ( $ML=5.2$ ) (рис. I.14). Сведений об осязательности землетрясения на территории России нет. По данным Службы срочных донесений Государственного учреждения «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Комитета науки Министерства науки и образования Республики Казахстан», на территории Восточного Казахстана землетрясение 27 декабря ощущалось в Усть-Каменогорске, Курчуме и Зайсане с интенсивностью 2 балла [13].

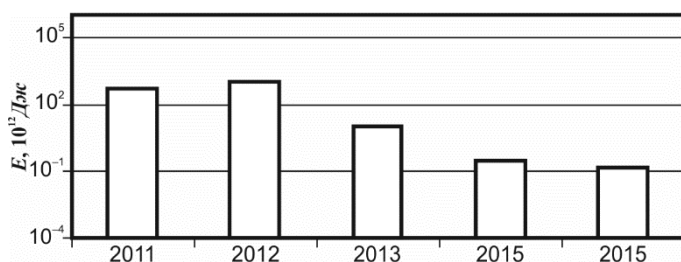
Следует отметить землетрясение в Хакасии 3 сентября в 15<sup>h</sup>30<sup>m</sup> с  $M=3.4$  ( $ML=4.9$ ) с эпицентром в северных отрогах Западного Саяна. Несмотря на сравнительно небольшую энергию, землетрясения такой силы в данном районе редки. Инструментально измеренная интенсивность сотрясений на плотине Саяно-Шушенской ГЭС (в 117 км от эпицентра) не превысила 2 баллов.



**Рис. 1.14.** Карта эпицентров землетрясений в Алтае-Саянском регионе в 2015 г.  
Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

В 2015 г. также сейсмически активной на уровне слабых землетрясений  $M \leq 1.3$  ( $ML \leq 2.8$ ) оставалась эпицентральная область техногенного Бачатского землетрясения 2013 г., здесь были продолжены наблюдения сетью временных станций [14, 15].

На рис. 1.15 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2011–2015 гг. (по данным [3, 10]). Уровень сейсмичности региона в 2015 г. согласно шкале «СОУС'09» [16] оценен как «фоновый пониженный» за 54-летний период наблюдений (с 1962 по 2015 г.) [17].



**Рис. 1.15.** Распределение сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2011–2015 гг.

## Литература

1. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Ситников В.В., Лескова Е.В., Корабельщиков Д.Г., Дураченко А.А. Основы системы сейсмологического мониторинга Кузбасса // «Интергеоэкспо Гео-Сибирь». Материалы Международной научной конференции. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2015. – С. 68–72.

2. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Корабельщиков Д.Г., Дураченко А.В. Техногенная сейсмическая опасность в Кузбассе и ее мониторинг // Научно-практическая конференция по сейсмостойкому строительству памяти В.И. Смирнова (с международным участием). Тезисы докладов. – Москва: www.SPCEE2016.ru, 2016. – С. 292–293.

3. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Подкорытова В.Г., Дураченко А.А., Корабельщиков Д.Г., Чурашев С.А., Гончаров В.Н., Фатеев А.В. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 30–36.
4. 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.
5. 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 EarthSystem Science. – 2010. – Vol. 10, Is. 12. – P. 2611–2622.
6. 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.
7. IASPEI 1991 Seismological Tables / Kennett B.L.N. (Ed.). – Research School of Earth Sciences, Australian National University, 1991. – 167 p.
8. New manual of seismological observatory practice (NMSOP-2) / Ed. P. Bormann [2012] // Bibliothek Wissenschaftspark Albert Einstein [сайт]. – URL: <http://bib. telegrafenberg.de/publizieren/vertrieb/nmsop/>.
9. 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 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 122–124.
10. Part\_IV-2015. 04\_Altai-and-Sayan Mountains\_2015.xls // Землетрясения России в 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD-ROM.
11. Part\_V-2015. Catalogs\_explosions\_2015.xls // Землетрясения России в 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD-ROM.
12. Сведения о наиболее крупных промышленных взрывах // Землетрясения России в 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 178–191.
13. Служба срочных донесений. Оперативное сообщение о землетрясении 27 декабря 2015 г. в 18 ч 39 м 06 с по Гринвичу // Государственное учреждение «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Комитета науки Министерства науки и образования Республики Казахстан» [сайт]. – URL: <http://www.some.kz/index.php?p=card-more&oid=9&id=748&outlang=1>.
14. 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.
15. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.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 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 108–110.
16. 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.
17. Салтыков В.А., Кравченко Н.М., Пойгина С.Г., Воропаев П.В. Качественный анализ сейсмичности. Оценка уровня сейсмической активности регионов России // Землетрясения России в 2015 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 81–87.