

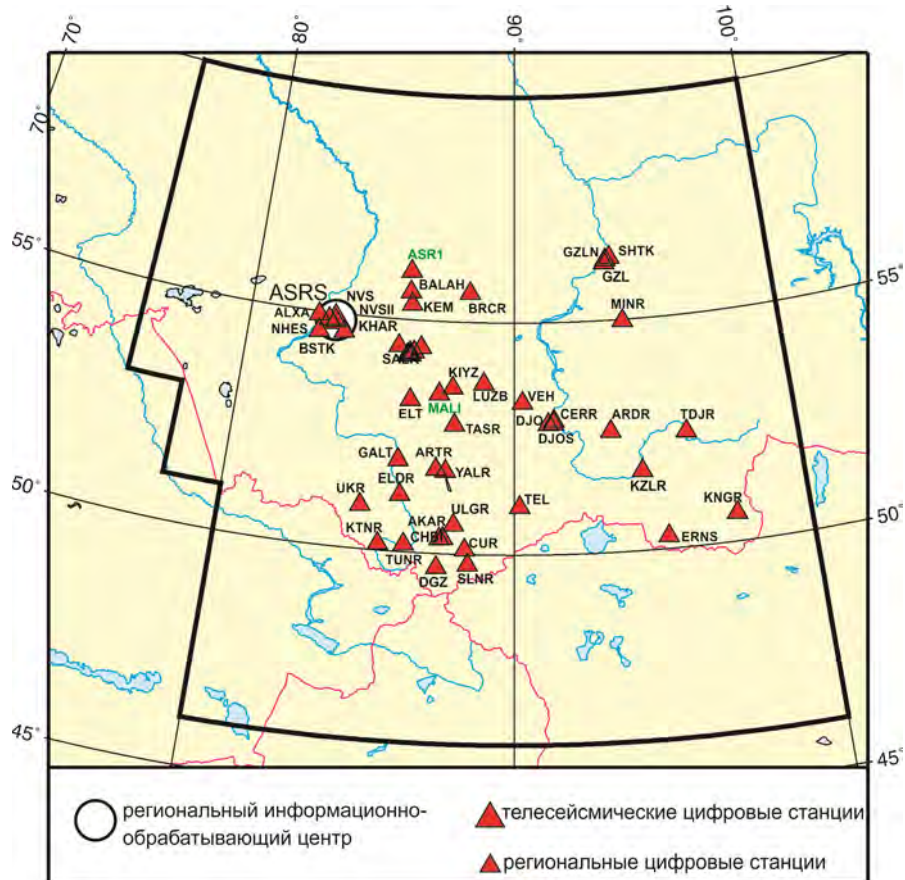
## Алтай и Саяны

*А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, Е.В. Лескова, В.Г. Подкорытова, А.А. Дураченко,  
Д.Г. Корабельщиков, С.А. Чурашев, В.Н. Гончаров, А.В. Фатеев*

Алтае-Саянский филиал ГС СО РАН, г. Новосибирск

В 2014 г. сейсмическая сеть Алтае-Саянского региона состояла из 48 станций Алтае-Саянского филиала (АСФ) ГС СО РАН. Местоположение станций показано на рис. I.13, данные о станциях представлены в табл. I.11. Кроме того, 32 временные сейсмические станции локальных сетей привлекались для более детальной обработки в отдельных областях региона – на юго-востоке Республики Горный Алтай (Алтайский сейсмологический полигон) и в эпицентральной области Бачатского землетрясения 2013 г. [1–3].

В 2014 г. началось расширение сети мониторинга техногенной и природной сейсмичности в Кузбассе с созданием десятков станций в Кузнецкой впадине, оснащенных современными сейсмографами и аппаратурой. Решение вопроса, связанного с развитием сети, ведется совместно с администрацией Кемеровской области и угледобывающими компаниями. Сейсмологическая сеть Кузбасса формируется как двухуровневая. Первый уровень нацелен на обнаружение техногенных сейсмических активизаций, решение задачи о триггерных механизмах формирования наведенной сейсмичности в окрестности шахт и карьеров (влияние взрывов, вибрации и других техногенных и природных воздействий), определение балльности в пунктах регистрации сразу после землетрясения.



**Рис. I.13. Стационарные сейсмические станции в Алтае-Саянском регионе в 2014 г.**

*Черный шрифт – международные коды сети (центра) и станций,  
зеленый шрифт – региональные коды станций*

Таблица I.11. Сведения о стационарных станциях АСФ ГС СО РАН (сеть ASRS)

№	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						
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)	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+ Байкал-8.1; 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+ Байкал-11; CMG-5Т+ Байкал-11
14	Горно-Алтайск*	GALT	GATR	27.08.2012	51.959	85.946	303		СМ-3КВ, CMG-5Т+ Байкал-8.1
15	Джазатор*	DGZ	DGZ	20.08.2003 (2013)	49.701	87.432	1606	Гранит	СКМ+Байкал-11, CMG-3ESPCDE +DM24; CMG-5Т+ Байкал-11
16	Джой*	DJO	DJO	10.01.2012 (2013)	52.782	91.218	553		CMG-5Т, CMG-6Т +CMG-DAS-U-S6
17	Джойская Сосновка*	DJOS	DJOS	03.02.2011 (2013)	52.795	91.398	569		CMG-5Т, CMG-6Т+ Байкал-8.1
18	Еланда (Эланда)	ELDR	ELDR	27.08.1980– 01.12.1993; 04.10.2002	51.217	86.090	472	Гранит	СМ-3КВ+ Байкал-11

№	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			
		между-народный							регио-нальный
19	Ельцовка*	ELT	ELT	05.07.1962 (2013)	53.261	86.239	235	Эффузивы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1; СМГ-3ЕСРСDE+ DM24
20	Железногорск*	GZL	GZL	29.08.2002	56.265	93.542	165	Осадочные породы	СМ-3КВ+ Байкал-8.1; СМГ-5Т+ Байкал-8.1
21	Железногорск-2*	GZLN	GZLN	24.12.2012	56.383	93.767	212		СМ-3КВ+ Байкал-8.1; СМГ-5Т+ Байкал-8.1
22	Железногорск-3*	SHTK	SHTK	21.12.2012	56.333	93.605	150		СМ-3КВ+ Байкал-8.1; СМГ-5Т+ Байкал-8.1
23	Кайтанак	KTNR	KTNK	18.05.2001	50.145	85.465	1031	Осадочные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11
24	Кемерово	KEM	KEM	19.05.2005	55.343	86.089	133	Осадочные породы	СМ-3КВ, СКД+ Байкал-8
25	Кийзас*	KIYZ	KIYZ	26.12.2014	53.558	87.759	247		СМГ-5Т, СМГ-6Т+ СМГ-DAS-U-S6
26	Кунгуртуг*	KNGR	KNGR	04.03.2012	50.604	97.517	1314	Коренные породы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
27	Кызыл*	KZLR	KZL	15.03.2001	51.705	94.454	603	Щебень	СМ-3КВ+ Байкал-11; СМГ-5Т+ Байкал-11
28	Лужба	LUZB	LUZB	01.12.2006	53.661	88.900	489	Осадочные породы	СМ-3КВ, СКМ+ Байкал-11
29	Малиновка*	MALIN	MALI	01.11.2010	53.421	87.276	233	Осадочные породы	СМГ-5ТDE
30	Мина*	MINR	MINR	29.07.1985 (2013)	54.978	94.127	544	Осадочные породы	СКМ+ Байкал-8.1; СМГ-5Т+ Байкал-8.1
31	Новосибирск*	NVS	NVS	10.11.1965 (2013)	54.841	83.234	168	Кварцитовая жила	СМГ-3ЕСРСД; СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
32	Новосибирск-2	NVSII	NVSII	01.01.2013	54.842	83.237	159	Коренные породы	СМГ-3ЕСРСDE
33	Новосибирская ГЭС	NHES	NHES	28.02.2012	54.855	82.985	121	Осадочные породы	СМГ-3ЕСРСД
34	Поморцево*	POMOR	POMOR	19.05.2014	54.407	86.526	215		СМГ-5Т, СМГ-6Т+ СМГ-DAS-U-S6
35	Салаир	SALR	SAL	02.03.2005	54.417	85.703	250		СМ-3КВ, СКД+ Байкал-11

№	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						
36	Солонешенская*	SLNR	SLN	18.10.2003	49.777	88.467	2057	Осадочные породы	СМ-3КВ, ОСП+ Байкал-11
37	Таштагол	TASR	TASR	01.09.1988	52.762	87.880	529	Осадочные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11
38	Годжа	TDJR	TDJR	25.07.1980–31.12.1994; 01.03.2001	52.453	96.093	1000	Коренные породы	СКМ+ Байкал-11
39	Тээли	TEL	TEL	01.10.1971	51.024	90.195	992	Эффузивы	СКМ, СКД+ Байкал-11
40	Тюнгур	TUNR	TUNR	01.10.1980–01.11.1993; 01.08.1998	50.163	86.317	864	Гранит	СКМ+ Байкал-11
41	Улаган*	ULGR	ULGR	28.07.2002	50.623	87.961	1239	Коренные породы	СМ-3КВ, СМГ-5Т+ Байкал-8.1
42	Усть-Кан	UKR	UKR	02.09.1963 (2013)	50.940	84.769	1057	Эффузивы	СКМ, СКД+ Байкал-8; СМГ-3ЕСРСДЕ
43	Харино	KHAR	KHAR	10.09.2011	54.613	83.590	130	Осадочные породы	СМГ-3ЕСРСДЕ
44	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
45	Черемушки*	CERR	CERR	05.09.1990 (2013)	52.856	91.416	390	Сланцы	СМГ-5Т, СМГ-6Т+ СМГ-DAS-U-S6
46	Чибит*	CHBI	CHB	03.10.2003	50.313	87.503	1164	Сланцы	СМ-3КВ, ОСП+ Байкал-11
47	Эрзин	ERNS	ERNS	03.06.1964	50.265	95.161	1110	Коренные породы	СМГ-3Т+ Байкал-8.1
48	Яйлю	YALR	YALR	19.07.2002	51.769	87.611	451	Коренные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11

\* – на станциях установлены приборы сильных движений.

Второй уровень ориентирован на изучение сейсмических активизаций в локальных зонах около объектов на уровне сейсмических событий малых энергий и на прогноз развития сейсмического процесса в зоне конкретного добывающего предприятия. Такая идеология построения сети ориентирована на то, что сейсмические активизации, явно угрожающие безопасности населения, сформировались только около некоторых добывающих предприятий [4].

В рамках развития сети станций в Кузбассе в 2014 г. установлены и введены в эксплуатацию семь сейсмических станций, четыре из которых («Бачатский-1», «Бачатский-2», «Бачатский-3» и «Бачатский-4») представляют собой сеть второго уровня для мониторинга сейсмичности вблизи карьеров «Шестаки» и «Бачатский», три других («Балахонка», «Кийзас» и «Поморцево») – первого уровня. Помимо этого, в 2014 г. проводились сейсмологические исследования мест установки других будущих сейсмостанций в Кузбассе.

Обработка данных, как и в 2013 г. [5], проводилась с использованием системы SeisComP3 [6, 7]. Определение энергетических характеристик и положения эпицентра рассчитывались с помощью программы LocSat [8] в рамках глобальной скоростной модели IASPEI91 [9]. Энергия событий представлена в локальных магнитудах *ML* [10].



Полный каталог сейсмических событий в регионе за 2014 г. содержит сведения о 13538 сейсмических событиях в энергетическом диапазоне  $-0.9 \leq ML \leq 5.8$ , включая землетрясения и промышленные взрывы, в том числе и данные регистрации временными сетями станций. Около 49% зарегистрированных событий являются промышленными взрывами (6626 в энергетическом диапазоне  $0.7 \leq ML \leq 4.4$ ), наиболее сильные из которых лоцируются в карьерах вблизи Абакана (угольный разрез «Черногорский»). По количеству взрывов в карьерах и шахтах в регионе доминирует Кузбасс (около 70% от всех зарегистрированных взрывов).

Всего в 2014 г. было зарегистрировано 6912 землетрясений. Распределение количества сейсмических событий в зависимости от их магнитуды и типа представлено в табл. I.12.

Таблица I.12. 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	6.0	Всего
Землетрясения	3	469	1432	642	1467	974	861	690	232	87	31	15	6	2	1	6912
Взрывы	0	0	0	1	20	197	1761	3259	1248	98	37	5	0	0	0	6626
Общее	3	469	1432	643	1487	1567	2623	3949	1481	187	68	20	7	3	1	13538

Каталог землетрясений Алтае-Саянского региона за 2014 г. [11] представлен 1562 землетрясениями и четырьмя «возможно землетрясение» с  $M=1.2-4.3$  ( $ML=2.0-5.7$ ), а также 557 промышленными взрывами и 17 «возможно взрыв» с  $M=1.6-2.9$  ( $ML=3.1-4.4$ ). На основе каталога землетрясений построена карта эпицентров землетрясений (рис. I.14). Печатные варианты каталогов содержат параметры 131 землетрясения с  $M \geq 1.8$  [12] и 42 взрывов с  $M \geq 2.3$  [13].

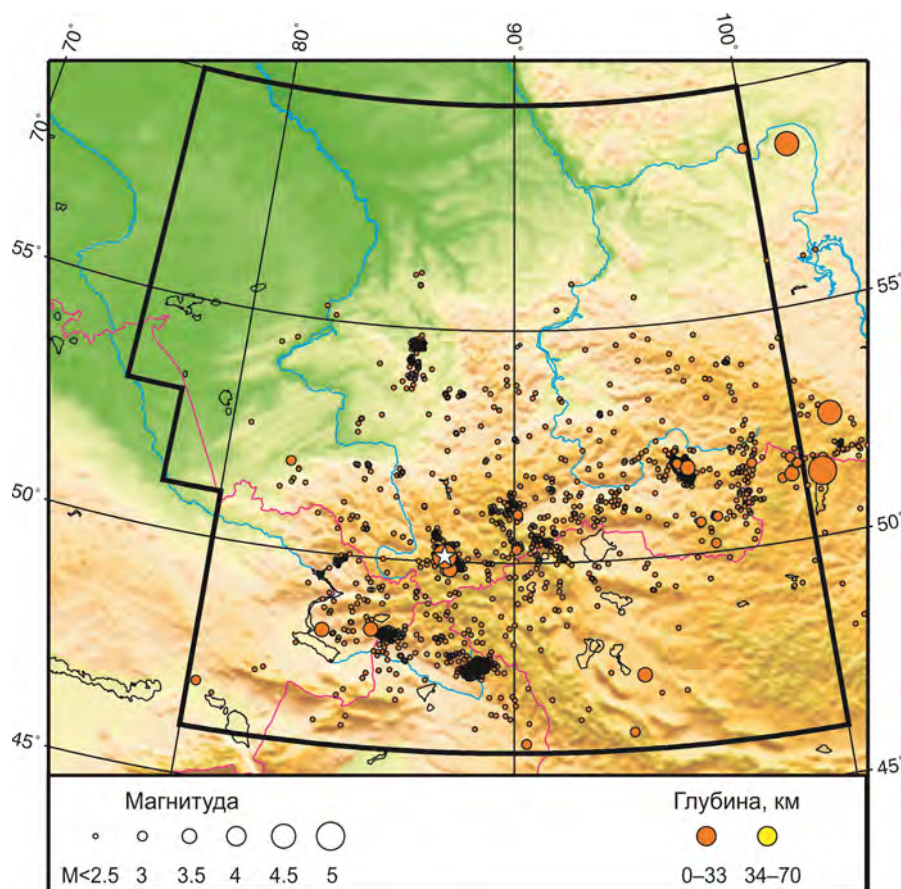


Рис. I.14. Карта эпицентров землетрясений в Алтае-Саянском регионе в 2014 г. Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

Самое сильное землетрясение с  $M=4.3$  ( $ML=5.7$ ) в регионе в 2014 г. зарегистрировано 6 апреля в 06<sup>h</sup>22<sup>m</sup> в Алтае-Саянской горной области с эпицентром в горах Северо-Чуйского хребта (Горный Алтай) (рис. I.14). Оно сопровождалось афтершоками, которые обособились в узкую зону длиной около 10 км, вытянутую в субширотном направлении. Самый сильный афтершок произошел 18 апреля в 19<sup>h</sup>00<sup>m</sup> с  $M=3.6$  ( $ML=5.1$ ).

Еще одно событие с  $M=3.6$  ( $ML=5.1$ ) также произошло в Горном Алтае в Южно-Чуйском хребте 26 июня в 21<sup>h</sup>54<sup>m</sup>.

В целом повышенная сейсмическая активность в регионе в 2014 г., как и в предыдущие годы, отмечается в горных районах: в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая, в Туве на востоке региона, в эпицентральной области Тувинских землетрясений 2011–2012 гг. и в окрестности рифтовых впадин Белино-Бусингольской зоны с наиболее сильными землетрясениями с магнитудой  $ML$  около 5 в зоне Эрзин-Агардагского разлома вблизи Терехольской впадины.

Сейсмически активной остается также эпицентральной область Бачатского землетрясения 2013 г. с  $M=5.1$  в Кузбассе [2], в которой в 2014 г. были продолжены наблюдения сетью временных станций [3]. Самое сильное землетрясение в этой области зарегистрировано 21 сентября в 03<sup>h</sup>46<sup>m</sup> с  $M=2.1$  ( $ML=3.6$ ).

Особенности сейсмичности в Алтае-Саянской области в 2014 г. проявились не только в зонах относительно крупных землетрясений, но и в пространственном распределении очагов слабых землетрясений, а именно:

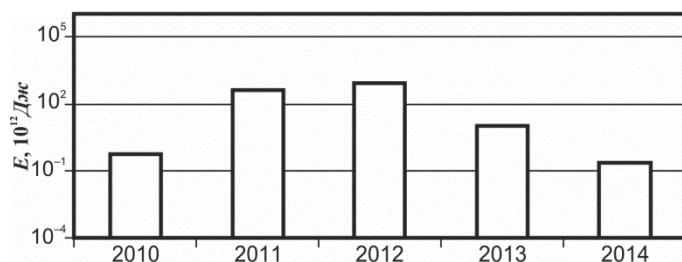
- землетрясения на севере региона, которыми отмечены стыки Томь-Колываньской складчатой области с Кузнецким Алатау (между городами Кемерово и Томском) и Салаирского кряжа (около Новосибирска) с Бийско-Барнаульской впадиной (г. Камень-на-Оби);

- значительное количество техногенных землетрясений в Кузбассе, что, вероятно, связано с расширением сети станций в этом регионе и новыми возможностями контроля за наведенной сейсмичностью;

- землетрясения в Бийско-Барнаульской впадине, энергия сильнейшего из которых соответствует локальной магнитуде 4. Это землетрясения платформенной области, что является особенностью 2014 г.;

- повышенное количество слабых землетрясений в локальной области западной части Монгольского Алтая, активной в последние годы.

На рис. I.15 показана диаграмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2010–2014 гг. (по данным [12]).



*Рис. I.15. Распределение сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2010–2014 гг.*

## Литература

1. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Фатеев А.В. Результаты детального сейсмического мониторинга. Алтайский сейсмологический полигон // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 94–98.

2. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г. Результаты детального сейсмического мониторинга. Эпицентральной области Бачатского землетрясения 18.06.2013 г. с  $M=5.1$  (Кузбасс) // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 99–101.

3. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г. Результаты детального сейсмического мониторинга. Техногенная сейсмичность разрезов Кузбасса (Бачатские землетрясения 2013–2014 гг. // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 103–108.

4. 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.

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 / Kennett B.L.N. (Ed.). – Research School of Earth Sciences, Australian National University, 1991. – 167 p.

10. *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/>.

11. *Part\_IV-2014. 04\_Altai-and-Sayan Mountains\_2014.xls* // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – Приложение на CD-ROM.

12. Лескова Е.В., Филина А.Г. (отв. сост.); Подкорытова В.Г., Подлипская Л.А., Шевкунова Е.В., Манушина О.А., Денисенко Г.А., С.С. Шевелёва, Шаталова А.О., Еманов А.А., Курякова А.В., Ваганова Г.А., Жданова Л.А., Байзигитова Е.А., Третьюхина Е.И. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 115–117.

13. *Part\_V-2014. Catalogs\_explosions\_2014.xls* // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – Приложение на CD-ROM.