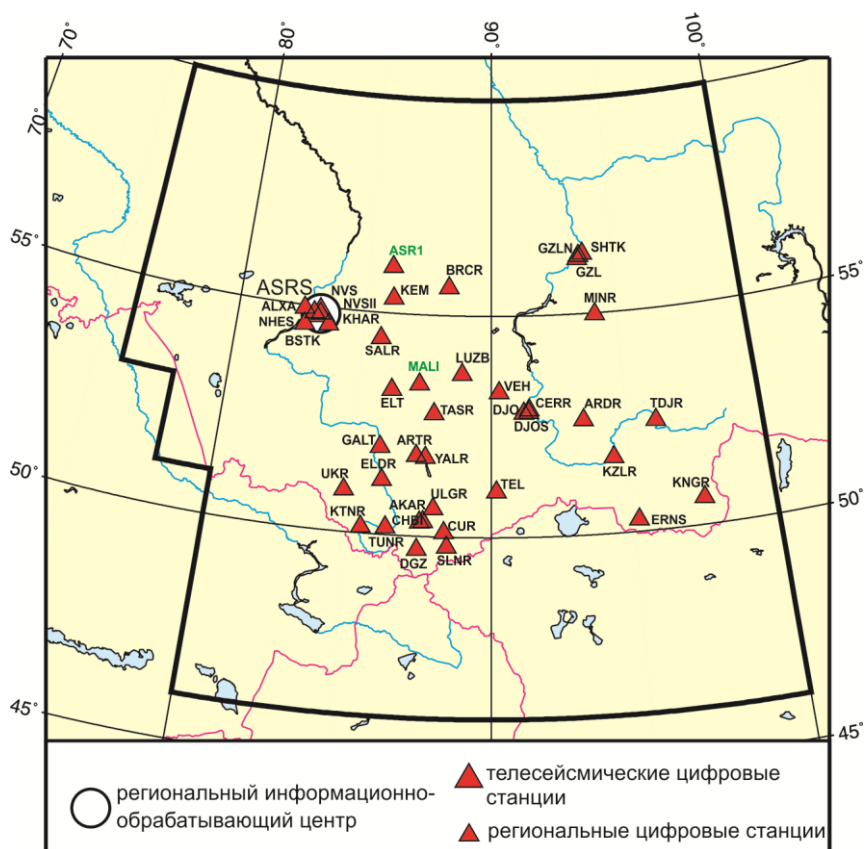


## I.5. Алтай и Саяны

*А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, Е.В. Лескова,  
В.Г. Подкорытова, А.А. Дураченко, Д.Г. Кор-  
бельщиков, С.А. Чурашев, В.Н. Гончаров*

Сейсмическая сеть Алтайе-Саянского региона состояла из 41 станции Алтайе-Саянского филиала (АСФ) ГС СО РАН. Местоположение станций показано на рис. I.13, данные о станциях представлены в табл. I.10. Кроме того, 61 временная сейсмическая станция локальных сетей и групп (раздел III.2) привлекалась для регистрации событий и более детальной обработки в отдельных областях региона (традиционно – в эпицентральной области Чуйского землетрясения 2003 г. на юго-востоке Республики Горный Алтай, а также в Кузбассе, Республике Хакасия, Республике Тыва и Красноярском крае).

В 2013 г. две станции, находящиеся в Новосибирской области, ранее временные, были включены в стационарную сеть – «Новосибирск-2» и «Харино». Продолжилось техническое переоснащение сети с переходом на широкополосную аппаратуру. На пяти станциях были установлены велосиметры CMG-3ESPCD(E) («Берчикуль», «Джазатор», «Ельцовка», «Усть-Кан» и «Чаган-Узун»); на трех – CMG-6T («Джой», «Джойская Сосновка» и «Черемушки»). Сеть станций сильных движений в регионе в 2013 г. была существенно усилена десятью акселерометрами CMG-5T(C), установленными на станциях «Берчикуль», «Верх-База», «Джазатор», «Джой», «Джойская Сосновка», «Ельцовка», «Мина», «Новосибирск», «Чаган-Узун» и «Черемушки» (см. табл. I.3 и I.10).



**Рис. I.13. Стационарные сейсмические станции в Алтайе-Саянском регионе в 2013 г.**

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

Таблица I.10. 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	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	СМ-3КВ, CMG-5ТС+ Байкал-8.1
5	Артыбаш	ARTR	ART	26.07.1980	51.798	87.281	511	Коренные породы	CMG-3ESPCDE
6	Берчикуль*	BRCR	BRCR	23.09.1999 (2013)	55.635	88.299	381	Сланцы	СМ-3КВ, CMG-5Т+ Байкал-11, Байкал-8.1; CMG-3ESPCDE
7	Быстровка-2	BSTK	BST	10.04.2002	54.568	82.653	121	Осадочные породы	CMG-3ESPCD
8	Верх-База*	VEN	VEN	05.03.1967 (2013)	53.255	90.299	550	Гранит	СКМ, СКД+ Байкал-11; СКМ, CMG-5ТС+ Байкал-11
9	Горно-Алтайск*	GALT	GATR	27.08.2012	51.959	85.946	303		СМ-3КВ, CMG-5Т+ Байкал-11
10	Джазатор*	DGZ	DGZ	20.08.2003 (2013)	49.701	87.432	1606	Гранит	СКМ, CMG-5Т+ Байкал-11; CMG-3ESPCDE
11	Джой*	DJO	DJO	10.01.2012 (2013)	52.782	91.218	553		СМ-3КВ+ Байкал-11; CMG-6Т, CMG-5ТС+ CMG-DM24S6E
12	Джойская Сосновка*	DJOS	DJOS	03.02.2011 (2013)	52.795	91.398	569		СМ-3КВ+ Байкал-11; CMG-6Т, CMG-5ТС+ Байкал-8.1
13	Еланда (Эланда)	ELDR	ELDR	27.08.1980– 01.12.1993; 04.10.2002	51.217	86.090	472	Гранит	СМ-3КВ+ Байкал-11
14	Ельцовка*	ELT	ELT	05.07.1962 (2013)	53.261	86.239	235	Эффузивы	СМ-3КВ, CMG-5ТС+ Байкал-11, Байкал-8.1; CMG-3ESPCDE
15	Железногорск*	GZL	GZL	29.08.2002	56.265	93.542	165	Осадочные породы	СМ-3КВ, CMG-5ТС+ 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						
16	Железногорск-2*	GZLN	GZLN	24.12.2012	56.383	93.767	212		СМ-3КВ, СМГ-5ТС+ Байкал-8.1
17	Железногорск-3*	SHTK	SHTK	21.12.2012	56.333	93.605	150		СМ-3КВ, СМГ-5ТС+ Байкал-8.1
18	Кайтанак	KTNR	KTNK	18.05.2001	50.145	85.465	1031	Осадочные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11
19	Кемерово	KEM	KEM	19.05.2005	55.343	86.089	133	Осадочные породы	СМ-3КВ, СКД+ Байкал-8
20	Кунгуртуг	KNGR	KNGR	04.03.2012	50.604	97.517	1314	Коренные породы	СМГ-6TD
21	Кызыл*	KZLR	KZL	15.03.2001	51.705	94.453	654	Щебень	СМ-3КВ, СМГ-5ТС+ Байкал-11
22	Лужба	LUZB	LUZB	01.12.2006	53.661	88.900	489	Осадочные породы	СМ-3КВ, СКМ+ Байкал-11
23	Малиновка*	–	MALI	01.11.2010	53.421	87.276	233	Осадки	СМГ-5TDE
24	Мина*	MINR	MINR	29.07.1985 (2013)	54.978	94.127	544	Осадочные породы	СКМ, СМГ-5ТС+ Байкал-11, Байкал-8.1
25	Новосибирск*	NVS	NVS	10.11.1965 (2013)	54.841	83.234	168	Кварцитовая жила	СМ-3КВ, СКД+ Байкал-11; СМГ-3ЕСРСДЕ; СМГ-5ТС+ Байкал-8.1
26	Новосибирск-2	NVSII	NVSII	01.01.2013	54.842	83.237	159	Коренные породы	СМГ-3ЕСРСДЕ
27	Новосибирская ГЭС	NHES	NHES	28.02.2012	54.855	82.985	121	Осадочные породы	СМГ-3ЕСРСД
28	Салаир	SALR	SAL	02.03.2005	54.417	85.703	250		СМ-3КВ, СКД+ Байкал-11
29	Солонешенская*	SLNR	SLN	18.10.2003	49.777	88.467	2057	Осадочные породы	СМ-3КВ, ОСП+ Байкал-11
30	Таштагол	TASR	TASR	01.09.1988	52.762	87.880	529	Осадочные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11
31	Тоджа	TDJR	TDJR	25.07.1980–31.12.1994; 01.03.2001	52.453	96.093	1000	Коренные породы	СКМ+ Байкал-11
32	Тээли	TEL	TEL	01.10.1971	51.024	90.195	992	Эффузивы	СКМ, СКД+ Байкал-11
33	Тюнгур	TUNR	TUNR	01.10.1980–01.11.1993; 01.08.1998	50.163	86.317	864	Гранит	СКМ+ Байкал-11
34	Улаган	ULGR	ULGR	28.07.2002	50.623	87.961	1239	Коренные породы	СМ-3КВ+ Байкал-11
35	Усть-Кан	UKR	UKR	02.09.1963 (2013)	50.940	84.769	1057	Эффузивы	СКМ, СКД+ Байкал-8.1; СМГ-3ЕСРСДЕ

№	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	Харино	KNAR	KNAR	10.09.2011	54.613	83.590	130	Осадочные породы	CMG-3ESPCDE
37	Чаган-Узун*	CUR	CUR	19.12.1963–31.05.1985; 13.02.2002 (2013)	50.101	88.358	1740	Коренные породы	CM-3KB, CMG-5T+ Байкал-11; CMG-3ESPCD
38	Черёмушки*	CERR	CERR	05.09.1990 (2013)	52.856	91.416	390	Сланцы	CM-3KB+ Байкал-11; CMG-6T, CMG-5TC+ CMG-DM24S6E
39	Чибит*	CHBI	CHB	03.10.2003	50.313	87.503	1164	Сланцы	CM-3KB, ОСП+ Байкал-11
40	Эрзин	ERNS	ERNS	03.06.1964	50.265	95.161	1110	Коренные породы	CMG-3T+ PS6-24
41	Яйлю	YALR	YALR	19.07.2002	51.769	87.611	451	Коренные породы	CM-3KB+ Байкал-11

\* – на станциях установлены приборы сильных движений.

Обработка данных проводилась с использованием системы seiscomp3 [Weber et al., 2007; Hanka et al., 2010]. Определение энергетических характеристик и положения эпицентра рассчитывались с помощью программы LocSat [Bratt, Bache, 1988] в рамках глобальной скоростной модели IASPEI91 [IASPEI..., 1991]. Энергия событий представлена в локальных магнитудах  $ML$  [New manual..., 2012].

Полный каталог сейсмических событий Алтае-Саянского региона в 2013 г. содержит сведения о 12933 событиях в энергетическом диапазоне  $-0.5 \leq ML \leq 6.1$ , включая землетрясения и промышленные взрывы, в т.ч. и данные регистрации временными сетями станций. Более 50% зарегистрированных событий являются промышленными взрывами (6889 – в энергетическом диапазоне  $0.4 \leq ML \leq 4.3$ ), наиболее сильные из которых лоцируются в карьерах вблизи Абакана. Традиционно по количеству взрывов в карьерах и шахтах в регионе доминирует Кузбасс. Всего в 2013 г. было зарегистрировано 6044 землетрясений (табл. I.11).

**Таблица I.11. Распределение количества сейсмических событий по типу и магнитуде**

$ML$	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0	-0.5
Землетрясения	4	2	5	25	44	125	285	812	1070	1258	1599	674	121	20
Взрывы	0	0	0	2	31	73	777	3098	2556	309	29	14	0	0
Общее	4	2	5	27	75	198	1062	3910	3626	1567	1628	688	121	20

Каталог землетрясений Алтае-Саянского региона за 2013 г. (раздел IV на CD-ROM) представлен 1088 землетрясениями (в т.ч. 10 «возможно землетрясение») с предельной магнитудой  $M \geq 1.7$  ( $ML \geq 2.4$ ), 105 промышленными взрывами и двумя «возможно взрыв» с  $M=2.3-3.9$  ( $ML=2.9-4.3$ ). На основе каталога землетрясений построена карта эпицентров (рис. I.14). В печатном варианте каталога (раздел IV.4) опубликованы параметры 383 землетрясений с  $M \geq 2.3$  ( $ML \geq 2.9$ ).

В 2013 г. в регионе зарегистрировано четыре землетрясения с  $M=4.5-5.1$  ( $ML=5.7-6.1$ ), для них в разделе VI помещены решения механизмов очагов.

Самое сильное землетрясение на территории Алтае-Саянского региона, вызвавшее разрушения и большой общественный резонанс, произошло 18 июня в 23<sup>h</sup>02<sup>m</sup> (19 июня 06<sup>h</sup>02<sup>m</sup> местного времени) с  $M=5.1$  ( $ML=6.1$ ) на северо-востоке Кузбасса. Эпицентр события приурочен к борту одного из крупнейших угольных разрезов Кузбасса – «Бачатскому», от которого землетрясение и получило свое название – «Бачатское». По результатам макросейсмического обследования территории в ближайших к эпицентру поселках сотрясаемость достигла 7 баллов, были разрушены здания в поселках Бачатский и Старобачаты. В 6- и 5-балльную зону попали некоторые города и крупные поселки Кузбасса (Ленинск-Кузнецкий, Белово, Полысаево, Гурьевск и др.). Землетрясение ощущалось и за пределами Кемеровской области: Новосибирск – 4 балла, Залесово – 3 балла, Барнаул – 2 балла (полные макросейсмические данные представлены в разделе IV.4).

Временная сеть из десяти сейсмостанций, установленная в первый же день после главного события в окрестности разреза «Бачатский», позволила зарегистрировать мощный афтершоковый процесс. Наиболее сильные афтершоки имели магнитуду  $M=3.6$  ( $ML=4.0$ ). Результаты исследования эпицентральной зоны данного события представлены в разделе III.2.1.

Другое сильное событие с  $M=5.1$  ( $ML=6.0$ ) произошло 24 января в 07<sup>h</sup>35<sup>m</sup>. Его эпицентр располагался юго-западнее области, охваченной афтершоками Чуйского землетрясения, – в горах Южно-Чуйского хребта. Многочисленные афтершоки обособились в узкую зону длиной около 20 км, вытянутую в направлении северо-запад–юго-восток. Тип механизма очага – взброс с субширотным простиранием нодальных плоскостей, т.е. не совпадающих с основным простиранием области афтершоковой последовательности.

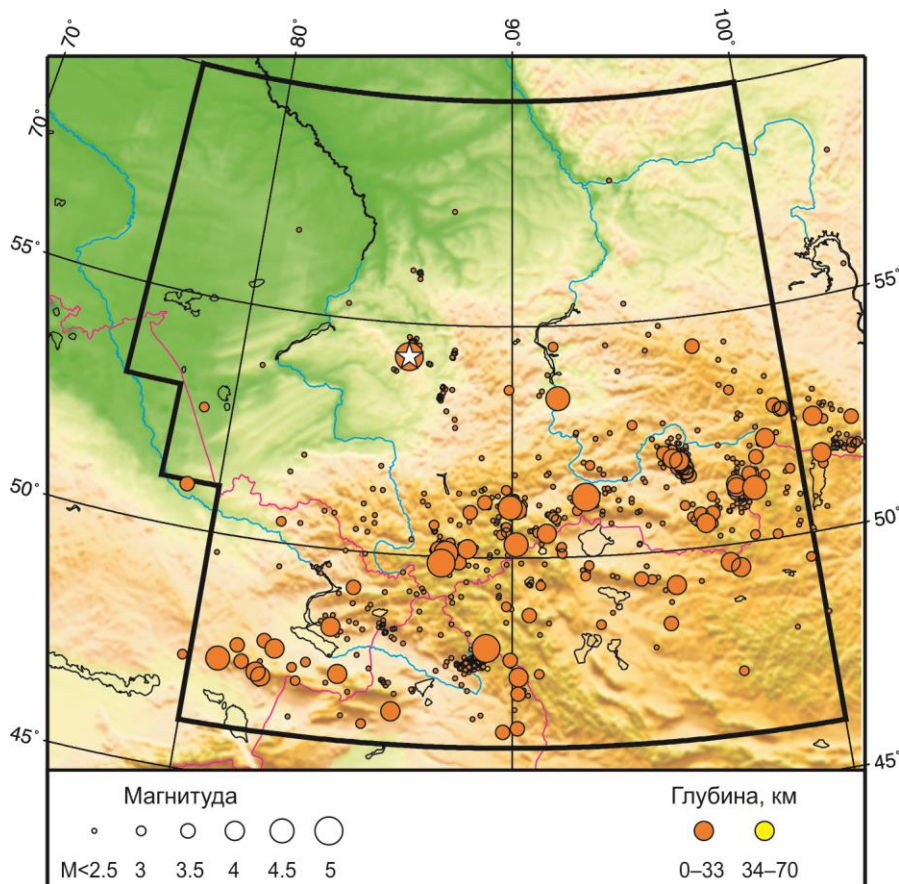


Рис. I.14. Карта эпицентров землетрясений в Алтае-Саянском регионе в 2013 г.  
Звездочкой показано самое сильное землетрясение в регионе

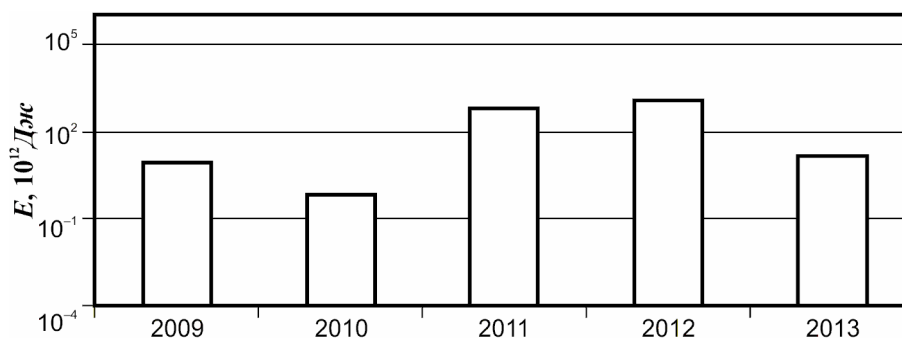
Также в Чуйско-Курайской зоне в 2013 г. все еще оставалась сейсмически активной область Айгулакского хребта, где 30 июля 2012 г. произошло сильное землетрясение с  $M=4.6$  [Еманов А.А. и др., 2013], и сама эпицентральная область Чуйского землетрясения 2003 года. Наиболее сильное событие в Айгулакском хребте в 2013 г. имело магнитуду  $M=3.3$  ( $ML=3.8$ ).

Таким образом, установлено, что, спустя десять лет после сильного землетрясения в Чуйско-Курайской зоне Горного Алтая, все еще регистрируется мощная сейсмическая активизация и наблюдается тенденция распространения сейсмического процесса в смежные с эпицентальной зоной Чуйского землетрясения 2003 г. области – в глубь Южно-Чуйского и Айгулакского хребтов (подробнее см. раздел III.2.2).

Неординарное для региона сейсмическое событие с  $M=4.5$  ( $ML=5.7$ ) произошло 21 декабря в 17<sup>h</sup>51<sup>m</sup> в 35 км южнее Абакана (Республика Хакасия), которое с интенсивностью сотрясений 6 баллов ощущалось на территории Республики Хакасия, Республики Тыва и Красноярского края (см. также раздел III.1.3). За всю предыдущую историю инструментальных сейсмологических наблюдений в регионе (с 1963 г.) землетрясений такой силы в Хакасии зарегистрировано не было. Несмотря на большую энергию сейсмического события, стационарной региональной сетью было зарегистрировано всего два афтершока: спустя три минуты (21 декабря в 17<sup>h</sup>54<sup>m</sup> с  $M=3.6$  ( $ML=4.0$ )) и через пять часов (21 декабря в 23<sup>h</sup>04<sup>m</sup> с  $M=2.3$  ( $ML=2.9$ )).

Еще два относительно сильных землетрясения зарегистрированы 30 апреля в 01<sup>h</sup>03<sup>m</sup> с  $M=4.8$  ( $ML=5.9$ ) в восточных отрогах хребта Западный Танну-Ола (Республика Тыва) и 1 февраля в 06<sup>h</sup>32<sup>m</sup> с  $M=4.6$  ( $ML=5.0$ ) в Восточном Казахстане.

На рис. I.15 показана гистограмма суммарной сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2009–2013 гг. (по данным регионального каталога Алтае-Саянского филиала ГС СО РАН). В целом сейсмическая активность Алтае-Саянского региона в 2013 г. не превысила показатели 2011 и 2012 гг. [Еманов А.Ф. и др., 2013, 2014].



**Рис. I.15. Распределение сейсмической энергии, выделившейся в Алтае-Саянском регионе в 2009–2013 гг.**