

АЛТАЙ И САЯНЫ**А.Ф. Еманов, Е.В. Лескова, А.Г. Филина, А.А. Еманов, А.В. Фатеев,****В.Г. Подкорытова, О.А. Манушина, А.В. Рубцова***Алтае-Саянский филиал ГС СО РАН, г. Новосибирск,
emanov@gs.nsc.ru, filina@gs.nsc.ru*

В 2005 г. сейсмическую сеть региона составляли 32 цифровые станции (рис. 1), данные о которых приведены в табл. 1, 2. Три из них были открыты в 2005 г.: «Салаир-SAL – со 2 марта, «Кемерово»- КЕМ – с 19 мая, «Джойская Сосновка»-DSN – с 23 октября. Они обеспечили развитие сети в районе Кузбасса и на водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС (Западный Саян).

Таблица 1. Сейсмические станции Алтае-Саянского региона, работавшие в 2005 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Тип АЦП
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h, м	
		межд.	рег.					
1	Акташ	AKAR	АКТ	01.02.2001	50.325	87.621	1421	Байкал-11
2	Анжеро-Судженск***	ASR		2003	56.102	86.022	200	Байкал-11
3	Арадан	ARDR	АРД	00.12.2002	52.580	93.428	958	Байкал-11
4	Артыбаш	ART ARTR*	АРТ	01.07.2000	51.798	87.281	511	Байкал-11
5	Берчикуль	BRCR	БРЧ	01.09.1998	55.635	88.299	381	Байкал-11
6	Быстровка	BST	БСТ	1999	54.568	82.653	121	Байкал-11
7	Верх-База	VEN	В-Б	01.04.2001	53.255	90.299	550	Байкал-11
8	Джазатор	DGZ		20.08.2003	49.700	87.432	1606	Байкал-11
9	Джойская Сосновка	DSN		23.10.2005	52.794	91.397	572	Байкал-11
10	Еланда	ELDR	ЕЛД	04.10.2002	51.217	86.089	472	Байкал-11
11	Ельцовка	ELT	ЕЛЬ	15.09.2001	53.261	86.239	235	Байкал-11
12	Железногорск***	GZL		2003	56.265	93.542	165	Байкал-11
13	Кайтанак	KTNK KTNR*	КТН	18.05.2001	50.145	85.465	1031	Байкал-11
14	Кемерово	KEM		19.05.2005	55.343	86.089	122	Байкал-11
15	Кызыл	KZL KZLR*	КЗЛ	15.03.2001	51.705	94.453	654	Байкал-11
16	Мина	MINR	МИН	01.12.2001	54.977	94.127	544	Байкал-11
17	Новосибирск	NVS	НСК	01.05.1999	54.841	83.234	168	Байкал-11
18	Салаир	SAL		02.03.2005	54.417	85.703	250	Байкал-11
19	Солонешенская	SLN		18.10.2003	49.777	88.467	2057	Байкал-11
20	Ташанта	THT		24.08.2003	49.715	89.197	2130	Байкал-11
21	Таштагол	TASR	ТШТ	01.12.1999	52.762	87.880	553	Байкал-11
22	Тоджа	TDJR	ТДЖ	01.03.2001	52.453	96.093	1000	Байкал-11
23	Тээли	TEL	ТЭЛ	15.03.2001	51.024	90.195	992	Байкал-11
24	Тюнгур	TUNR	ТНГ	01.08.1998	50.163	86.317	864	Байкал-11
25	Улаган	ULGR	УЛГ	28.07.2002	50.623	87.961	1239	Байкал-11
26	Усть-Кан	UKR	У-К	01.02.2001	50.940	84.769	1057	Байкал-11
27	Чаган-Узун, восстановлена	CUR	Ч-У	13.02.2002 13.08.2003	50.101	88.358	1740	Байкал-11

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Тип АЦП
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h, м	
		межд.	рег.					
28	Черемушки	CERR	ЧЕР	01.12.2000	52.856	91.415	400	Байкал-10
29	Чибит	CHB		03.10.2003	50.313	87.503	1164	Байкал-11
30	Эрзин	ERNS	ЭРЗ	00.12.2001	50.265	95.161	1100	Байкал-11
31	Яйлю	YALR	ЯЙЛ	19.07.2002	51.769	87.611	451	Байкал-11
32	Ростелеком***	RTK**		2003	60.966	69.027	40	Байкал-11

Примечание. Знаком * отмечены коды, используемые в бюллетенях ISC [1]; знаком ** отмечен код станции «Ростелеком», параметры которой не переопределялись; знаком *** отмечены станции, используемые с 2004 г. в статусе стационарных.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций Алтая и Саян в 2005 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²)
Акташ	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.0·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	2.0·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	1.2·10 ⁹
	Байкал-11+ОСП	SH (N) a	0.5–20	100	24	2.3·10 ⁵
		SH (E) a	0.5–20	100	24	2.4·10 ⁵
		SH (Z) a	0.5–20	100	24	2.2·10 ⁵
Анжеро-Судженск	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.6–20	100	24	5.9·10 ⁶
Арадан	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–20	100	24	2.7·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	2.6·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	2.6·10 ⁹
Артыбаш	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–20	100	24	2.3·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	1.2·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	1.1·10 ⁹
Берчикуль	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N, E) v	0.5–40	100	24	1.0·10 ¹⁰
SH (Z) v		0.5–40	100	24	8.3·10 ⁹	
Быстровка	Байкал-11+СКМ-3	SH (N, E, Z) v	0.5–40	200	24	1.3·10 ⁹
Верх-База	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.6·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	1.7·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	1.1·10 ⁹
	Байкал-11+СКД	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.0·10 ⁹
		SH (E, Z) v	0.5–20	100	24	8.3·10 ⁷
Джазатор	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–40	100	24	2.6·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–40	100	24	2.8·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–40	100	24	2.4·10 ⁹
		SH (N) v	0.5–40	100	24	2.4·10 ⁸
		SH (E) v	0.5–40	100	24	2.6·10 ⁸
		SH (Z) v	0.5–40	100	24	2.3·10 ⁸
Джойская Сосновка	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N, E) v	0.7–20	100	24	3.6·10 ⁷
		SH (Z) v	0.7–20	100	24	3.2·10 ⁷
Еланда	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.5–20	100	24	5.3·10 ⁹
Ельцовка	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.13·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	1.11·10 ⁹
		SH (Z)	0.5–20	100	24	1.3·10 ⁹

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²)
Железногорск	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.7–20	100	24	1.0·10 ⁵
Кайтанак	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–20	100	24	3.1·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	3.3·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	3.2·10 ⁹
Кемерово	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–20	100	24	3.6·10 ⁶
		SH (E) v	0.5–20	100	24	3.1·10 ⁶
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	4.2·10 ⁶
Кызыл	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–14	100	24	1.8·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–14	100	24	1.7·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–14	100	24	1.8·10 ⁹
Мина	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–20	100	24	2.4·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	1.4·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	2.2·10 ⁹
Новосибирск	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–20	100	24	2.1·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	3.8·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	3.7·10 ⁹
	Байкал-11+СКД	SH (N, Z) v	0.1–20	100	24	1.6·10 ⁶
		SH (E) v	0.1–20	100	24	1.4·10 ⁶
	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–50	100	24	9.1·10 ⁷
SH (E, Z) v		0.5–50	100	24	1.0·10 ⁸	
Салаир	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.5–20	100	24	7.7·10 ⁶
Солошенская	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N, E) v	0.5–20	200	24	4.5·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	200	24	4.8·10 ⁹
	Байкал-11+ОСП	SH (N) a	0.5–20	100	24	3.6·10 ⁵
		SH (E) a	0.5–20	100	24	3.8·10 ⁵
		SH (Z) a	0.5–20	100	24	3.7·10 ⁵
Ташанта	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–7	100	24	3.0·10 ⁹
		SH (E, Z) v	0.5–7	100	24	3.3·10 ⁹
	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–7	100	24	2.00·10 ⁷
		SH (E) v	0.5–7	100	24	2.22·10 ⁷
		SH (Z) v	0.5–7	100	24	2.17·10 ⁷
Таштагол	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–7	100	24	4.3·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–7	100	24	4.8·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–7	100	24	3.0·10 ⁹
	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–7	100	16	1.04·10 ⁸
		SH (E) v	0.5–7	100	16	1.00·10 ⁸
		SH (Z) v	0.5–7	100	16	1.10·10 ⁸
Тоджа	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E) v	0.5–20	100	24	5.5·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	5.3·10 ⁹
Тээли	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.6·10 ⁹
		SH (E, Z) v	0.5–20	100	24	1.5·10 ⁹
	Байкал-11+СКД	SH (N) v	0.5–10	100	24	8.3·10 ⁷
		SH (E) v	0.5–10	100	24	7.1·10 ⁷
		SH (Z) v	0.5–10	100	24	6.7·10 ⁷
Тюнгур	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.7·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	2.4·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	1.3·10 ⁹

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²)
Улаган	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–20	100	24	3.7·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	3.6·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	4.0·10 ⁹
	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.7·10 ⁷
		SH (E) v	0.5–20	100	24	1.6·10 ⁷
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	1.8·10 ⁷
Усть-Кан	Байкал-11+СКМ-3	SH (N) v	0.5–6	100	24	2.9·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–6	100	24	3.2·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–6	100	24	2.8·10 ⁹
	Байкал-11+СКД	SH (N) v	0.5–6	100	24	1.64·10 ⁷
		SH (E, Z) v	0.5–6	100	24	1.61·10 ⁷
Чаган-Узун	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.33·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	1.4·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	1.29·10 ⁹
	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–20	100	24	2.3·10 ⁵
		SH (E) v	0.5–20	100	24	1.7·10 ⁵
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	1.6·10 ⁵
Черемушки	Байкал-10+СМ-3-КВ	SH (N) v	1.2–14	100	16	8.3·10 ⁸
		SH (E) v	1.2–14	100	16	6.7·10 ⁸
		SH (Z) v	1.2–14	100	16	7.1·10 ⁸
Чибит	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.1–33	100	24	4.3·10 ⁹
		SH (E) v	0.1–33	100	24	4.8·10 ⁹
		SH (Z) v	0.1–33	100	24	4.5·10 ⁹
Эрзин	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.5–20	100	24	1.5·10 ⁹
		SH (E) v	0.5–20	100	24	1.7·10 ⁹
		SH (Z) v	0.5–20	100	24	1.3·10 ⁹
Яйлю	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH(N) v	0.5–14	100	24	1.31·10 ¹⁰
		SH(E) v	0.5–14	100	24	1.69·10 ¹⁰
		SH(Z) v	0.5–14	100	24	1.33·10 ¹⁰
Ростелеком	Байкал-11+СМ-3-КВ	SH (N) v	0.4–20	100	20	
		SH (E) v	0.4–20	100	20	
		SH (Z) v	0.4–20	100	20	

Примечание. Символами «v» и «a» обозначены велосиграф и акселерограф соответственно.

На рис. 1 нанесены сейсмические станции, их коды, а также изолинии карты энергетической представительности землетрясений K_{\min} в Алтае-Саянском регионе, рассчитанные по данной сети. Из сравнения рис. 1 с таковым в 2004 г. [2] видно, что в 2005 г. практически для всего региона стали представительны землетрясения, начиная с $K_{\min}=6$, а в центральной части, разбегенные ранее участки с $K_{\min}=5$, объединены теперь в единую зону. В частности, впервые слабые землетрясения с $K_p=5$ не могут быть пропущены для всего Салаирского кряжа, для большей части Кузнецкой впадины. Снижился также уровень энергии представительных землетрясений на территории Западного Саяна. На рис. 2 даны изолинии погрешности локализации эпицентров землетрясений с $K_p=9$. Сопоставляя ее с аналогичной картой из [2], можно констатировать уменьшение ошибок локализации эпицентров землетрясений, особенно в центральной части Алтае-Саянской горной области благодаря увеличению числа сейсмических станций. В частности, значительно увеличилась площадь, в пределах которой ошибка $\delta \leq 3$ км. Возросли также площади внутри изолиний с $\delta=4, 5$ и 10 км.

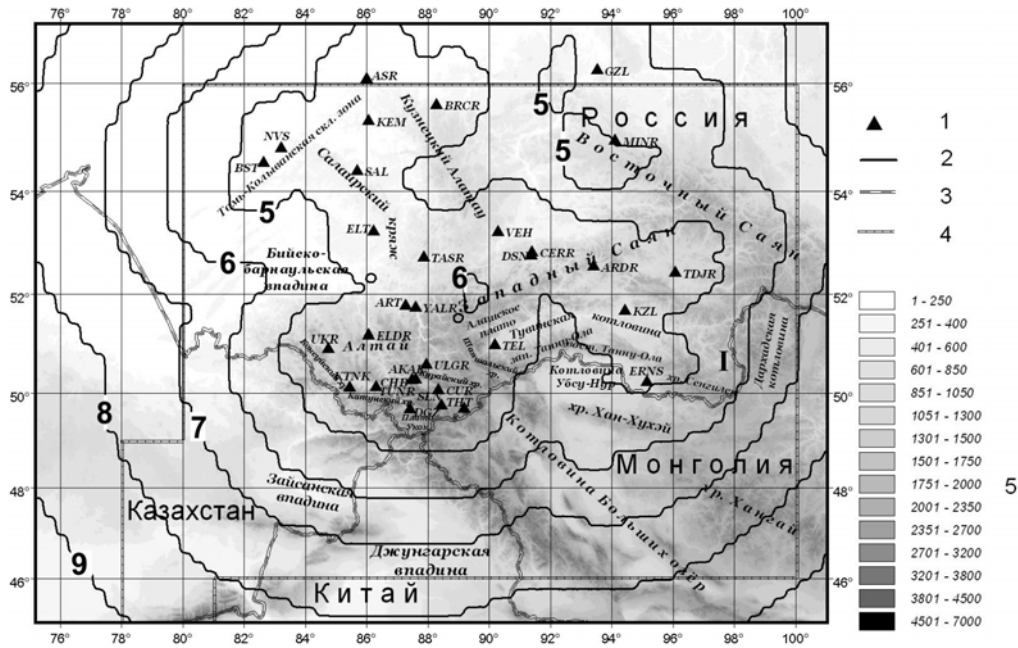


Рис. 1. Карта энергетической представительности K_{min} землетрясений Алтае-Саянского региона в 2005 г. 1 – сейсмическая станция; 2 – изолиния K_{min} ; 3 – государственная граница; 4 – граница ответственности АСОМСЭ; 5 – высоты рельефа h_y , м; римской цифрой I отмечена Бусингольская впадина.



Рис. 2. Карта погрешности локации эпицентров землетрясений с $K_p=9$ в 2005 г.

1 – сейсмическая станция АСОМСЭ; 2 – изолиния погрешности δ , км; 3 – государственная граница; 4 – граница ответственности АСОМСЭ; 5 – высоты рельефа; римской цифрой I отмечена Бусингольская впадина.

Следует отметить, однако, некую особенность техники расчета погрешности в локации землетрясений с использованием всей сети. В этом случае численные значения погрешности для территории Алтайского сейсмологического полигона, где сеть станций наиболее густая, оказываются завышенными, т.к. при большом числе близких станций привлечение к определению координат эпицентров землетрясений дальних станций только увеличивает разброс и, следовательно, ухудшает результат. Вариант расчета без дальних станций приведен на рис. 3. Как видим, ошибка δ локации эпицентров землетрясений в афтершоковой области Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. с $MS=7.3$ [3, 4] составляет $\delta=2$ км.

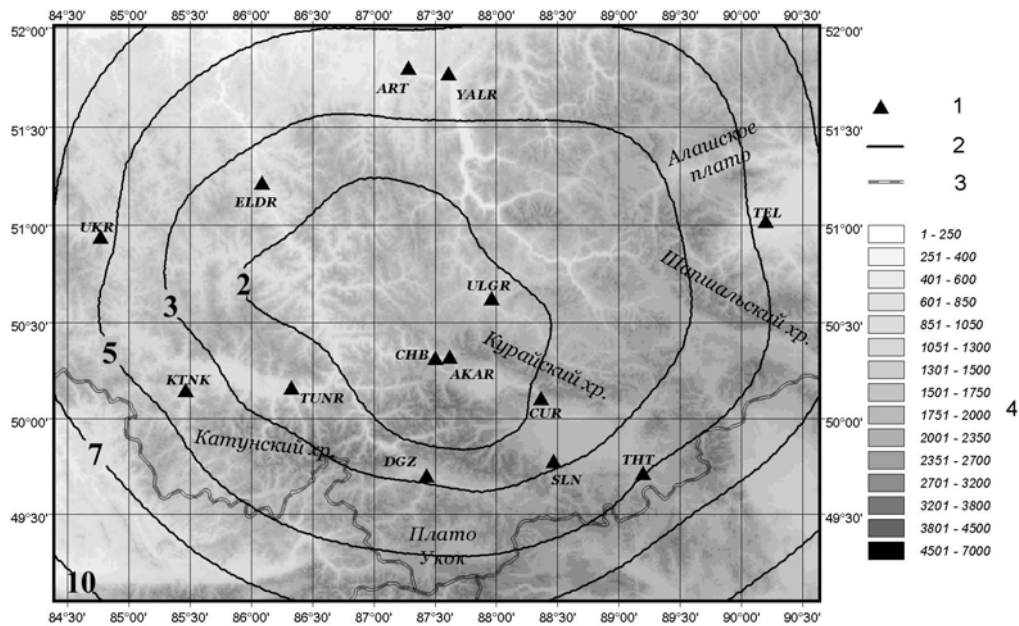


Рис. 3. Изолинии погрешности δ , км в локациях землетрясений с $K_p=9$ в пределах Алтайского сейсмологического полигона в 2005 г.

1 – сейсмическая станция АСОМСЭ; 2 – изолиния погрешности δ , км; 3 – государственная граница; 4 – высоты рельефа.

В 2005 г. дважды были выставлены временные локальные сети [5]:

1) в июне локальная сеть, состоящая из 20 станций, разворачивалась в зоне афтершоков Чуйского землетрясения (табл. 3, рис. 4);

2) в октябре локальная сеть, состоящая из 30 пунктов наблюдений, была выставлена в Монгольском Алтае (табл. 3).

Таблица 3. Сведения о сейсмических станциях временных локальных сетей Алтае-Саянского филиала ГС СО РАН в 2005 г.

№ и код станции	Координаты		h_y , м	Период работы		№ и код станции	Координаты		h_y , м	Период работы	
	φ° , N	λ° , E					φ° , N	λ° , E			
1. /28 BLT	49.972	88.160	1951	июнь	октябрь	5. BAGA	48.611	89.543	2322		октябрь
2. /29 OTL	50.034	88.495	1761	июнь	октябрь	6. BDZU	48.674	88.674	2197		октябрь
3. /30 PASP	50.839	87.886	1469	июнь	октябрь	7. BILU	49.104	89.450	1863		октябрь
4. ATRT	50.156	87.826	1704	июнь		8. BORUS	48.806	88.967	1979		октябрь
5. CYUY	50.245	87.799	1643	июнь		9. CAGAN	48.969	88.946	2064		октябрь
6. DJAN	50.181	87.739	1775	июнь		10. CGHU	48.870	89.433	2117		октябрь
7. ERBL	50.368	87.288	1130	июнь		11. CGOD	49.025	89.265	2116		октябрь
8. FRM	50.161	87.899	1554	июнь		12. CRGL	48.589	88.467	2141		октябрь
9. KORU	50.186	87.787	1783	июнь		13. DUMDA	48.817	89.172	2191		октябрь
10. LETN	50.128	87.905	1717	июнь		14. H2440	48.760	89.089	2295		октябрь
11. NKUR	50.253	87.894	1587	июнь		15. HRN	48.619	88.967	2511		октябрь
12. PLT	50.150	87.993	1701	июнь		16. HUND	48.652	89.534	1993		октябрь
13. RKUR	50.281	87.949	1803	июнь		17. KBAS	48.906	89.102	1914		октябрь
14. SALG	50.197	87.746	1827	июнь		18. KBDG	48.862	89.009	1967		октябрь
15. STN	50.147	87.935	1672	июнь		19. NURD	48.702	89.508	2004		октябрь
16. TGH1	50.135	87.862	1642	июнь		20. SHAR	49.012	89.150	1880		октябрь
17. TITU	50.200	88.164	1817	июнь		21. SOGO	49.255	89.072	1969		октябрь
18. TMEN	50.250	87.652	1467	июнь		22. SOL	48.712	89.032	2341		октябрь
19. TYTO1	50.102	87.940	1949	июнь		23. TSAGN	48.835	89.604	1875		октябрь
20. UZUN	50.478	87.630	2014	июнь		24. URDUM	48.873	88.707	2378		октябрь
1. ADAG	49.213	89.308	2150		октябрь	25. UTOSH	48.775	89.497	1966		октябрь
2. AGDB	48.856	89.311	2330		октябрь	26. VITU	48.941	89.467	1828		октябрь
3. AKSH	48.717	88.858			октябрь	27. XOTON	48.930	88.718	2415		октябрь
4. AKSI	48.751	88.938			октябрь						

Сеть временных станций в районе Курайского хребта позволила впервые снизить уровень энергии представительных землетрясений до $K_{\min}=4$ (рис. 4). Соответствующая изолиния обрисовывает зону вокруг большей части временных станций.

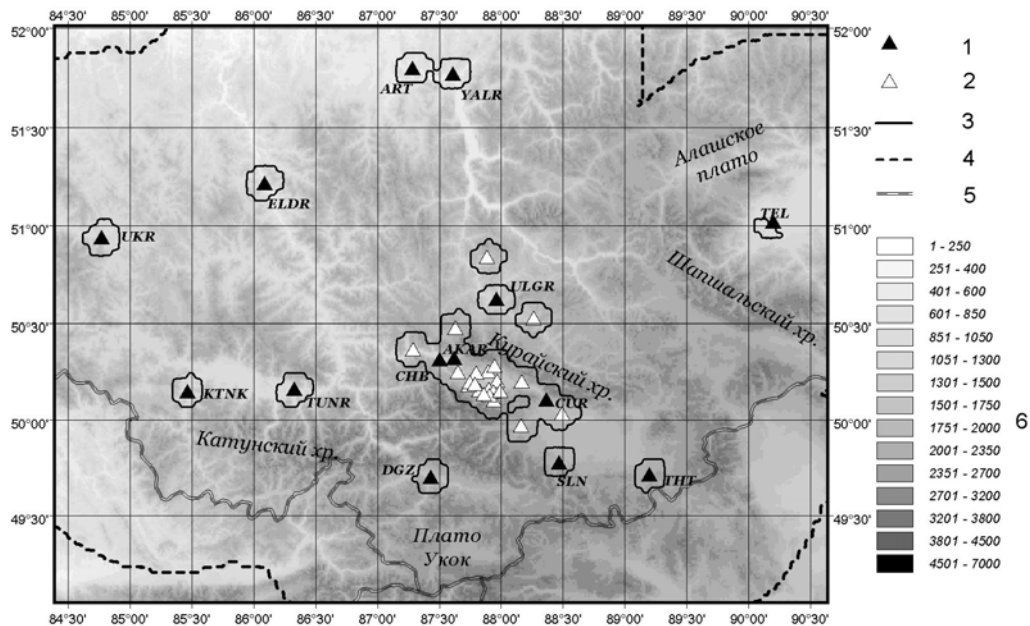


Рис. 4. Карта энергетической представительности K_{\min} землетрясений в районе установки временной сети сейсмических станций в июне 2005 г.

1, 2 – стационарная и временная сейсмическая станция соответственно; 3, 4 – изолиния энергетической представительности $K_{\min}=4$ и 5 соответственно; 5 – государственная граница, 6 – высоты рельефа.

В период работы временных станций уменьшились также ошибки в локации эпицентров (рис. 5). Из сравнения значений погрешности δ , км в приведенной карте на рис. 5 с таковой за 2004 г. [2] видно, что уменьшение ошибок значительное, примерно в два раза.

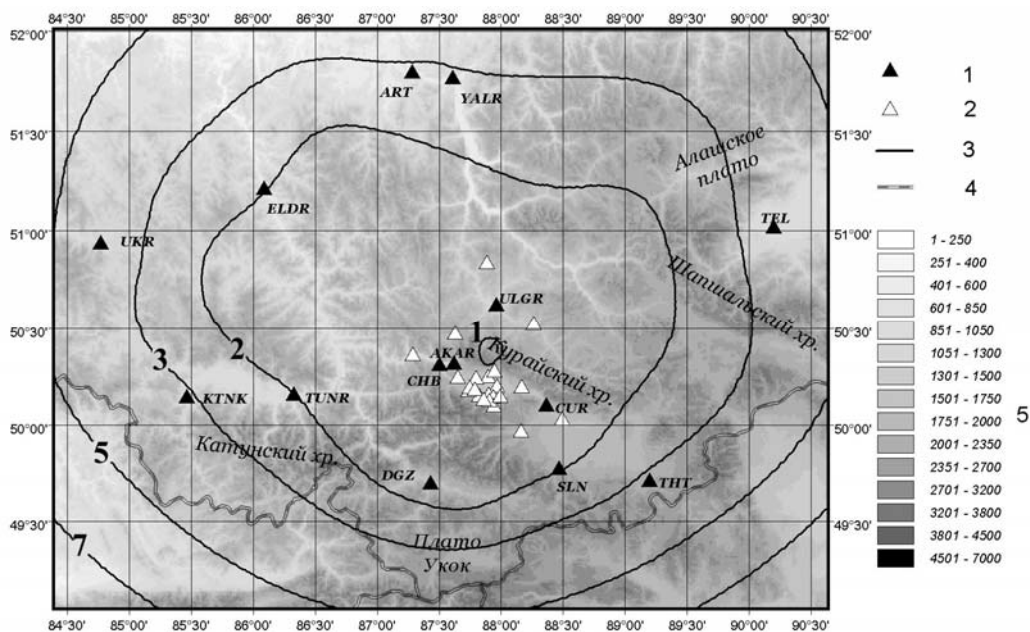


Рис. 5. Карта погрешности δ , км локации землетрясений в период работы сети временных станций в июне 2005 г.

1, 2 – стационарная и временная сейсмическая станция соответственно; 3 – изолиния погрешности δ локации эпицентра, км; 4 – государственная граница; 5 – высоты рельефа.

Всего в 2005 г. зарегистрировано $N_{\Sigma}=2418$ землетрясений, что в 1.2 раза меньше, чем в 2004 г. ($N_{\Sigma}=2951$ [2]). Их распределение по энергетическим классам K_p показано в табл. 4. Суммарная за год сейсмическая энергия составила $\Sigma E=8.6 \cdot 10^{13}$ Дж, что в 4 раза больше таковой в 2004 г. ($\Sigma E=2.1 \cdot 10^{13}$ Дж [2]), т.е. число землетрясений уменьшилось, а сейсмическая энергия увеличилась. Это объясняется возникновением сильного ($K_p=13.9$) землетрясения, описанного ниже. Его энергия равна $E=7.9 \cdot 10^{13}$ Дж, что составляет почти 92% от всей сейсмической энергии за год. В каталог [6] наст. сб. включено 695 землетрясений с $K_p \geq 6.6$.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия в регионе Алтай и Саяны в 2005 г.

K_p	0	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	N_{Σ}	$\Sigma E, \text{Дж}$
N	3	2	102	420	273	553	370	202	70	37	10	5	1	2418	$8.653 \cdot 10^{13}$

График повторяемости землетрясений, по данным табл. 4, изображен на рис. 6. Произведенный по этим данным расчет параметров графика повторяемости в его линейной части методом ортогональной регрессии дал следующее уравнение:

$$\lg N(K_p) = 5.344 - 0.387 K_p.$$

Наклон γ графика повторяемости землетрясений в 2005 г. составил по модулю всего лишь $\gamma = |0.387|$, что значительно ниже среднего долговременного значения $\gamma = |0.45|$. Это различие выходит за пределы ошибки σ_{γ} , равной $\sigma_{\gamma} = |0.02|$.

На рис. 7 дана карта эпицентров относительно более сильных ($K_p \geq 6.6$) землетрясений за 2005 г. Как видим, наиболее активна в 2005 г. как по числу землетрясений, так и по величине высвободившейся в очагах сейсмической энергии Белино-Бусингольская зона. Именно здесь 27 апреля в 07^h36^m произошло самое сильное землетрясение года с $K_p=13.9$, [6], $MS=4.9$ [7]. Землетрясение ощущалось в Закаменске с интенсивностью 3 балла, Иркутске – 2–3 балла [7]. Максимальный афтершок отмечен 29 мая в 13^h29^m с $K_p=11.7$.

Землетрясений 13-го класса в 2005 г. не было (табл. 4). Однако землетрясений с $K_p \div 12$, помимо уже упомянутого (29 мая), зарегистрировано еще четыре, три из которых локализованы в пределах области афтершоков Чуйского землетрясения: 31 января в 06^h43^m с $K_p=11.6$; 11 августа в 22^h58^m с $K_p=12.1$; 22 августа в 08^h31^m с $K_p=12.2$. Землетрясение 31 января ощущалось в Усть-Каменогорске и Зырянске с интенсивностью сотрясений $I=2$ балла [7]. Очаговая зона Чуйского землетрясения по энергетике и числу землетрясений выглядит по уровню сейсмичности как вторая, после Бусингольской. Пятое землетрясение 12-го класса произошло 15 февраля в 12^h41^m с $K_p=12.2$ и локализовано вне России, на западе Монгольского Алтая, в приграничном районе Монголии и Китая (рис. 7). За ним последовала вялая серия афтершоков (табл. 5), растянувшаяся до конца года.

Сейсмически активен в 2005 г. был Западный Саян (рис. 7). Землетрясения с $K_p \div 11$ приурочены к Алашскому плато и к центральной части Западного Саяна, недалеко от водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС. Достаточно сейсмически активна горная перемычка внутри Тувинской котловины, являющейся границей между Кызыльской и Улугхемской впадинами. Наибольшее по энергии ($K_p=11.1$) землетрясение в этой перемычке отмечено 14 октября в 10^h38^m. На юго-востоке Восточного Саяна 16 ноября в 22^h47^m было зарегистрировано землетрясение с $K_p=10.0$, которое ощущалось в Орлике с интенсивностью $I=3$ балла [7].

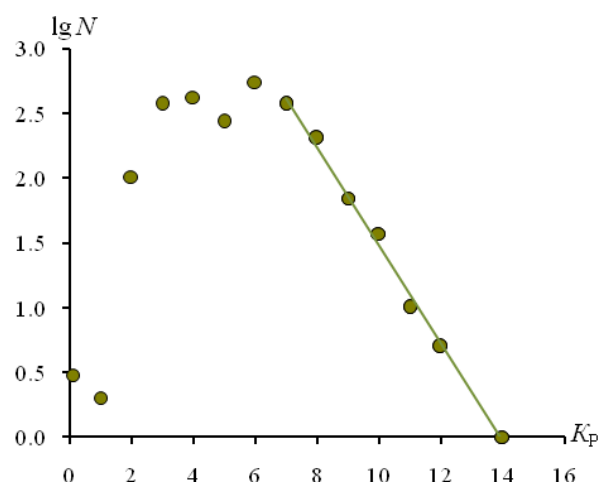


Рис. 6. График повторяемости землетрясений Алтая и Саян в 2005 г.

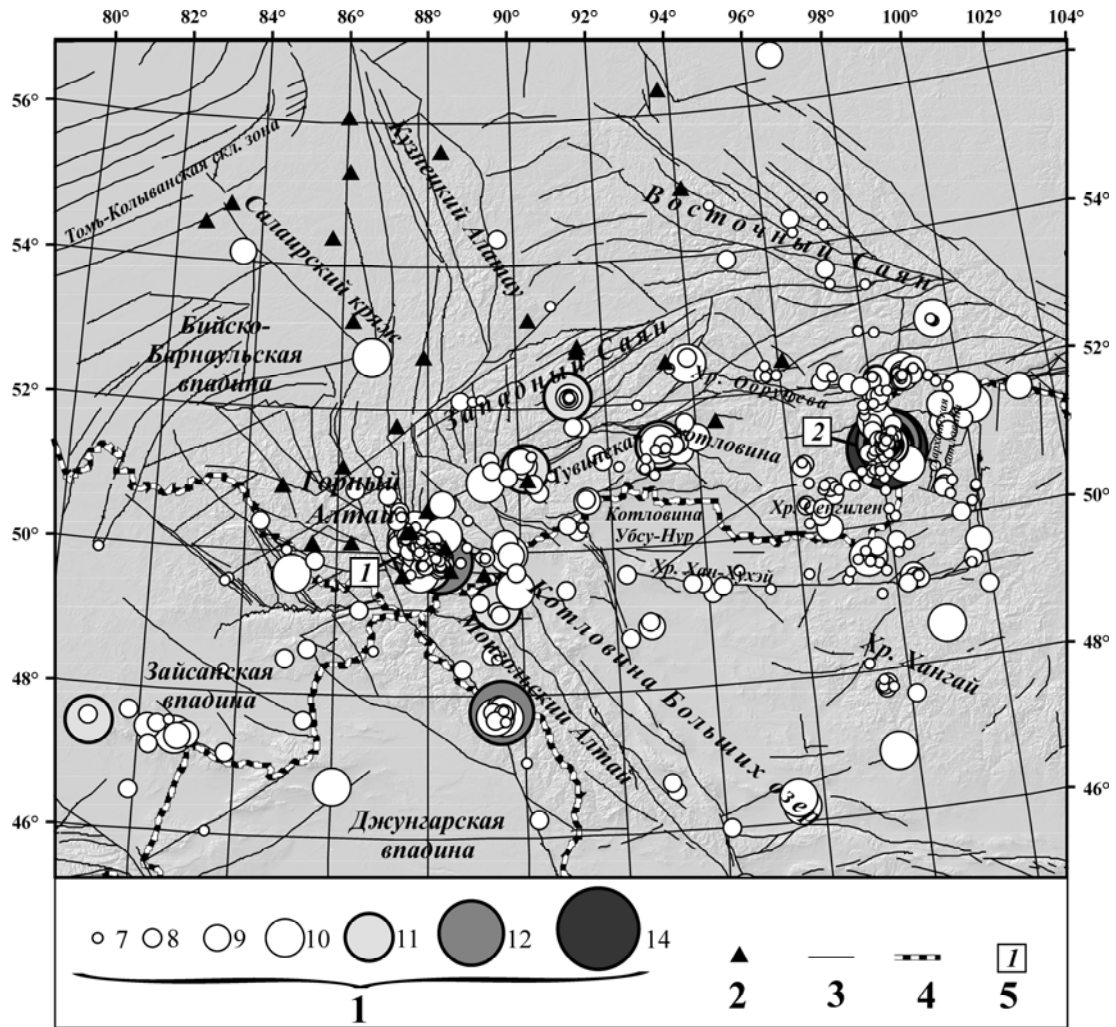


Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 6.6$ на территории Алтае-Саянского региона в 2005 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – стационарная сейсмическая станция АСОМСЭ; 3 – активный разлом; 4 – государственная граница; 5 – цифрами 1 и 2 (в квадратах) отмечены Чуйско-Курайская и Белино-Бусингольская зоны соответственно.

Таблица 5. Основные параметры главного толчка 15 февраля в 12^h41^m с $K_p=12.2$, $M_c=4.5$ и его афтершоков

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	M_S	M_{PVA}	K_p	M_c
			φ°, N	λ°, E					
Основной толчок									
	15.02	12 41 48.3	47.76	89.54	11	4.0	5.0	12.2	4.5
Афтершоки									
1	15.02	12 46 22.9	47.70	89.40				9.6	3.5
2	16.02	22 53 59.4	47.70	89.56				8.0	
3	04.03	00 18 16.2	47.82	89.51				9.5	3.1
4	04.03	20 17 00.6	47.74	89.47				8.5	
5	26.03	16 51 00.3	47.69	89.59				9.7	3.1
6	25.04	03 20 35.7	47.77	89.35				8.1	
7	27.08	01 54 56.4	47.63	89.61				7.2	
8	30.09	21 16 05.9	47.68	89.54				8.2	
9	01.10	02 42 12.1	47.80	89.55				8.8	2.5
10	02.10	22 08 07.8	47.78	89.58				7.2	
11	12.10	06 32 02.3	47.75	89.57				7.7	

На рис. 8 представлена карта эпицентров землетрясений эпицентральной зоны Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. с диаграммами механизмов очагов некоторых из них.

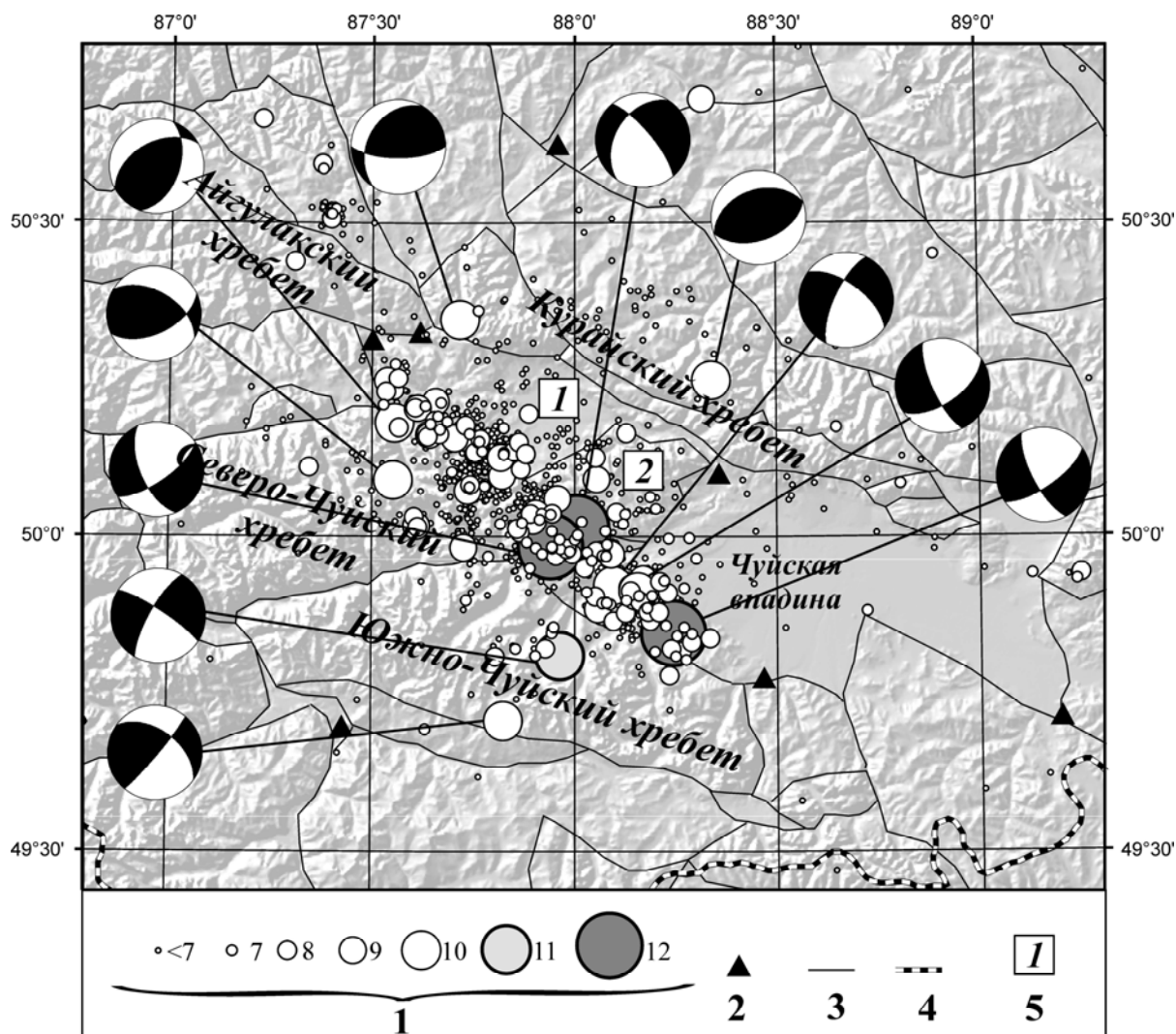


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 6.6$ в Чуйско-Курайской зоне в 2005 г. и стереограммы механизмов очагов в проекции на нижнюю полусферу для событий с $K_p \geq 9.6$

1 – энергетический класс; 2 – сейсмическая станция; 3 – активный разлом; 4 – государственная граница; 5 – цифрами 1 и 2 в квадратах отмечены Курайская впадина и Чаган-Узунский приподнятый блок соответственно.

Здесь наиболее заметные землетрясения произошли непосредственно в районе эпицентра Чуйского землетрясения, на границе Чаган-Узунского блока с Северо-Чуйским хребтом, а также на юго-восточном окончании афтершоковой области, на границе Чуйской впадины с Южно-Чуйским хребтом. На этом участке 3 сентября в 01^h24^m реализовалось землетрясение с $K_p=10.9$, хотя толчки такого уровня энергии здесь редки. В Курайском хребте в 2005 г. наблюдалась слабая сейсмичность. Отметим, что сейсмически активный Курайский хребет после Чуйского землетрясения оказался асейсмичным на более чем годичный интервал времени. В 2005 г. в нем произошло два землетрясения 10-го класса и достаточно большое число слабых землетрясений 6–8-го классов.

Рассмотрим более детально сейсмическую активность в 2005 г. в пределах очаговых зон двух сильнейших землетрясений – Чуйского 27.09.2003 г. [3] и Бусингольского 27.12.1991 г. [9].

Продолжение в 2005 г. афтершокового процесса после Чуйского землетрясения 27.09.2003 г., как и в 2003–2004 гг., по своей структуре соответствует поэлементному строению, увязанному с блоковой структурой афтершоковой области [9]. Наиболее сейсмически активен элемент, соответствующий Чаган-Узунскому блоку (здесь находился эпицентр Чуйского

землетрясения). В нем произошли описанные выше два землетрясения 12-го класса (11 и 22 августа с $K_p=12.1$ и 12.2 [6]). Оба они характеризуются преимущественно праводвиговым смещением по разлому с небольшой сбросовой компонентой (рис. 8). В 2004 г. в этом элементе происходили мелкие землетрясения, а наиболее крупные были приурочены к окончаниям афтершоковой области [2]. В 2005 г. только на юго-восточном окончании афтершоковой области 31 января 06^h43^m произошло землетрясение 12-го класса. Для этого события и двух других сильнейших в районе Чуйской впадины в очагах доминируют подвижки типа сдвиг. Афтершоковый процесс вдоль границы с Курайской впадиной в 2005 г. существенно слабее по энергии, чем два южных элемента афтершоковой области. В очагах двух землетрясений в Южно-Чуйском хребте отмечены подвижки типа сдвиг (рис. 8), тогда как в очагах землетрясений в Северо-Чуйском и Курайском хребтах реализовались взбросы.

В очаговой зоне Чуйского землетрясения временными станциями за время полевых работ было зарегистрировано 150 землетрясений с $K_p=0.6-8.4$ [5]. Часть этих данных приведена в табл. 6 из [11] для демонстрации уникальных по точности данных, позволивших провести обработку с использованием уточненной скоростной модели. Это дало возможность локализовать не эпи-, а гипоцентры с глубинами в диапазоне $h=1.7-16.0$ км с ошибкой δh в большинстве случаев менее 2 км.

Таблица 6. Фрагмент списка слабых ($K_p=4.0-8.4$) толчков в очаговой зоне Чуйского землетрясения за июнь 2005 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Эпицентр			h , км	δh , км	K_p
				φ°, N	λ°, E	δ , км			
1	16.06	07 47 38.76	0.05	50.211	87.781	1.45	13.8	2.36	5.3
2	16.06	10 58 51.37	0.08	50.203	87.713	1.49	13.1	2.10	5.8
3	17.06	05 28 11.98	0.11	50.105	87.818	0.95	7	f	4.0
4	17.06	09 00 42.91	0.09	50.072	87.727	0.51	8.8	1.09	6.5
5	17.06	09 41 40.77	0.12	50.137	87.730	0.71	2.4	0.75	5.5
6	17.06	13 21 47.47	0.12	49.827	87.853	0.80	7	f	5.7
7	17.06	13 27 48.55	0.10	49.842	88.145	0.63	8.2	1.76	8.4
8	17.06	17 52 34.21	0.09	50.114	87.740	0.53	1.7	0.82	4.8
9	17.06	18 22 12.30	0.13	49.970	87.965	0.58	11.8	0.97	4.0
10	17.06	19 09 58.72	0.12	49.824	88.253	0.60	8.0	1.72	5.7
11	18.06	01 06 25.93	0.11	50.112	87.777	0.45	9.0	0.48	4.3
12	18.06	01 28 17.15	0.10	49.952	87.939	0.56	2.3	0.78	4.4
13	18.06	01 36 30.03	0.10	49.899	88.119	0.67	13.5	0.68	4.6
14	18.06	02 06 51.03	0.10	50.250	87.378	0.50	2.6	0.87	4.0
15	18.06	02 07 09.68	0.09	50.083	88.134	1.76	10.7	7.67	4.7
16	18.06	02 15 35.27	0.11	49.967	87.993	0.48	12.8	0.71	5.4
17	18.06	04 24 05.76	0.10	50.086	87.674	1.22	16.0	0.99	4.0
18	18.06	05 39 49.58	0.08	50.151	87.805	0.75	14.2	0.66	4.7
19	18.06	05 39 49.06	0.13	50.130	87.793	0.87	12.7	0.47	4.8
20	18.06	05 39 48.68	0.10	50.143	87.799	0.46	13.9	0.36	5.1
21	18.06	06 08 20.52	0.11	49.824	87.978	1.90	7	f	4.1
22	18.06	07 18 10.17	0.14	50.209	87.979	0.54	4.9	0.75	5.2
23	18.06	08 32 55.88	0.10	50.130	87.763	0.80	6.3	0.72	5.0
24	18.06	08 43 32.42	0.09	50.071	87.905	0.56	12.6	0.45	4.0
25	18.06	08 46 12.37	0.10	50.119	87.784	0.79	9.0	0.59	4.3

Как отмечено в [5], изучение скоростной модели в районе Южно-Чуйского хребта и плато Укок со стороны России оказалось непростой задачей из-за труднодоступности высокогорной территории. Размещение временных станций с юга (в Монголии) от афтершоковой области обеспечивает хорошее просвечивание сейсмическими волнами труднодоступных горных структур. За указанный в табл. 3 период времени этими станциями было зарегистрировано 116 землетрясений с $K_p=1.1-11.5$ [5].

В Белино-Бусингольской зоне развитие сейсмического процесса представлено на карте эпицентров рис. 9.

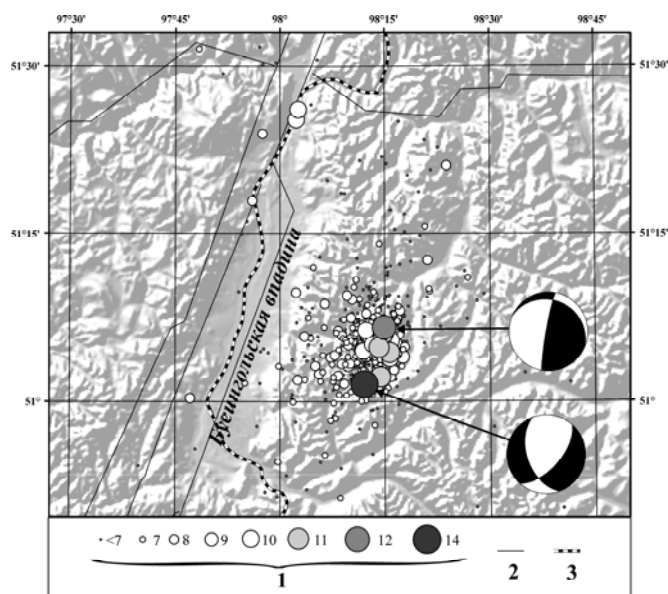


Рис. 9. Карта эпицентров землетрясений в Белино-Бусингольской зоне в 2005 г. и стереограммы механизмов очагов в проекции на нижнюю полусферу для событий с $K_p > 9.5$

1 – энергетический класс; 2 – активный разлом; 3 – государственная граница.

В этой зоне практически все землетрясения приурочены к Шишхидскому нагорью, и лишь единичные события локализованы в Бусингольской впадине. В 2005 г. была активизирована та же область, что и в 2004 г. [2]. Вновь события происходили в основном чуть южнее эпицентра Бусингольского землетрясения 27.12.1991 г. с $MLH=6.5$ [12]. Подвижки в очагах двух описанных выше землетрясений с $K_p=13.9$ и 11.7 реализовались преимущественно с вертикальными компонентами сдвига. Простирание их нодальных плоскостей близки к таковому для основных тектонических разломов внутри Бусингольской впадины. В очаге максимального землетрясения 2005 г. с $K_p=13.9$ имела место подвижка типа сброс (рис. 9), что согласуется с механизмами очагов в 2004 г. [2], зарегистрированными также в Шишхидском нагорье.

В Новосибирской области 26 мая 2005 г. в $14^h 15^m$ произошло землетрясение с $K_p=9.0$, $M_c=2.6$. Ввиду того, что данное землетрясение было ощутимым в малосейсмичном районе и вызвало тревогу у населения и властей, было выполнено макросейсмическое обследование. На рис. 10 показаны населенные пункты, в которых зафиксированы макросейсмические проявления этого землетрясения.

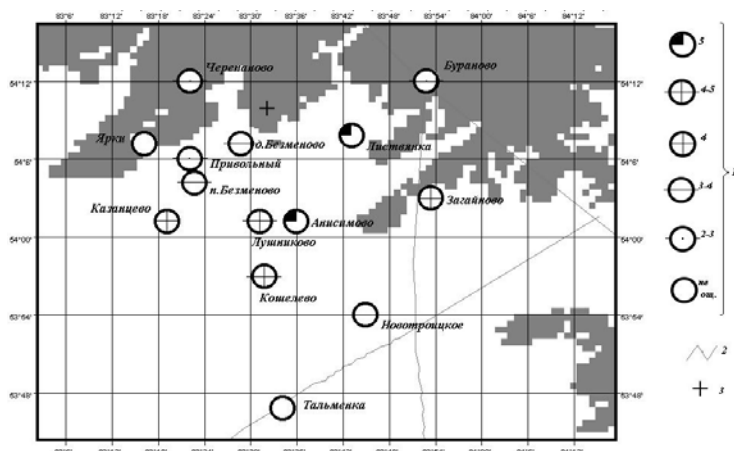


Рис. 10. Карта пунктов-баллов землетрясения 26 мая 2005 г. в $14^h 15^m$ с $K_p=9.0$, $M_c=2.6$

1 – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64 [13]; 2 – разлом; 3 – инструментальный эпицентр.

В заключение можно констатировать, что

- в 2005 г. впервые после Чуйского землетрясения 27.09.2003 г. с $MS=7.3$ наиболее сейсмична в регионе не его очаговая зона, а Белино-Бусингольская;
- в Белино-Бусингольской зоне наиболее сейсмично Шишхидское нагорье. Активизирован участок, находящийся южнее эпицентра Бусингольского землетрясения 27.12.1991 г. с $M=6.5$;
- для продолжающегося в 2005 г. афтершокового процесса Чуйского землетрясения, как и прежде, отмечается поэлементная структура, увязывающаяся с блоковым строением эпицентральной области. Если в 2004 г. область Чаган-Узунского блока характеризовалась отсутствием крупных землетрясений при наличии большого числа афтершоков малых энергий, то в 2005 г. наиболее крупные ($K_p \div 12$) афтершоки вновь происходят в области эпицентра главного толчка. Сравнимые по энергии события зафиксированы в юго-восточном окончании афтершокового процесса в элементе, соответствующем блоку Чуйской впадины. Афтершоковый процесс на границе с Курайской впадиной энергетически в 2005 г. более слабый, нежели в 2004 г.;
- зарегистрированы землетрясения вне линии афтершокового процесса в блоках Северо-Чуйского, Южно-Чуйского, Курайского и Айгулакского хребтов, что указывает на существование релаксационных процессов в блоках земной коры, сопряженных с эпицентральной областью;
- для ощутимого в Новосибирской области землетрясения можно представить таблицу пунктов-баллов (табл. 7):

Таблица 7. Макросейсмические данные о Новосибирском землетрясении 26 мая 2005 г. в $06^h 37^m$ с $K_p=9.0$, $M_c=2.6$ (с рис. 10)

№	Пункт	Параметры пункта			№	Пункт	Параметры пункта		
		Δ , км	φ° , N	λ° , E			Δ , км	φ° , N	λ° , E
	<u>5 баллов</u>				8	п. Безменово	15	54.07	83.38
1	Листвянка	12	54.13	83.72		<u>2–3 балла</u>			
2	Анисимово	17	54.02	83.60	9	Черепаново	13	54.10	83.37
	<u>4–5 баллов</u>				10	Привольный	11	54.20	83.37
3	Лушниково	16	54.02	83.52	11	Бураново	23	54.20	83.88
4	Кошелево	24	53.95	83.53		<u>Не ощущалось</u>			
	<u>4 балла</u>				12	Ярки	18	54.12	83.27
5	Казанцево	21	54.02	83.32	13	Новотроицкое	33	53.90	83.75
6	Загайново	26	54.05	83.89	14	Тальменка	47	53.78	83.57
	<u>3–4 балла</u>								
7	д. Безменово	6	54.12	83.48					

– еще одной особенностью сейсмического режима 2005 г. является существование локальных активизаций, наиболее сильная из которых протекала в Монгольском Алтае и три других – в горных блоках вокруг западной части Тувинской котловины: в Алашском плато (Западный Саян), Айгулакском блоке в Западном Саяне и в межгорной перемычке между впадинами Тувинской котловины.

Л и т е р а т у р а

1. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2005.** – Berkshire: ISC, 2007.
2. **Еманов А.Ф., Лескова Е.В., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В.** Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 142–152.
3. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Фатеев А.В., Филина А.Г.** Чуйское землетрясение 27 сентября 2003 г. с $M=7.3$, $K_p=17.1$ (Горный Алтай) // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 326–343.
4. **Арефьев С.С., Быкова В.В., Матвеев И.В., Матвеева Н.В., Михин А.Г., Молотков С.Г., Плетнев К.Г.** Алтайское землетрясение 27 сентября 2003 г. эпицентральные сейсмологические наблюдения // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 362–367.

5. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Фатеев А.В., Сёмин А.Ю.** П.3.1. Сейсмический мониторинг Алтае-Саянской горной области Алтае-Саянским филиалом ГС РАН // Землетрясения России в 2005 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 53–60.
6. **Филина А.Г., Подкорытова В.Г. (отв. сост.), Данциг Л.Г., Денисенко Г.А., Кузнецова Е.В., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В.** Каталог землетрясений Алтая и Саян за 2005 г. ($N=701$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2005 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2005–2006.
8. **Филина А.Г., Подкорытова В.Г. (отв. сост.), Данциг Л.Г., Денисенко Г.А., Кузнецова Н.В., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В.** Каталог землетрясений Алтая и Саян за 2003 год // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – На CD.
9. **Филина А.Г.** Землетрясения Алтая и Саян // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: ОИФЗ РАН, 1991. – С. 38–39.
10. **Еманов А.А., Лескова Е.В., Еманов А.Ф., Фатеев А.В.** Элементы структуры и фазы развития афтершокового процесса Чуйского землетрясения // Физическая мезомеханика. – 2009. – 12. – № 1. – С. 29–36.
11. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Фатеев А.В., Сёмин А.Ю.** IV.14. Эпицентральная зона Чуйского землетрясения (Алтай) по данным А-СФ ГС СО РАН // Землетрясения России в 2005 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 160.
12. **Филина А.Г. (отв. сост.), Пугачева В.Н., Манушина О.А., Слепенкова Э.А., Ибрагимов Г.Г.** Каталог землетрясений Алтая и Саян за 1991 г. // Землетрясения в СССР. – М.: Наука, 1997. – С. 138–142.
13. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
14. **Филина А.Г.** Координаты пунктов-баллов макросейсмического поля Новосибирского землетрясения 26 мая 2005 года с $Kp=9.0$, $M_c=2.6$ (Алтай) ($N=14$). (См. Приложение на CD).