

АЛТАЙ И САЯНЫ

А.Ф. Еманов, А.Г. Филина, А.А. Еманов, Е.В. Лескова, А.В. Фатеев,

Д.В. Корабельщиков, Н.В. Шатрова

Алтае-Саянский филиал ГС СО РАН, г. Новосибирск, emanov@gs.nsc.ru, filina@gs.nsc.ru

В 2002 г. сейсмическая сеть региона увеличилась до 22 станций против 18 в 2001 г. В табл. 1, 2 приведены общие сведения о станциях и параметры цифровой аппаратуры.

Таблица 1. Сейсмические станции Алтае-Саянского региона в 2002 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Тип станции
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h, м	
		межд.	рег.					
1	Акташ	AKAR	АКТ	01.02.2001	50.325	87.621	1421	Цифровая станция Байкал-11
2	Арадан	ARDR	АРД	00.12.2002	52.580	93.428	958	Цифровая станция Байкал-11
3	Артыбаш	ART	АРТ	01.07.2000	51.798	87.281	511	Цифровая станция Байкал-11
4	Берчикуль	BRCR	БРЧ	01.09.1998	55.635	88.299	381	Цифровая станция Байкал-11
5	Быстровка	BST	БСТ	1999	54.568	82.653	121	Цифровая станция Байкал-11
6	Верх-База	VEN	В-Б	01.04.2001	53.255	90.299	550	Цифровая станция Байкал-11
7	Ельцовка	ELT	ЕЛЬ	15.09.2001	53.261	86.239	235	Цифровая станция Байкал-11
8	Еланда	ELDR	ЕЛД	04.10.2002	51.217	86.089	472	Цифровая станция Байкал-11
9	Кайтанак	KTNK	КТН	18.05.2001	50.145	85.465	1031	Цифровая станция Байкал-11
10	Кызыл	KZL	КЗЛ	15.03.2001	51.705	94.453	654	Цифровая станция Байкал-11
11	Мина	MINR	МИН	01.12.2001	54.977	94.127	544	Цифровая станция Байкал-11
12	Новосибирск	NVS	НСК	01.05.1999	54.841	83.234	168	Цифровая станция Байкал-11
13	Таштагол	TASR	ТШТ	01.12.1999	52.762	87.880	553	Цифровая станция Байкал-11
14	Тоджа	TDJR	ТДЖ	01.03.2001	52.453	96.093	1000	Цифровая станция Байкал-11
15	Тээли	TEL	ТЭЛ	15.03.2001	51.024	90.195	992	Цифровая станция Байкал-11
16	Тюнгур	TUNR	ТНГ	01.08.1998	50.163	86.317	864	Цифровая станция Байкал-11
17	Улаган	ULGR	УЛГ	28.07.2002	50.623	87.961	1239	Цифровая станция Байкал-11
18	Усть-Кан	UKR	У-К	01.02.2001	50.940	84.769	1057	Цифровая станция Байкал-11
19	Чаган-Узун	CUR	Ч-У	13.02.2002	50.101	88.358	1740	Цифровая станция Байкал-11
20	Черемушки	CERR	ЧЕР	01.12.2000	52.857	91.415	400	Цифровая станция Байкал-11
21	Эрзин	ERNS	ЭРЗ	00.12.2001	50.264	95.162	1100	Цифровая станция Байкал-11
22	Яйлю	YALR	ЯЙЛ	19.07.2002	51.769	87.611	451	Цифровая станция Байкал-11

Именно в 2002 г. начато формирование сети станций Алтайского сейсмологического полигона в пределах координат $\varphi=49^{\circ}20'-51^{\circ}10' N$, $\lambda=86^{\circ}30'-90^{\circ}10' E$. Восстанавливались закрытые и создавались новые сейсмические станции. К числу восстановленных относятся станции «Чаган-Узун» и «Еланда», а новые – «Яйлю» и «Улаган». Во второй половине 2002 г. сеть станций Алтайского сейсмологического полигона состояла из десяти цифровых станций с непрерывной регистрацией сейсмических событий. Отметим, что в девяностые годы в Горном Алтае работало только три сейсмические станции с аналоговой регистрацией событий.

Карты представительности и точности определения координат эпицентров даны на рис. 1, 2. Часть станций региона не вошла в расчет представительности. Станции, регистрировавшие события менее 6 месяцев, в расчет не принимались (исключенные из расчетов станции отмечены не залитыми треугольниками).

Фактически для всей территории Алтае-Саянской горной области в 2002 г. представительны землетрясения с $K_p=7$, для большей части территории даже с $K_p=6$. Для заметной части территории представительны землетрясения с $K_p \geq 5$. К таким районам относятся Горный Алтай, Горная Шория, значительная часть Салаирского кряжа, часть Кузнецкого Алатау, Шапшальский хребет, Алашское плато, часть Тувинской котловины и Западного Саяна.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций Алтая и Саян в 2002 г.

Название станции	Тип станции и сейсмоприемника	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦПе	Чувствительность, велосигграф-отсчет/(м/с)
Акташ	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
Арадан	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
Артыбаш	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
Берчикуль	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	3.6·10 ⁹
Быстровка	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
Верх-База	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
Ельцовка	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.59–50	100	17	1.5·10 ⁹
Еланда	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.59–50	100	17	1.5·10 ⁹
Кайтанак	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.59–50	100	17	3.6·10 ⁹
Кызыл	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.59–50	100	17	3.5·10 ⁹
Мина	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	2.1·10 ⁹
Новосибирск	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
	Байкал-11+СКД	SH(N, E, Z) _v	0.1–20	100	17	3.0·10 ⁷
Таштагол	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.5–7.1	100	16	2.0·10 ⁸
Тоджа	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
Тээли	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–7.1	100	17	1.7·10 ⁹
Тюнгур	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	2.0·10 ⁹
Улаган	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
Усть-Кан	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
	Байкал-11+СКД	SH(N, E, Z) _v	0.05–10	100	17	3.2·10 ⁷
Чаган-Узун	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.8–50	100	17	1.5·10 ⁹
Черемушки	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.5–12.5	100	16	5.0·10 ⁸
Эрзин	Байкал-11+СКМ-3	SH(N, E, Z) _v	0.5–20	100	17	1.5·10 ⁹
Яйлю	Байкал-11+СМЗ-КВ	SH(N, E, Z) _v	0.8–50	100	17	1.5·10 ⁹

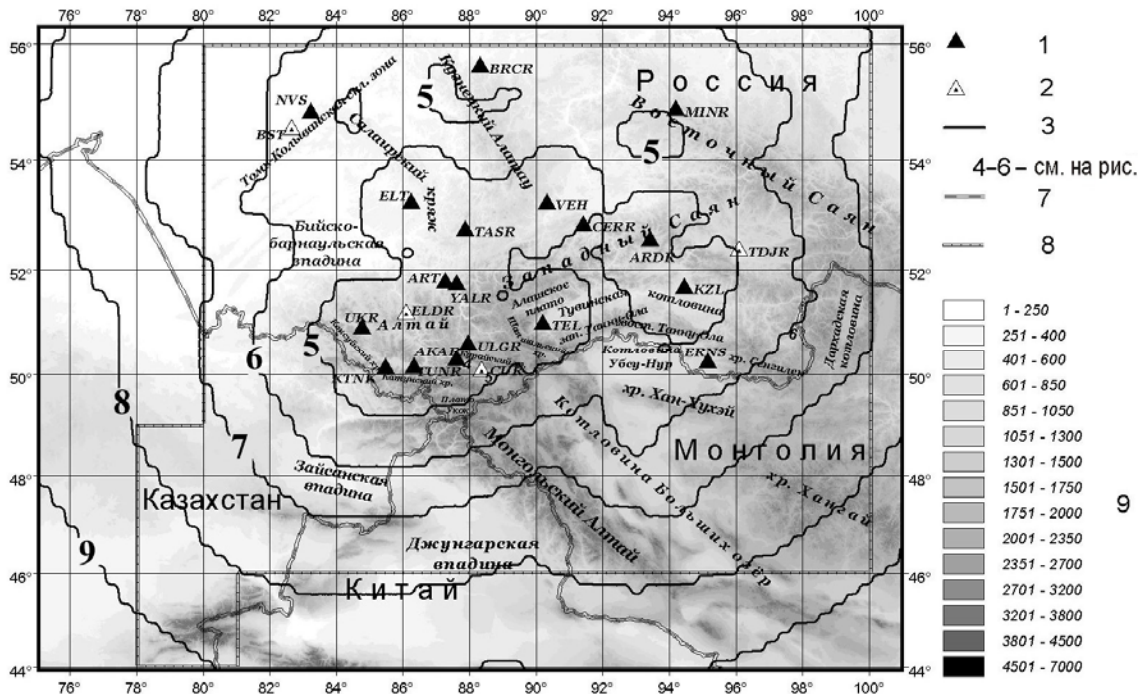


Рис. 1. Карта K_{\min} энергетической представительности землетрясений Алтае-Саянского региона в 2002 г.

1 – сейсмическая станция; 2 – станция, работавшая непродолжительное время; 3 – изолиния K_{\min} представительности; 4–6 – Курайская, Чуйская и Бусингольская впадины соответственно; 7 – государственная граница; 8 – граница каталога, 8 – высота рельефа, м.

Ошибка δ в определении координат для центральной части составляет 5 км, а для большей части территории – 10 км. Расчет представительности и точности регистрации событий осуществлялся в соответствии с методикой, изложенной в работе [1]. Следует отметить, что методика расчета карт сформирована для случая редкой сети, когда глубина всех событий берется фиксированной 15 км и земная кора аппроксимируется слоем с постоянной скоростью. Для участков более плотной сети станций такая методика расчета занижает точность. На картах представлена точность при обработке по стандартной методике. На самом деле уточняющая обработка с использованием информации о скоростном строении земной коры и алгоритмов с итерационным вычислением координат и глубин землетрясений позволяет получать результаты с большей точностью. Прежде всего это относится к району Алтайского сейсмологического полигона. Данный полигон сформирован к 2002 г. с более детальной сетью в Горном Алтае. К этому времени были подготовлены две стационарные базы на сейсмических станциях «Акташ» и «Артыбаш», пригодные в качестве базовых пунктов для проведения экспериментов с временными сетями станций. С 2002 г. такие эксперименты в Чуйско-Курайской зоне проводились регулярно. Район Алтайского сейсмологического полигона охватил наблюдательной сетью весь Горный Алтай – от Телецкого озера до государственной границы.

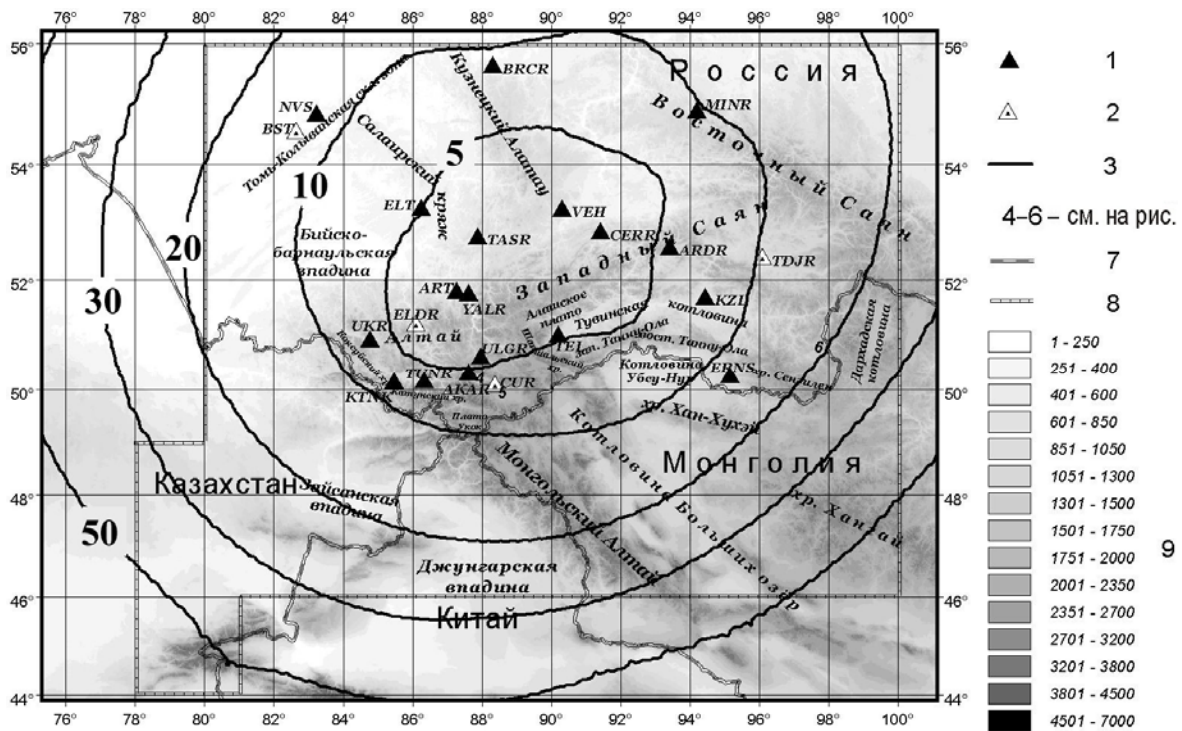


Рис. 2. Погрешность локализации эпицентров в 2002 г. на примере землетрясений с $K_p=9$ (обозначения см. на рис. 1)

Общее число землетрясений, вошедших в каталог за 2002 г., составило 1466, распределение которых по энергетическим классам представлено в табл. 3. Часть из них (с $K_p \geq 7.8$) приведена в наст. сб.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE

K_p	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$
N	105	168	491	422	175	73	24	7	1	1	1466	$6.304 \cdot 10^{12}$

График повторяемости, построенный по землетрясениям представительных по всему региону классов ($K_p=8-13$) (рис. 3), дал значение наклона $\gamma = -0.468$, то же, что и 2001 г.

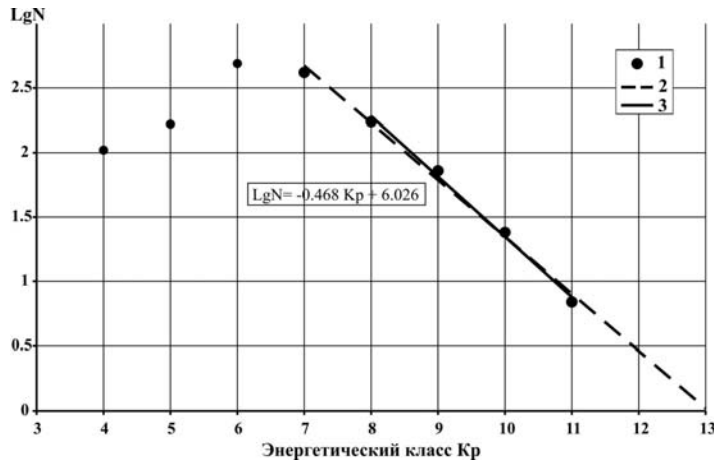


Рис. 3. График повторяемости землетрясений Алтае-Саянского региона в 2002 г.

1 – представительные данные; 2 – осредняющая зависимость по землетрясениям с $K_p \geq 7$; 3 – осредняющая зависимость по землетрясениям с $K_p \geq 7$ (формула приведена для последнего случая).

Обращает на себя внимание относительно малое число землетрясений высоких энергетических классов: в 2002 г. произошло всего два события с $K_p > 11$ – в горном обрамлении Зайсанской впадины и в хр. Восточный Танну-Ола (рис. 4). В 2001 г. было четыре события с $K_p \geq 12$ и одно с $K_p \geq 13$, а в 2000 г. землетрясений с большими энергиями было еще больше. В 2002 г. зарегистрировано существенно больше слабых землетрясений с $K_p = 4-5$, нежели в 2001 г. Увеличение числа событий малых энергий измеряется порядками. Данный факт свидетельствует прежде всего о развитии здесь сети станций. К 2002 г. регистрационные возможности сети станций Алтае-Саянской горной области существенно повысились.

Сейсмичность Алтае-Саянской горной области, как и в предыдущие годы, увязывается с ее блочной структурой. Землетрясения преимущественно концентрируются в горном обрамлении впадин. По числу землетрясений ярко выражены Чуйско-Курайская зона, район западного горного обрамления Тувинской котловины (Шапшальский хребет, Алашское плато), Кызыльская впадина (окруженная сейсмически активизированными горными перемычками), оперяющие разломы Хан-Хухейской разломной зоны, переходящей в Болнайскую разломную зону. Ярко проявляется сейсмичность впадин пограничной области Байкальской рифтовой зоны с Алтае-Саянской горной областью – Бусингольской, Белинской, Терехольской, Дархатской. Если для Дархатской впадины землетрясения происходят преимущественно внутри нее, то для остальных из перечисленных впадин наблюдается одновременное протекание сейсмического процесса во впадинах и их горном обрамлении.

Наиболее сильное ($K_p = 12.7$) землетрясение 2002 г. произошло на юго-западной границе Зайсанской впадины, там же расположен эпицентр еще одного достаточно сильного землетрясения с $K_p = 10.8$. Следует отметить, что более сильные землетрясения в горном обрамлении Зайсанской впадины появились в девяностые годы после окончания афтершокового процесса Зайсанского землетрясения (14.06.1990 г., $M = 6.9$), который очень быстро затух (за полтора года) (рис. 5).

Примечательно то, что через пять лет после Зайсанского землетрясения наблюдалось изменение сейсмического режима всей очаговой области этого землетрясения (рис. 5). По числу событий эпицентральная область приподнялась на другой уровень, к тому же ежегодно в этой области происходят землетрясения с $K_p = 11-13$. Отличительной особенностью сейсмического режима эпицентральная область Зайсанского землетрясения явилось то, что главный толчок и афтершоки происходили внутри впадины, а отмеченное изменение сейсмического режима преимущественно связано с горным окружением впадины. Крупные землетрясения, зарегистрированные в горном обрамлении Зайсанской впадины в 2002 г., являются фактически нормой для этого района.

Нечастым событием является достаточно заметное ($K_p = 10.8$) землетрясение в Бийско-Барнаульской впадине, которому предшествовали слабые события с $K_p = 7-8$ в 2001 г.

В Западном Саяне в 2001 г. отмечался рой землетрясений [2]. В 2002 г. в том же месте зарегистрированы землетрясения, которые происходили внутри Аксугского блока, как и прежде, вкост главного Тувинского разлома. Цепочка землетрясений тянется от этого района в Западном Саяне по хр. Адар-Даш, разделяющем Тувинскую котловину на Кызыльскую и Хемчикскую впадины.

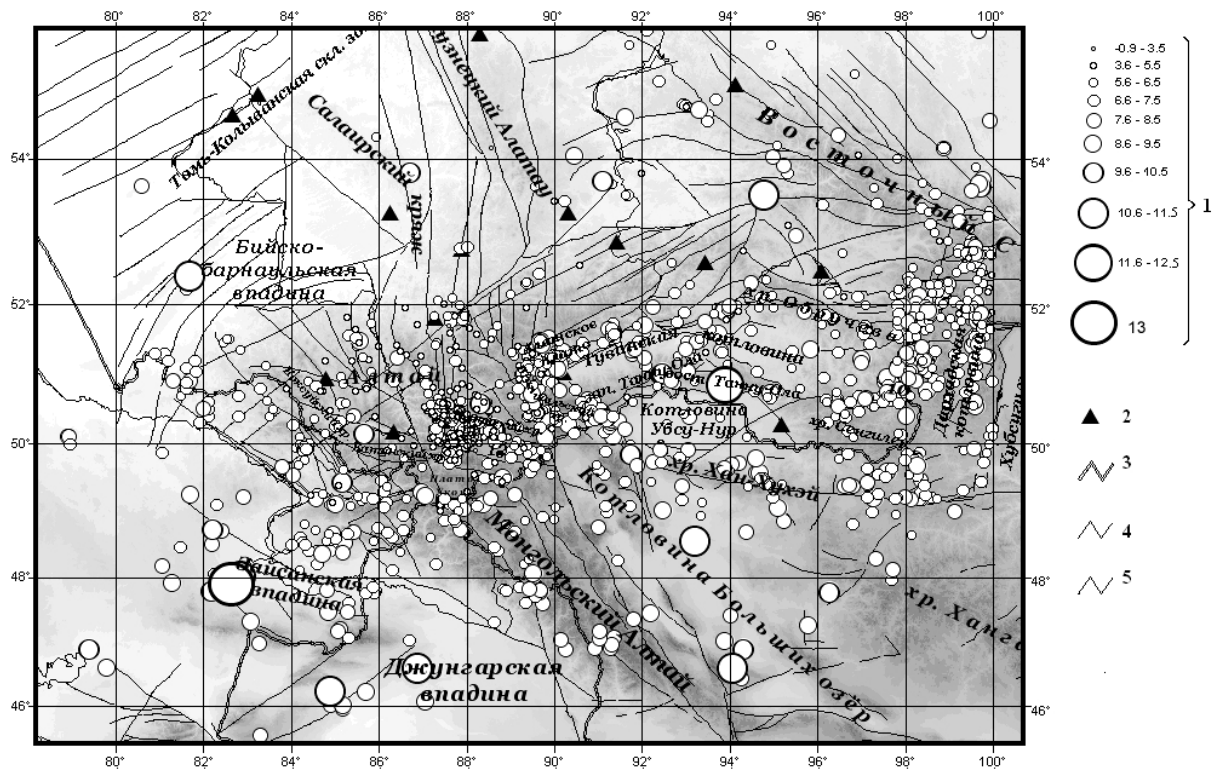


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Алтае-Саянского региона за 2002 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция; 3 – государственная граница; 4 – река; 5 – неотектонический разлом.

В августе–сентябре были проведены полевые наблюдения временной сетью сейсмических станций в районе Чуйской и Курайской впадин. На рис. 6 показан ход высвобождения сейсмической энергии на этом участке в 2002 г. Просматривается повышение плотности эпицентров во времени примерно с конца августа, когда была полностью развернута временная сеть станций. Второй примечательной особенностью хода сейсмического процесса является снижение среднего значения энергии к концу года: большую часть года среднее значение энергии соответствовало по уровню $K_p=7$, а примерно с сентября он снизился до $K_p=6$.

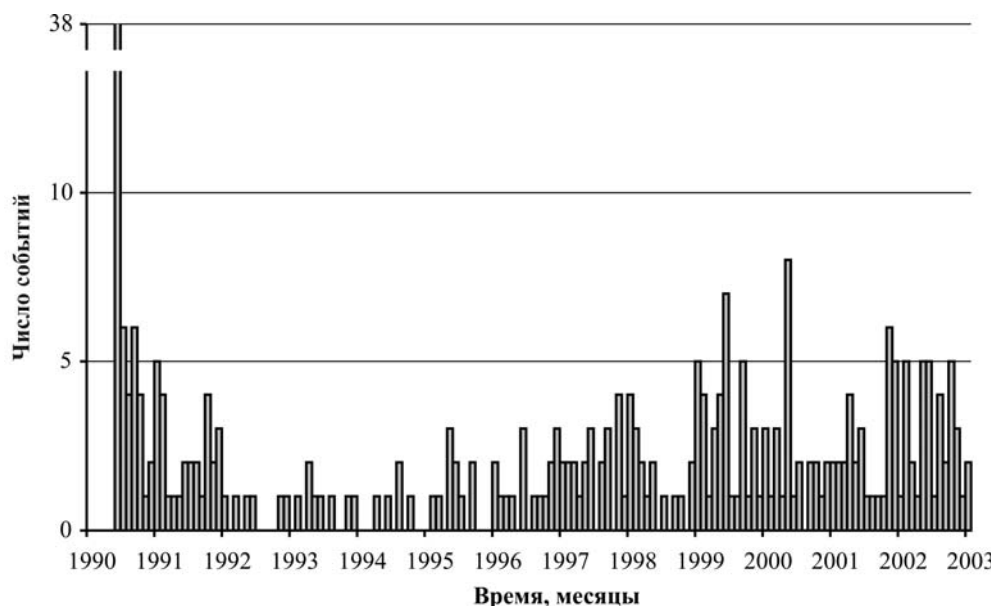


Рис. 5. Диаграмма числа событий с $K_p > 6.5$ за месяц в области афтершоков Зайсанского землетрясения в радиусе 100 км от эпицентра главного толчка

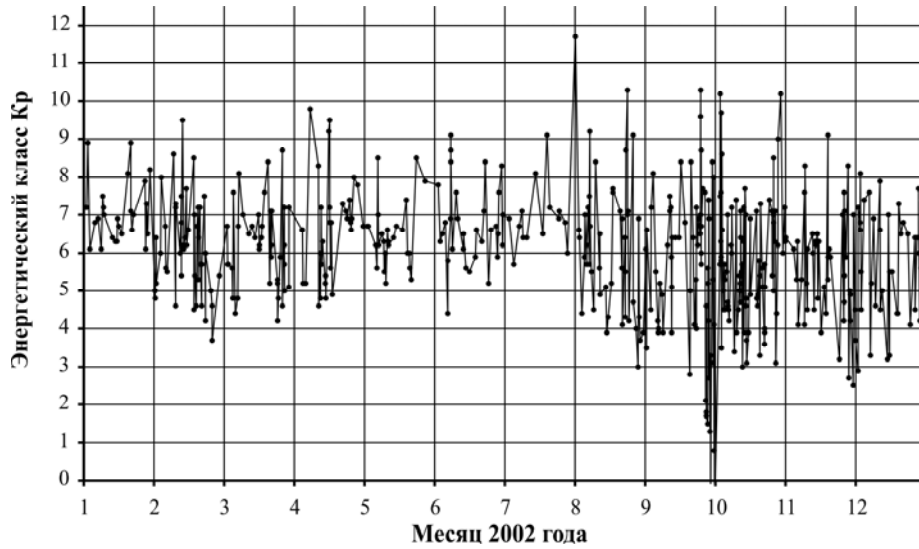


Рис. 6. Ход высвобождения сейсмической энергии в районе Чуйской и Курайской впадин в 2002 г.

На рис. 7 представлена карта эпицентров землетрясений Алтайского сейсмологического полигона за 2002 г. На этой карте явно отражается повышенная чувствительность сети в Горном Алтае. Видно большое число землетрясений малых энергий. Если мысленно исключить с данной карты слабые землетрясения, начиная с шестого энергетического класса, то Чуйско-Курайская зона будет почти асейсмичной.

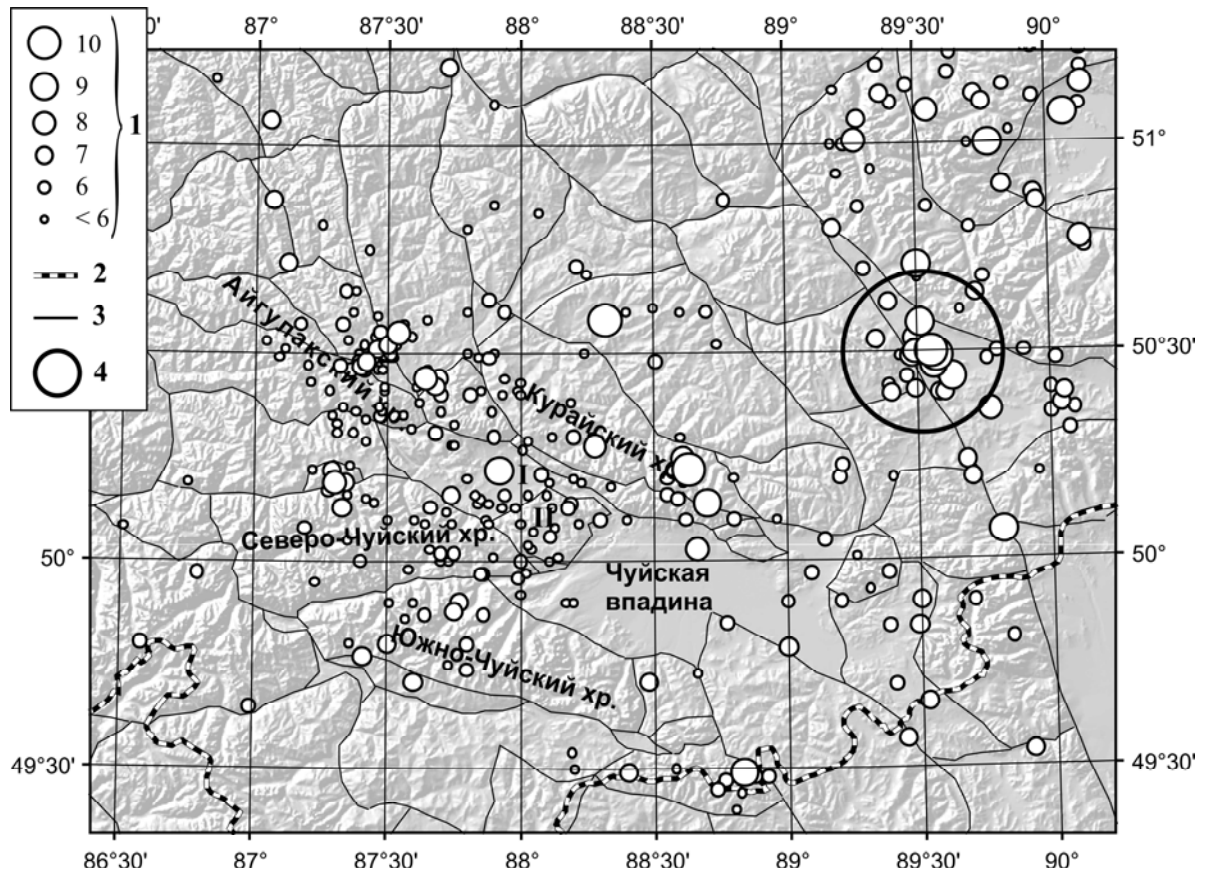


Рис. 7. Эпицентры землетрясений в Чуйско-Курайской зоне за 2002 г.

1 – энергетический класс K_r ; 2 – государственная граница; 3 – неотектонический разлом; 4 – кластер землетрясений, переобработанный методом двойных разностей; римскими цифрами на карте обозначены: I – Курайская впадина; II – Чаган-Узунский приподнятый блок.

В 2002 г. в районе Алтайского сейсмологического полигона не было землетрясений с энергией с $K_p > 10$. Расширение сети станций в данном районе позволило фиксировать закономерности распределения слабой сейсмичности до Чуйского землетрясения в его эпицентральной области. Много слабых ($K_p \leq 6$) землетрясений произошло в Чаган-Узунском блоке, но не было землетрясений с $K_p > 6$. Слабая сейсмичность отмечается в Курайской впадине. Сейсмичность Курайского и Айгулакского хребтов в 2002 г. вполне соответствует их обычному режиму. Повысилась сейсмическая активность в пределах Южно-Чуйского и Северо-Чуйского хребтов. Обычно эти хребты очень слабо проявлялись в сейсмичности. В Северо-Чуйском хребте в 2002 г. наиболее сейсмически активна линейная зона вблизи Шавлинских озер. Хорошо пространственно организованный сейсмический процесс зафиксирован в непосредственной близости к Айгулакскому хребту. Цепь землетрясений протянулась вдоль северо-западной границы Сарулюкольской межгорной впадины. Именно эта линейная зона была сейсмически активной в 2000–2001 гг. [2, 3]. Площадная картина сейсмичности Чуйско-Курайской зоны в 2002 г. отличается от картины прошлых лет. Эпицентральная область будущего крупного землетрясения свободна от крупных событий. События с малыми энергиями заполняют почти круговую область с радиусом около 100 км, и наиболее крупные землетрясения 9–10 энергетических классов происходят чаще на окраинах этого круга. Обычно в этой зоне землетрясения регистрировались вдоль линейно вытянутой полосы.

На рис. 7 кругом показан кластер землетрясений в районе Джулукульской межгорной впадины. Высокая сейсмическая активность для западного борта этой впадины явление нормальное. Интерес к данному кластеру был вызван созданием более плотной сети станций на Алтае. Наличие большого числа событий в одной эпицентральной области позволило применить для уточнения координат гипоцентров событий метод двойных разностей [4].

На рис. 8 представлены в проекции на вертикальную плоскость, перпендикулярную юго-западному борту впадины, результаты переобработки кластера методом двойных разностей. Ноль по оси абсцисс соответствует центру отмеченного на карте кластера. Приведенный результат показывает, что землетрясения кластера происходили в интервале глубин 10–24 км и приурочены к разломной зоне, имеющей наклон на запад от впадины.

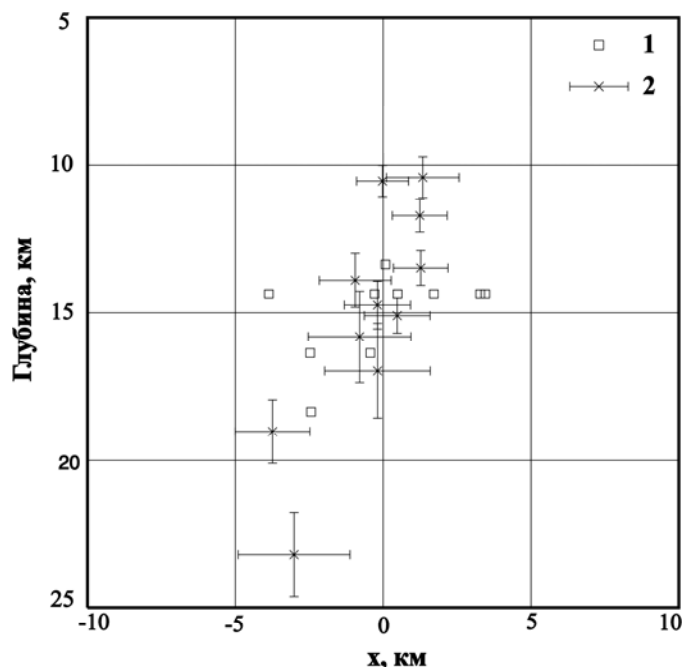


Рис. 8. Положение гипоцентров событий кластера на вертикальной плоскости после применения метода двойных разностей

1 – исходные гипоцентры; 2 – переопределения с ошибками.

Белино-Бусингольская зона в 2002 г. проявилась как зона большого числа землетрясений с малыми энергиями: не было землетрясений с $K_p > 9$ (рис. 9).

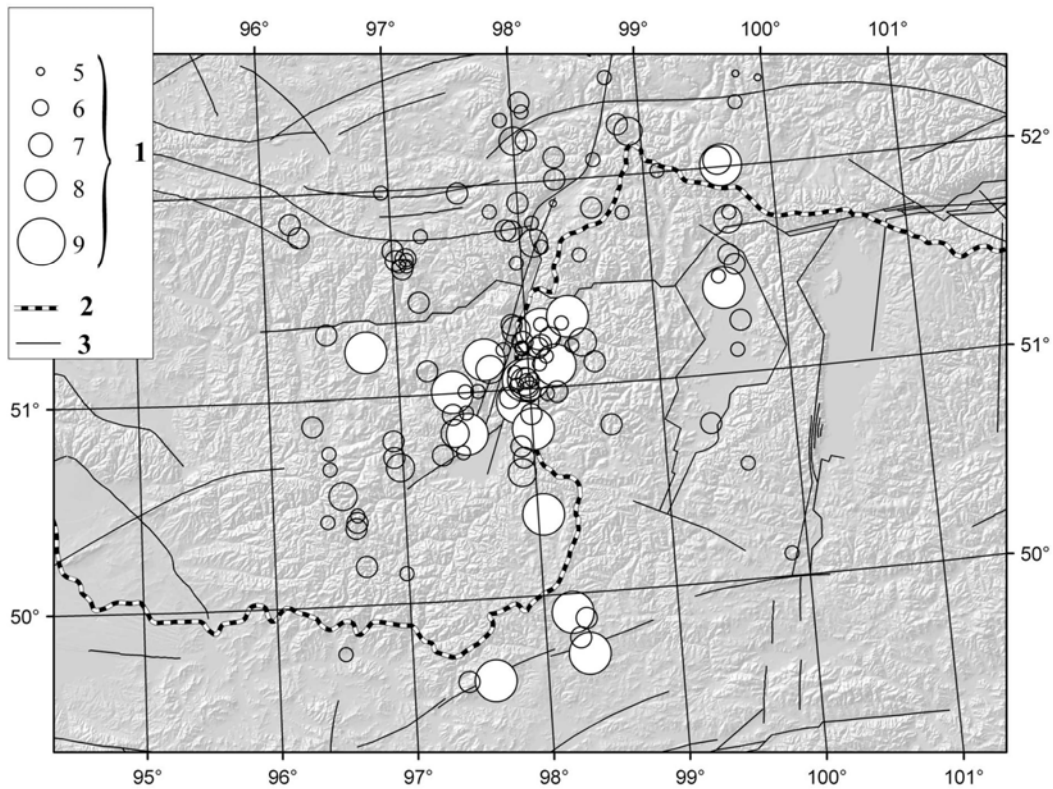


Рис. 9. Карта эпицентров землетрясений Белино- Бусингольской зоны в 2002 г.
1 – энергетический класс K_p ; 2 – государственная граница; 3 – неотектонический разлом.

На рис. 10 представлен график изменения во времени числа событий с $K_p > 7$ (за неделю) для эпицентральной области Бусингольского землетрясения (27.12.1991г., $M=6.5$) в пределах координат $\varphi=50.0-51.5^\circ N$, $\lambda=96.0-99.0^\circ E$ с момента главного толчка до начала 2003 г. На этом рисунке четко виден пульсирующий характер активизации сейсмичности в Бусингольской впадине. В 2002 г. эта зона была спокойна, но не асейсмична. Следует отметить, что пульсирующий характер выражается в числе событий, но не в энергии. В возникновении пульсаций активности нет строгой периодичности, интенсивность пульсаций также меняется без видимой закономерности. Пульсации делают активизацию, вызванную Бусингольским землетрясением, уникальным явлением.

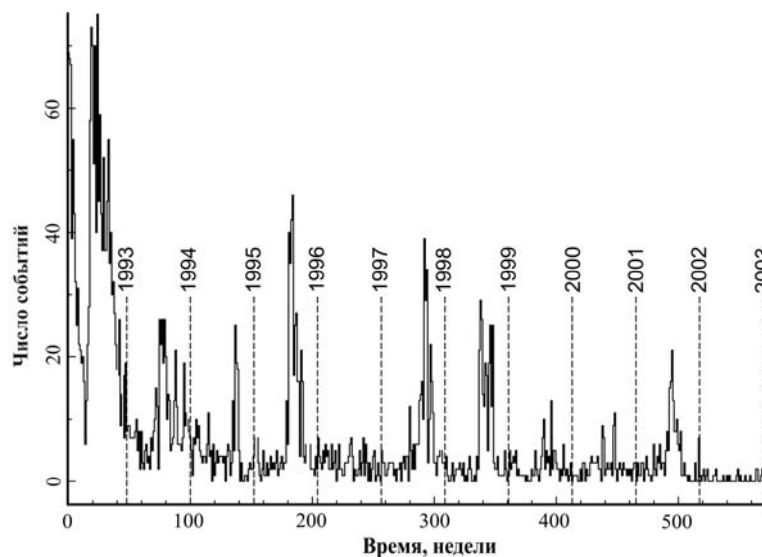


Рис. 10. График числа событий ($K_p > 7$) за неделю для эпицентральной области Бусингольского землетрясения с момента главного толчка до 2003 г.

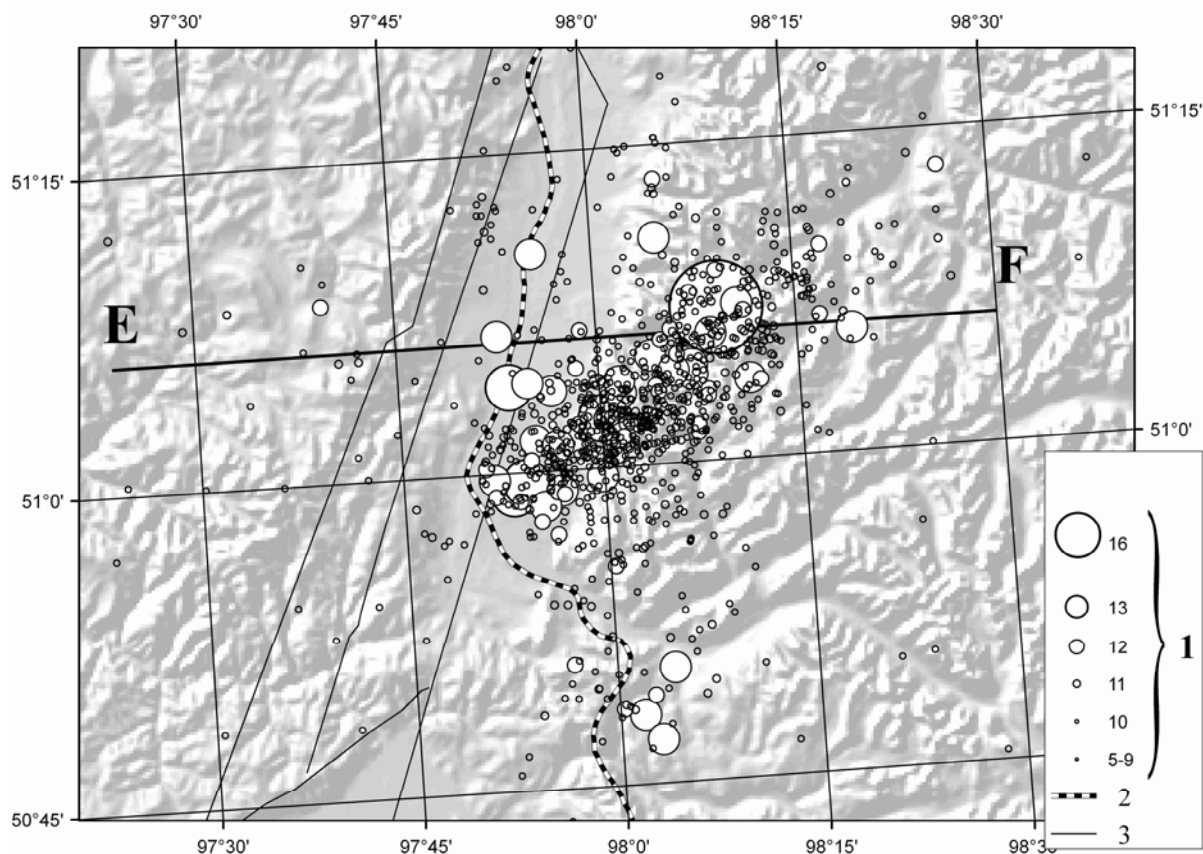


Рис.11. Карта эпицентров первой пульсации в афтершоковом процессе Бусингольского землетрясения (E-F – линия сноса эпицентров для пространственно-временного анализа)

1 – энергетический класс K_p ; 2 – государственная граница; 3 – неотектонический разлом.

Главный толчок Бусингольского землетрясения произошел в Шишхидском нагорье в долине р. Давет-Сайлог-Гол (Монголия), а афтершоки локализованы в вытянутой области, прилегающей под углом к Бусингольской впадине (рис. 11). На рис. 11 представлены землетрясения девятого и более энергетического классов. Если нанести землетрясения всех энергий, то афтершоковое облако захватит все структуры данного района и скроет важные черты энергетически выраженной части процесса. В первой своей стадии афтершоковый процесс Бусингольского землетрясения развивался преимущественно к юго-западу от эпицентра главного толчка. Достаточно крупные события происходили в Бусингольской впадине и с запада от г. Шара-Орхо-Ула. В последнем случае наблюдалась сейсмическая активизация в блоке земной коры, соседнем с эпицентральной областью.

На линию E-F осуществлен снос сейсмических событий эпицентральной зоны в целях изучения пространственно-временных особенностей активизации. Ранее такой анализ был выполнен при линии сноса, ориентированной вдоль Бусингольской впадины [5]. При этом был обнаружен пульсирующий характер сейсмической активизации. В данном случае рассматривается сечение, почти перпендикулярное впадине.

На рис. 12 представлены землетрясения с $K_p \geq 9$. На самом деле пульсаций активности больше, чем видно на рис. 12. Это можно видеть на рис. 10. Ниже рассмотрены только те из пульсаций активности, которые отражаются в землетрясениях, начиная с девятого энергетического класса. Рис. 12 демонстрирует смещение в пространстве пульсаций активности. Видно, что активизированная область удаляется от Бусингольской впадины в глубь Шишхидского нагорья. Вторая пульсация активности отличается от всех остальных присутствием миграции во времени. Процесс активизировался во впадине и мигрировал во времени в область эпицентра в Шишхидском нагорье. Остальные пульсации активности являются синхронными во времени.

Обращает на себя внимание тот факт, что в промежутках между пульсациями активности сейсмический процесс протекает в основном западнее (выделены пунктиром на рис. 12), чем пульсации активности. Это объясняется тем, что землетрясения происходят преимущественно около Бусингольской впадины, а в момент самоорганизации сейсмического процесса в пространстве и времени землетрясения смещаются в долину р. Давет-Сайлог-Гол, к которой и приурочено главное событие. Сейсмичность около Бусингольской впадины в этот момент ослабевает. Сейсмическая активизация, протекающая после Бусингольского землетрясения, распределена по существенно большей площади, чем кратковременные самоорганизующиеся пульсации активности. Часто распределенные во времени и пространстве события обладают существенно большей энергией, чем пульсации. В 2002 г. наблюдалось достаточно большое число землетрясений в Белино-Бусингольской зоне, но без самоорганизации активности во времени и пространстве в кратковременную пульсацию. Отмеченные особенности протекания сейсмического процесса в Белино-Бусингольской зоне согласуются с представлениями о сейсмическом процессе с пространственным изменением напряженного состояния по сейсмологическим [6] и геологическим [7] данным. Сейсмической активизацией, вызванной Бусингольским землетрясением, охвачены рифтовая впадина и разные блоки ее горного обрамления. Таким образом, в один процесс объединяются землетрясения с существенно разными механизмами.

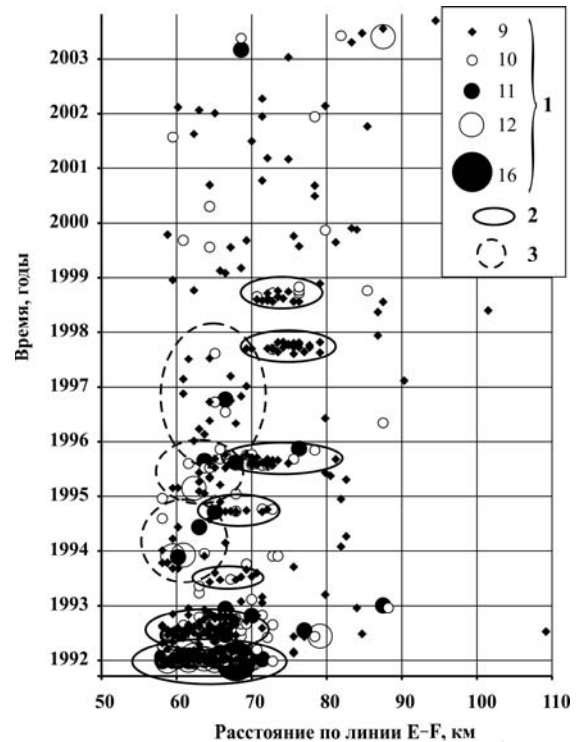


Рис. 12. Пространственно-временной анализ афтершоков Бусингольского землетрясения (в проекции событий на линию Е-Е, рис. 11)

1 – энергетический класс K_p ; 2 – выделяемая пульсация активности; 3 – мигрирующие события.

Л и т е р а т у р а

1. Фатеев А.В., Филина А.Г., Кабанник А.В. Представительность и точность определения параметров эпицентров в АСОМСЭ СО РАН // Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия: Материалы Международной геофизической конференции, г. Новосибирск, 15–19 сентября 2003 г. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – С. 145–150.
2. Еманов А.Ф., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В. Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 165–176.
3. Еманов А.Ф., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В. Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 133–143.
4. Waldhauser F., Ellsworth W.L. A double-difference earthquake location algorithm: Method and Application to the Northern Hayward fault, California // Bull. Seism. Soc. Am. – 2000. – 90. – № 6. – P. 1353–1368.
5. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Филина А.Г., Лескова Е.В. Пространственно-временные особенности сейсмичности Алтае-Саянской складчатой зоны // Физическая мезомеханика. – 2005 – 8. – № 1. – С. 49–64.
6. Мишарина Л.А., Мельникова В.И., Балжинням И. Юго-западная граница Байкальской рифтовой зоны по данным о механизмах очагов землетрясений // Вулканология и сейсмология. – 1983. – № 2. – С. 74–83.
7. Парфеев А.В., Саньков В.А. Напряженное состояние земной коры и геодинамика юго-западной части Байкальской рифтовой системы. – Новосибирск: Гео, 2006. – 151 с.