

## **I. ОБЗОР СЕЙСМИЧНОСТИ**

УДК 550.348.098.64 (-924/-925)

### **СЕВЕРНАЯ ЕВРАЗИЯ**

**О.Е. Старовойт<sup>1</sup>, Р.С. Михайлова<sup>1</sup>, Е.А. Рогожин<sup>2</sup>, Л.С. Чепкунас<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, [ostar@gsras.ru](mailto:ostar@gsras.ru)

<sup>2</sup>Институт физики Земли РАН, г. Москва, [eurog@ifz.ru](mailto:eurog@ifz.ru)

Анализ сейсмичности Северной Евразии в 2003 г. проведен, как и ранее [1], на основе каталога землетрясений [2], составленного по данным ежедекадного Сейсмологического бюллетеня [3] Геофизической службы Российской академии наук (ГС РАН), бюллетеней ISC [4], а также каталогов землетрясений и обзорных статей по регионам и территориям из настоящего сборника. Представлены карты сейсмических станций и эпицентров землетрясений Северной Евразии, изложена тектоническая позиция для сильных и ощутимых землетрясений, определенная по механизмам очагов, картам разломов, картам афтершоков и изосейст.

В 2003 г. в региональных и территориальных системах наблюдений землетрясений Северной Евразии, по сравнению с 2002 годом [1], произведен ряд изменений, описанных в соответствующих обзорах сейсмичности по каждой территории. Под территориальной системой наблюдений понимается система наблюдений в административных субъектах (страна, республика) или в выделенной по геолого-географическим характеристикам части региона (например, Северный Кавказ, Воронежский кристаллический массив – ВКМ, Саратовский геодинамический полигон – СГП). Сводные данные о числе станций в регионах и территориях Северной Евразии представлены в табл. 1, а их расположение показано на рис. 1. Общее число сейсмических станций 403, из них 197 аналоговых, 197 цифровых и 9 станций группирования (аггау). В регионах Алтай и Саяны, Прибайкалье и Забайкалье, на территории Восточной части Балтийского щита все станции цифровые.

**Таблица 1.** Число станций и землетрясений в различных регионах и территориях Северной Евразии в 2003 г.

№	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов	Число землетрясений			$E_{\Sigma}$ , Дж	Источник
		аналоговых	цифровых	группирования		всего	в ЗСЕ, с $M > 2.5$	в ЗСЕ, с $M > 3.5$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	Карпаты	2	10		6.0–12.7	93	93 (19*)	3	$1.0 \cdot 10^{13}$	[5, 6]
II	Крым	5	2		4.4–10.5	62	62	1	$4.6 \cdot 10^{10}$	[8, 9]
III	Кавказ:							49		
	Азербайджан	14	14		4.5–12.5	435	414		$8.2 \cdot 10^{12}$	[10, 11]
	Армения	8	28		4.5–13.6	450	339		$7.8 \cdot 10^{13}$	[12, 13]
	Грузия	7			5.6–12.2	185	261		$3.4 \cdot 10^{12}$	[14,15,16]
	Дагестан	17			4.5–12.1	245			$3.7 \cdot 10^{11}$	[17]
	Северный Кавказ	3	17	1	2.2–12.3	644	657 (1*)		$2.9 \cdot 10^{12}$	[18, 19]
IV	Копетдаг	21	1		2.3–13.0	2088	244	35	$1.8 \cdot 10^{13}$	[20, 21]
V	Средняя Азия и Казахстан:							366		
	Центральная Азия	56			6.1–14.9		870		$1.9 \cdot 10^{15}$	[22, 23]

№	Регион, территория	Число станций			Диапазон классов	Число землетрясений			$E_{\Sigma}$ , Дж	Источник
		аналоговых	цифровых	группирования		всего	в ЗСЕ, с $M > 2.5$	в ЗСЕ, с $M > 3.5$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Таджикистан	12			5.6–13.9		1950 (1223*)		$2.7 \cdot 10^{14}$	[24, 25]
	Северный Тянь-Шань	20	1		6.6–10.8		391		$1.9 \cdot 10^{11}$	[26, 27]
	Казахстан		4	7	8.6–14.3		89		$2.3 \cdot 10^{14}$	[26, 27]
VI	Алтай и Саяны		26		5.1–17.0	12593	2068	119	$2.1 \cdot 10^{17}$	[28, 29]
VII	Прибайкалье и Забайкалье	1	22		4.6–14.3	8514	705	34	$2.9 \cdot 10^{15}$	[30, 31]
VIII	Приамурье и Приморье	8			5.1–16.5	479	479 (7**)	16	$3.2 \cdot 10^{16}$	[32, 33]
IX	Сахалин	4			7.2–13.6		193 (14**)	18	$9.0 \cdot 10^{12}$	[34, 35]
X	Курило-Охотский регион	3			4.0–7.0*	619	619 (190*) (26**)	462	$3.9 \cdot 10^{15}$	[36, 37]
XI	Камчатка и Командорские острова	7	29		3.7–14.8	5718	1237 (193*) (35**)	120	$1.3 \cdot 10^{15}$	[38, 39]
XII	Северо-Восток России	1	12		5.6–11.9	217	217	11	$3.0 \cdot 10^{12}$	[40, 41]
XIII	Якутия	2	15		5.6–12.1	294	114	8	$2.7 \cdot 10^{12}$	[42, 43]
XIV	Восточно-Европейская платформа:							0		
	Восточная часть Балтийского щита		1	1	4.1–8.5	23	23		$5.0 \cdot 10^8$	[44, 45]
	Беларусь		4		4.8–8.1	90	58		$1.1 \cdot 10^9$	[46, 47]
	ВКМ	1	3		2.0–8.8	45	26		$1.9 \cdot 10^9$	[48, 49]
	СГП		7		1.1–2.7*	7	7		$6.3 \cdot 10^8$	[50, 51]
XV	Арктика				3.2–5.1*		29	10	$1.5 \cdot 10^{11}$	[52, 53]
	Антарктика	1	1		6.0–7.0*		103			[54, 55]
	Всего	197	197	9		32815	11248	1252	$2.53 \cdot 10^{17}$	

Примечание. В графе 6 знаком \* отмечены случаи замены диапазона классов  $K$  на магнитуды  $MLH$  – для Курил,  $M_L$  – для СПГ,  $m_b$  – для Арктики,  $MPSP$  – для Антарктиды; в графе 9 знаками \* и \*\* отмечены числа землетрясений с  $h = 70\text{--}350$  км и  $>350$  км соответственно.

В пределах Северной Евразии в 2003 г. силами учреждений, перечисленных во Введении [56], зарегистрировано и обработано 32815 землетрясений, из которых 11248 в основном с  $K \geq 8.6$  включены в региональные и территориальные каталоги. Минимальным в них является землетрясение с  $K_p = 2.2$ , записанное 26 августа в 19<sup>h</sup>05<sup>m</sup> и локализованное на Северном Кавказе [19], максимальным – землетрясение Токачи-Оки 25 сентября в 19<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $MS = 8.3$  [3] вблизи о. Хоккайдо. Глубокие землетрясения с  $h$  от 350 до 650 км произошли в дальневосточных зонах субдукции – в Приморье [33], в прибрежье Сахалина [35], в Курило-Охотском регионе [37], на Камчатке [39]. Очаги с промежуточной глубиной очага  $h = 70\text{--}350$  км отмечены в районах Вранча [6], на Северном Кавказе [19] и в Гиндукуше [25]. На остальной территории Северной Евразии значения  $h < 70$  км.

Распределение землетрясений с  $M \geq 3.6$  в 2003 г., приведенное на рис. 2, в общих чертах повторяет наблюдавшееся в предыдущие годы [1, 57, 58]. Наибольшая плотность эпицентров отмечается в пределах Тихоокеанского сейсмического пояса.

Для построения сводной карты эпицентров землетрясений (рис. 2) использованы наблюдаемые магнитуды  $M$ , равные магнитуде  $MLH$  в [33, 35, 37] или близкие к ней магнитуды  $MS$  из [3],  $M_s$ ,  $M_w$  из [4]. При их отсутствии использованы расчетные магнитуды.

Для землетрясений с  $h < 70$  км пересчет сделан из энергетических классов ( $K$ ) в  $M$ .



Рис. 1. Сейсмические станции Северной Евразии в 2003 г.

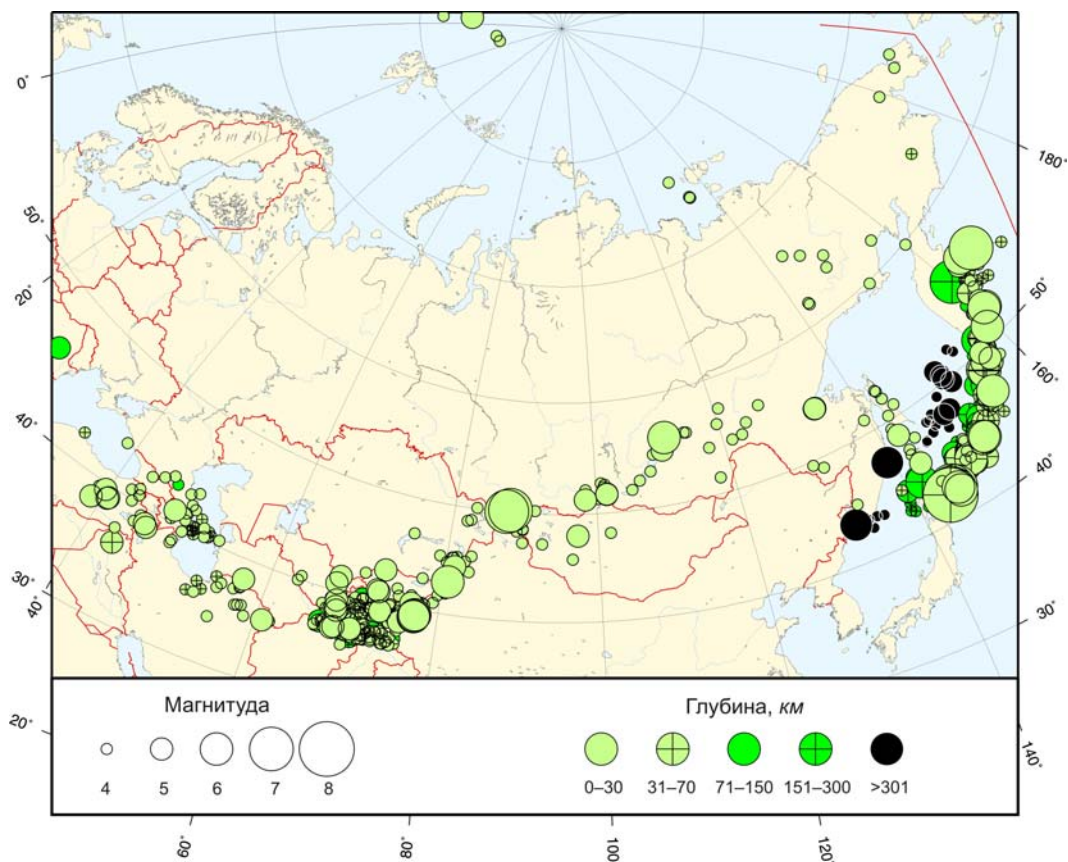


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Северной Евразии с  $M \geq 3.6$  за 2003 г.

Для Карпат, Кавказа, Средней Азии и Казахстана, Алтая, Прибайкалья и Забайкалья, Приамурья и Приморья, Северо-Востока России, Якутии и Беларуси использована формула  $M=0.55K_p-2.2$  [60], где  $K_p$  по [59].

Для Копетдага – формула  $M=0.68K_p-3.8$  [61].

Для Крыма – формула  $M=0.55K_{II}-2.3$  [63], где  $K_{II}$  по [62].

Для Сахалина и Курило-Охотского региона – формула  $M=0.5K_C-0.6$  [64], где  $K_C$  по [64, 65].

Для Камчатки – формула  $M=0.92K_S-6.44$  [67], где  $K_S$  по [66].

Для Восточной части Балтийского щита – формула  $M=0.69K-3.64$ , где  $K$  по [68].

Для глубоких землетрясений с  $h \geq 70$  км в магнитуды  $M$  пересчитаны магнитуды  $MSH$  для Карпат по формуле  $M=1.52+0.84MSH$  [70], для Сахалина и Курил –  $M=-2.28+1.33MSH$  [65, 71, 72]. В Таджикистане для глубоких землетрясений используется та же формула из [60], что и для коровых землетрясений, но при этом энергетический класс  $K_p$  определяется по номограмме [59] с учетом не эпицентральных, а гипоцентральных расстояний [73]. Кроме того, магнитуда  $M$  принималась равной магнитуде  $M_c$  по сейсмической коде в Крыму [63], на Алтае [74] и Камчатке [75].

Суммарное число сильных землетрясений с магнитудой  $M \geq 3.6$  в 2003 г. составило  $N_\Sigma=1252$  (табл. 1), что выше соответствующих оценок за предыдущие годы (в 2000 г. –  $N_\Sigma=1031$  [57], в 2001 г. –  $N_\Sigma=1170$  [58], в 2002 г. –  $N_\Sigma=1071$  [1]).

Значение суммарной сейсмической энергии всех землетрясений Северной Евразии в 2003 г. (без приграничного землетрясения с  $MS=8.3$ ) составило  $\Sigma E=2.53 \cdot 10^{17}$  Дж, что почти в два раза больше соответствующего уровня в 2002 г. ( $\Sigma E=1.35 \cdot 10^{17}$  Дж [1]).

График повторяемости землетрясений за 2003 г., приведенный на рис. 3, характеризуется уравнением

$$\lg N = (5.99 \pm 0.20) - (0.73 \pm 0.03) M$$

с наклоном  $b = -0.73$ , что ниже среднего.

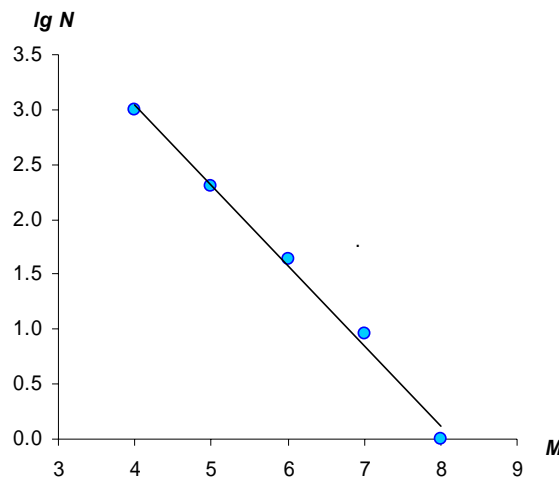


Рис. 3. График повторяемости землетрясений Северной Евразии за 2003 г.

Помимо упомянутого выше максимального ( $MS=8.3$ ) землетрясения, следует отметить еще 9 заметных землетрясений (табл. 2). Из них прежде всего Чуйское (Алтайское) с  $MS=7.3$  в Горном Алтае, остальные – с меньшими магнитудами, которые, однако, представляют интерес либо по макросейсмическим проявлениям, либо по положению очаговых зон (рис. 4).

Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений почти во всех регионах оценивался по шкале балльности MSK-64 [76], за исключением Курило-Охотского региона, где в ряде случаев использована шкала JMA [77], Алтай, где для Чуйского (Алтайского) землетрясения использована новая шкала INQUA по геологическим проявлениям землетрясений [78] (другое ее название – шкала ЕЕЕ [79]), а также Прибайкалья, где для Куморского землетрясения, наряду с MSK-64, использована региональная шкала балльности [80].

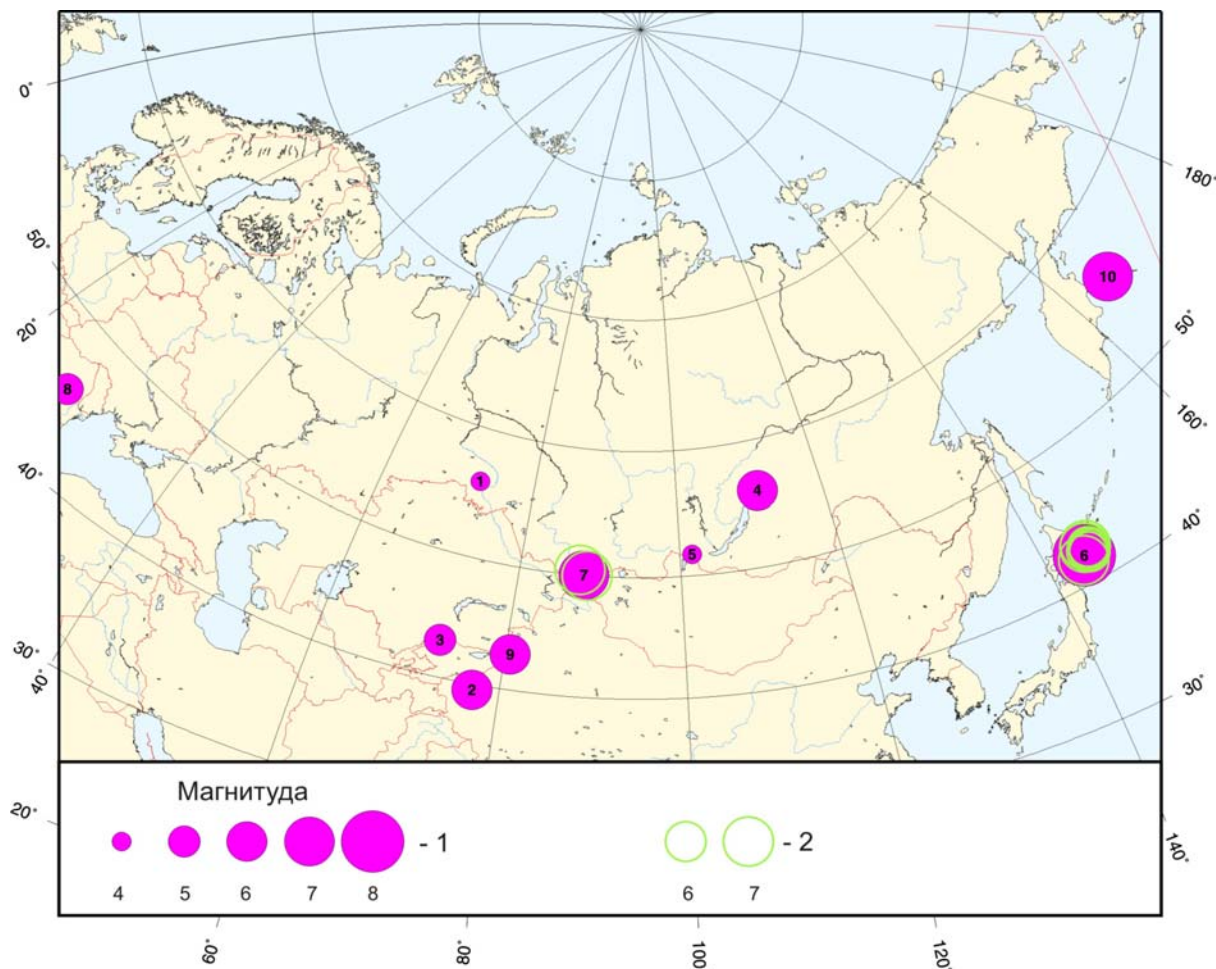


Рис. 4. Наиболее заметные землетрясения 2003 г. в разных частях Северной Евразии (номера 1–10 соответствуют таковым в табл. 2, 3)

1, 2 – магнитуда главных землетрясений и афтершоков соответственно.

Таблица 2. Заметные землетрясения Северной Евразии в 2003 г. и сильные ( $M \geq 6.0$ ) афтершоки после Токачи-Оки и Чуйского (Алтайского) толчков

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	Магнитуды		Регион, территория, название землетрясения
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$		$M_S$ по [3]	$M_W$ по [4]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13.02.2003	21 37 38.3	55.94	72.50	18	3.6		Западная Сибирь – Тюкалинское, $I_0=4-5$ [81]
2	24.02.2003	02 03 40.2	39.52	77.21	26*	6.3	6.3	Средняя Азия и Казахстан – $I_0=9$ [82]
3	22.05.2003	18 11 54.2	42.97	72.77	6*	5.5	5.5	Средняя Азия и Казахстан – Луговское, $I_0=7-8$ [83]
4	16.09.2003	11 24 54.4	56.05	111.34	18*	5.8	5.6	Прибайкалье и Забайкалье – Куморское, $I_0=7$ [84]
5	17.09.2003	02 59 57.2	51.75	101.53	12*	4.4		Прибайкалье и Забайкалье – Хойтогольское, $I_0=6-7$ [85]
6	25.09.2003	19 50 08.7	42.07	143.81	35	8.3	8.1	Япония – Токачи-Оки, $I_0=8$ [86]
6(1)	25.09.2003	21 08 00.2	41.80	143.52	35	7.2	7.3	Афтершок к 25.09
6(2)	26.09.2003	06 26 58.7	42.30	144.52	41	6.0	5.9	Афтершок к 25.09
6(3)	26.09.2003	20 38 22.7	42.12	144.42	33	6.1	6.0	Афтершок к 25.09
7	27.09.2003	11 33 25.1	50.03	87.97	16*	7.3	7.3	Алтай и Саяны – Чуйское (Алтайское), $I_0=9-10$ [87–89]

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	Магнитуды		Регион, территория, название землетрясения
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E		$M_S$ по [3]	$M_w$ по [4]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7(1)	27.09.2003	18 52 47.1	50.06	87.79	10	6.6	6.4	Афтершок к 27.09
6(4)	29.09.2003	02 36 54.8	42.56	144.26	33	6.8	6.5	Афтершок к 25.09
7(2)	01.10.2003	01 03 25.0	50.13	87.70	10	6.9	6.3	Афтершок к 27.09
8	05.10.2003	21 38 16.5	45.66	26.47	145*	4.8 <sup>p</sup>		Карпаты – $I_0=4-5$ [90]
6(5)	08.10.2003	09 06 57.7	42.69	144.41	51	6.7	6.7	Афтершок к 25.09
6(6)	11.10.2003	00 08 51.7	42.25	144.26	45	6.2	5.8	Афтершок к 25.09
9	01.12.2003	01 38 32.6	42.92	80.55	2*	6.0	6.0	Средняя Азия и Казахстан – $I_0=8$ [26]
6(7)	03.12.2003	14 11 14.9	42.40	144.62	40	6.0	5.9	Афтершок к 25.09
10	05.12.2003	21 26 14.1	55.78	165.43	29	6.8	6.6	Командорские острова – Командорское-II, $I_0=7$ [91]
6(8)	29.12.2003	01 30 55.3	42.48	144.57	36	6.2	6.1	Афтершок к 25.09

Примечание. В графе 1 в записи типа «6(1)» первая цифра указывает номер главного толчка, вторая – порядковый номер его афтершока; в графе 6 знаком \* отмечена глубина  $h$  по фазе  $pP$  из [4].

Для всех землетрясений из табл. 2, кроме Тюкалинского, в табл. 3 приведены решения механизмов очагов.

Таблица 3. Механизм очагов заметных землетрясений по мировым и региональным данным

№	Агент-ство	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$M_S$	$M_w$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точ-ник
							$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
							$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	HRVD	24.02	02 03 40.2	24	6.3	6.3	69	37	15	263	15	169	239	33	62	92	61	107	[4]
2	NEIC	24.02	02 03 41.5	11	6.3		51	353	1	84	39	175	273	6	99	84	84	89	[4]
3	HRVD	22.05	18 11 57.4	28	5.5	5.5	51	264	37	109	12	9	62	46	34	307	67	131	[4]
3	NNC	22.05	18 11 54.2	10			41	77	46	283	13	179	47	51	23	303	73	140	[83]
4	HRVD	16.09	11 24 52.2	15	5.8	5.6	9	326	18	59	70	210	35	39	-119	251	56	-68	[4]
4	NEIC	16.09	11 24 52.2	10		5.5	7	328	17	61	72	215	40	40	-116	253	55	-69	
4	BYKL	16.09	11 24 54.4	19			13	322	14	55	70	190	244	60	-74	34	34	-116	[84]
5	BYKL	17.09	02 59 57.2		4.4		55	136	23	8	25	267	196	74	114	318	29	35	[85]
6	HRVD	25.09	19 50 06.4	28		8.3	53	289	7	29	36	124	250	11	132	28	82	83	[4]
6	MOS	25.09	19 50 08.7	35	8.3	8.1	64	306	5	207	26	114	193	20	76	28	71	95	[3]
6	NEIC	25.09	19 50 06.4	27		8.1	52	309	2	41	38	132	234	7	103	41	83	88	[4]
6	JMA	25.09	19 50 07.4	45		8.0	36	299	3	207	54	112	47	10	-70	206	81	-93	[4]
6(1)	HRVD	25.09	21 08 00.0	47	7.2	7.3	63	305	1	212	27	122	208	18	86	33	72	91	[4]
6(2)	HRVD	26.09	06 26 57.2	55	6.0	5.9	71	284	7	34	17	126	227	28	104	31	63	82	[4]
6(3)	HRVD	26.09	20 38 22.1	22	6.1	6.0	61	289	8	33	28	127	238	19	116	31	73	82	[4]
7	HRVD	27.09	11 33 25.1	15		7.3	28	89	62	272	1	180	228	70	20	131	71	158	[4]
7	NEIC	27.09	11 33 25.1			7.3	10	262	69	143	18	356	38	70	-5	130	85	-160	[4]
7	MOS	27.09	11 33 26.5	24		6.9	11	257	78	90	3	347	33	80	6	302	84	170	[3]
7	ALTAY	27.09	11 33 25.1				271	14	76	90	181	0	315	80	170	47	80	10	[88]
7(1)	HRVD	27.09	18 52 47.0	15	6.6	6.4	33	78	57	256	1	347	117	67	156	217	68	25	[4]
6(4)	HRVD	29.09	02 36 53.1	35	6.8	6.5	60	300	7	41	30	135	244	17	114	40	75	83	[4]
7(2)	HRVD	01.10	01 03 25.2	15	6.9	6.6	20	83	67	297	12	177	221	67	5	129	85	157	[4]
8	ZUR	05.10	21 38 17.4	153	4.8	4.5	74	251	9	14	13	106	9	58	80	208	33	106	[4]
6(5)	HRVD	08.10	09 06 55.3	36	6.7	6.7	59	287	11	35	28	131	248	19	124	32	74	79	[4]
6(6)	HRVD	11.10	00 08 49.1	24	6.2	5.8	53	223	26	193	24	90	138	31	31	21	74	117	[4]
9	HRVD	01.12	01 38 32.0	15	6.0	6.0	56	329	7	70	33	165	281	14	122	69	78	83	[4]
9	NEIC	01.12	01 38 32.0	10		5.9	71	341	0	71	19	161	251	26	90	71	64	90	[4]
9	NNC	01.12	01 38 32.6	0			84	266	6	77	1	167	83	44	100	251	46	82	[91]
6(7)	HRVD	03.12	14 11 14.0	29	6.0	5.9	62	290	7	33	27	126	233	19	111	31	72	83	[4]

№	Агент-ство	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$MS$	$M_w$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точ-ник
							$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
							$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	HRVD	05.12	21 26 09.5	18		6.6	47	65	43	233	6	328	95	54	147	206	64	41	[4]
10	NEIC	05.12	21 26 09.5	10		6.7	50	113	5	17	40	284	334	7	46	198	85	95	[4]
10	MOS	05.12	21 26 11.5	25	6.8	6.7	55	72	24	202	23	303	194	72	65	71	30	144	[3]
10	KRSC	05.12	21 26 14.1	29			39	58	45	202	19	312	189	77	43	87	48	163	[92]
6(8)	HRVD	29.12	01 30 54.7	29	6.2	6.1	58	294	6	34	31	128	238	15	115	33	76	83	[4]

Примечание. Параметры  $t_0$  и  $h$  в графах 4, 5 соответствуют данным агентства, указанного в графе 2.

Ниже описаны некоторые детали реализации и проявлений землетрясений, приведенных в табл. 2, 3 в порядке спада их магнитуд.

Максимальное ( $MS=8.3$ ) землетрясение (6, табл. 2), возникшее близ о. Хоккайдо (рис. 4), получило название Токачи-Оки. Согласно [4], «по меньшей мере, 755 человек ранены, произошли обширные разрушения, обвалы, оползни, разрывы линий электропередач, были разрушены многие дороги. Вдоль юго-восточного побережья Хоккайдо возникли цунами с максимальной высотой до 4 м [4]». В г. Томакомаи загорелось нефтехранилище, наполненное топливом. В районе г. Омбецу с рельсов сошел пассажирский поезд, около 40 пассажиров получили ранения [92]. Землетрясение сопровождалось большой серией афтершоков. Параметры очага, полученные по данным анализа  $P$ - и  $S$ -волн, следующие: сейсмический момент –  $1.0 \cdot 10^{21}$  Н·м, сброс напряжений – 50 ТПа, начало разрыва – на глубине 25 км, длительность разрыва – 40 с, максимальный сдвиг – 5.8 м, средний сдвиг – 2.6 м, площадь разрыва составляет  $90 \times 70$  км<sup>2</sup> [93]. Максимальное пиковое ускорение составило  $988$  см/с<sup>2</sup>, а амплитуды  $>200$  см/с<sup>2</sup> регистрировались во многих местах на востоке о. Хоккайдо [94]. По данным донных сейсмографов, зафиксировано поднятие морского дна на  $37 \pm 5$  см непосредственно в области гипоцентра [95]. Произошло вспарывание того же участка разлома, что и при землетрясении с  $M=8.2$  в 1952 г. Эти оба землетрясения связывают с меганадвигами, возникшими вследствие сегментарного разрыва Тихоокеанской плиты под аккреционной призмой Хоккайдо–Тихоку [96]. Площадь области очага  $\sim 1.4 \cdot 10^4$  км<sup>2</sup> частично совпадает с областью деформации морского дна (площадью  $\sim 2.52 \cdot 10^4$  км<sup>2</sup>), связанной с землетрясением 1952 г. [93].

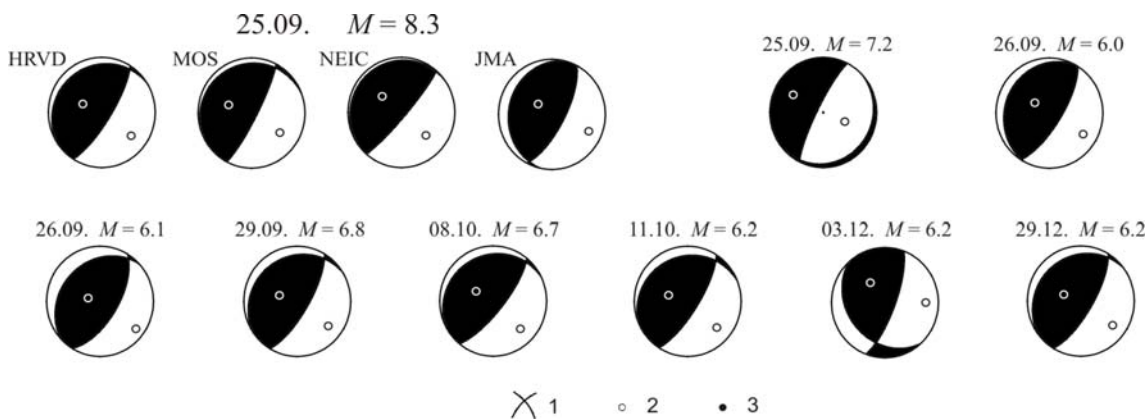


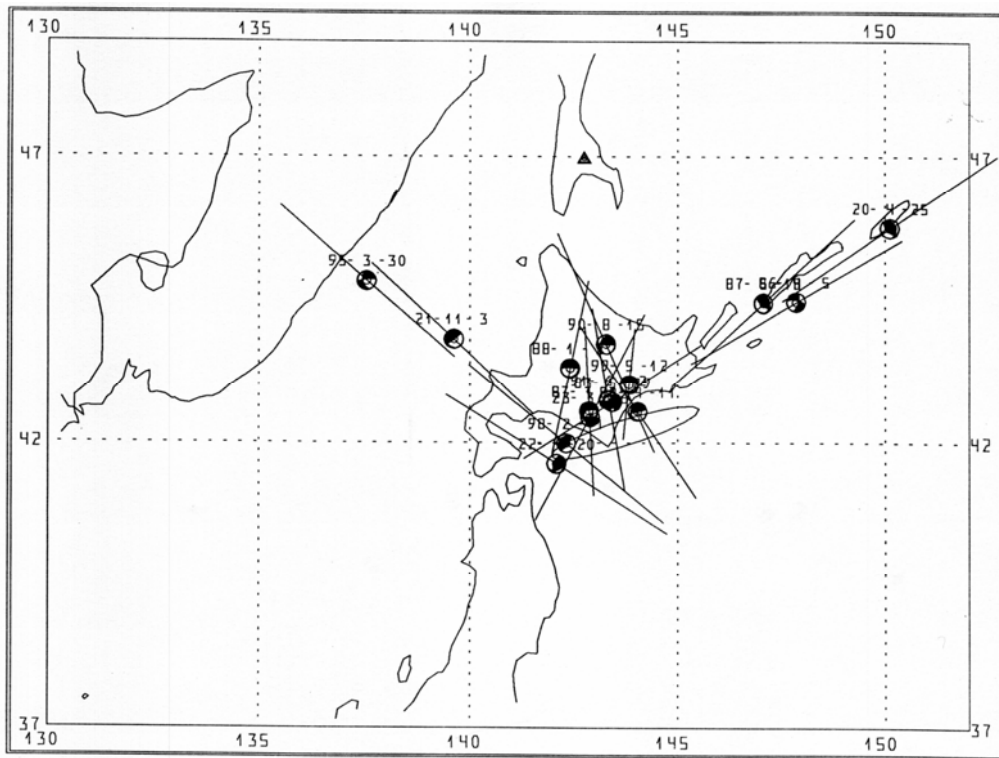
Рис. 5. Стереогаммы механизма очага главного землетрясения Токачи-Оки с  $MS=8.3$  и восьми его сильных ( $MS \geq 6.0$ ) афтершоков

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернены области волн сжатия.

По данным всех агентств, движение в очаге главного толчка произошло под превалирующим действием сжимающих напряжений, ориентированных на юго-восток (рис. 5). Произошла подвижка типа взброс по близвертикальной плоскости северо-восточного простираения (с компонентами левостороннего сдвига) или типа надвиг по пологой плоскости направления восток–северо-восток (с компонентами правостороннего сдвига). Механизмы

очагов восьми афтершоков с  $MS \geq 6.0$  близки как между собой, так и с механизмом очага главного толчка.

Следует отметить, что для определения положения очаговой зоны землетрясения Токачи-Оки, кроме сведений о сеймотектонике района и механизме очага использовались дополнительные данные. Это результаты обработки записей 30 афтершоков, возникших в течение четырех суток после главного землетрясения, и 19 толчков (возможно, форшоков), предваивших его в январе–сентябре 2003 г. [98]. Пространственное распределение этих форшоков и афтершоков, глубина половины общего числа которых превосходила 40–60 км, а у трети составляла 100 км и более (в отдельных случаях – 130–150 км), позволило в качестве действующей nodальной плоскости в очаге выбрать пологую поверхность с азимутом простирания  $250^\circ$  и падением на северо-запад. Очаговая зона рассматриваемого землетрясения представлена эллипсом с продольной осью именно такого направления (рис. 6), ее размеры вычислены в зависимости от магнитуды. Очаг землетрясения 25.09.2003 г., согласно имеющимся геологотектоническим данным располагался к юго-востоку от п-ва Эримо на материковом склоне в области трансформной зоны подводного поднятия Хидака, на границе Японского и Курило-Камчатского сегментов глубоководного желоба [100].



**Рис. 6.** Очаговая зона землетрясения 25.09.2003 г. с  $MS=8.3$  близ о. Хоккайдо и эпицентры его заглубленных форшоков со стереограммами механизма очагов и осями напряжений сжатия  $P$

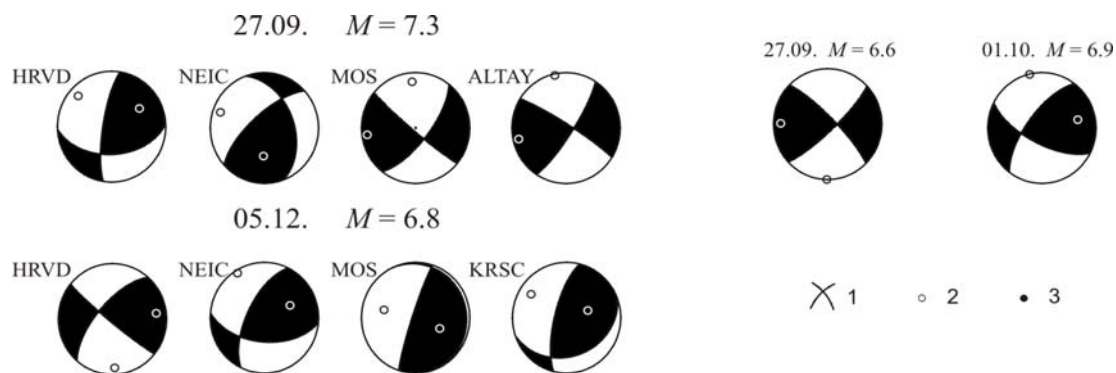
Здесь же показаны его глубокофокусные форшоки, выявленные с помощью критериев К. Моги [97], дополненных А.И. Захаровой и Е.А. Рогожиным [98]. Число форшоков  $N=14$ , а период проявления  $T$  составляет 19 лет. Эти параметры форшокового процесса хорошо согласуются с зависимостями, выявленными ранее [98, 99].

Магнитудой около 7 характеризуются семь землетрясений (см. табл. 2), из которых одно – Чуйское (Алтайское; 27 сентября в  $11^{\text{h}}33^{\text{m}}$  с  $MS=7.3$ ,  $I_0=9-10$  баллов) – в Горном Алтае [88], другое – Командорское-II (5 декабря в  $21^{\text{h}}26^{\text{m}}$  с  $MS=6.8$ ,  $I_0=7$  баллов) – на Командорских островах [91]; остальные являются афтершоками землетрясений Токачи-Оки и Чуйского (Алтайского).

Чуйское (Алтайское) землетрясение (7), произошедшее в южной части Горного Алтая (рис. 4), – сильнейшее в регионе Алтай и Саяны за всю историю сейсмологических наблюде-



ний [88]. В процессе палеосейсмогеологических исследований [101], проведенных в очаговой области землетрясения до него, выяснилось, что за последние 5000 лет в его очаге произошло семь землетрясений с магнитудой  $M=7.0\div 8.0$  и периодом повторяемости 500–900 лет. В статье [87] наст. сб. дано описание геологических и геоморфологических проявлений очага. Землетрясение сопровождалось выходом очага на поверхность с образованием системы сейсморазрывов (в основном правосторонних сдвигов) северо-западной ориентировки длиной более 70 км на северных склонах Северо- и Южно-Чуйского хребтов. Отмечается хорошая корреляция выхода очага на поверхность земли в виде этой системы первичных сейсморазрывов и положением облака эпицентров афтершоков, зарегистрированных временной сетью сейсмических станций ИФЗ РАН в 2004 и 2005 гг. (см. [89] в наст. сб.). Обнаружена также развитая сеть тектонических нарушений, оперяющих этот основной первичный сейсморазрыв. Вторичные (гравитационные и вибрационные) сейсмодислокации проявились в виде обвалов, оползней и грифонов на территории плейстосейстовой зоны. Они распространены на площади примерно  $90\times 25 \text{ км}^2$ . Вся совокупность выявленных проявлений и изменений рельефа в очаговой зоне Алтайского землетрясения соответствует интенсивности сотрясений 9–10 баллов по шкале ЕЕЕ [79]. В результате изучения тектонической позиции очага землетрясения на Горном Алтае можно проследить продолжение на север основных сейсмоактивных зон Монгольского и Гобийского Алтая, на территории которых неоднократно возникали землетрясения с магнитудой  $M>7.0$  [87].



**Рис. 7.** Стереогаммы механизма очага Чуйского (Алтайского) землетрясения с  $MS=7.3$ , двух его сильных ( $MS\geq 6.0$ ) афтершоков и Командорского-II землетрясения с  $MS=6.8$

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернены области волн сжатия.

Командорское-II землетрясение (10) произошло 5 декабря 2003 г. к северо-западу от о. Беринга (рис. 4) под водами Берингова моря на северном материковом склоне Алеутской островной дуги (рис. 4). Согласно решению фокального механизма (по данным KRSC [91], MOS [3], HRVD, NEIC [4]), подвижка в очаге имела сдвиговую кинематику с небольшой взбросовой составляющей в обстановке горизонтального положения оси сжатия, имеющей северо-западное простирание, и оси растяжения, ориентированной в северо-восточном направлении. По близмеридионально ориентированной нодальной плоскости это мог произойти левосторонний сдвиг-взброс, а по близширотной – правосторонний. Повторные измерения горизонтальных деформаций поверхности, произведенные приборами GPS на мысе Африка (станция «Крутоберегово») и о. Беринга (станция «Беринг»), позволили выявить косейсмическое смещение пунктов наблюдений навстречу друг другу: первого на юго-восток, а второго на северо-запад, что в целом соответствует правосдвиговой подвижке в очаге землетрясения. Общее смещение поверхности составило около 15–20 мм.

Облако эпицентров афтершоков, возникших в очаговой области землетрясения в течение первых полутора месяцев после главного толчка, имело в плане овальную форму. Длинная ось этого овала оказалась ориентированной в близширотном направлении. Поэтому в качестве действующей плоскости в очаге главного события следует выбрать именно близширотную ориентированную нодальную плоскость, а подвижку в очаге оценить как правосторонний сдвиг-взброс.

Эпицентр землетрясения (10) приурочен к узлу сочленения крупного активного разлома Беринга, имеющего северо-западное простирание, и более короткого разлома близширотной ориентировки, следующего вдоль нижней кромки континентального склона [100]. Этот оперяющийся разлом, к которому тяготеет очаг землетрясения, по-видимому, и является геологической структурой, которая породила Командорское-II землетрясение.

Землетрясения (2, 4, 9) с  $M=6$  в 2003 г. реализовались в системе Южного Тянь-Шаня (24 февраля в  $02^h03^m$  с  $MS=6.3$ ,  $I_0=9$  [82]), в северном Прибайкалье (16 сентября в  $11^h24^m$  с  $MS=5.8$ ,  $I_0=7$  [84]) и на восточной границе Казахстана с Китаем (1 декабря в  $01^h38^m$  с  $MS=6.0$ ,  $I_0=8$  [26]).

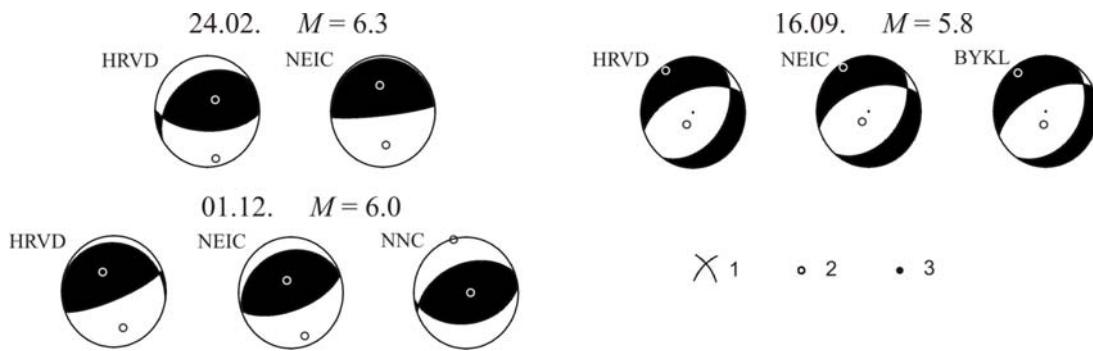


Рис. 8. Стереогаммы механизма очагов главных землетрясений с  $MS=6$ : 24 февраля, 16 сентября и 1 декабря

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернены области волн сжатия.

Землетрясение (2) произошло в верховьях р. Кашгар. По данным в [4], от него погибли 261 человек и ранены 4000 человек, разрушены 71 000 и повреждены 40 119 зданий, зафиксированы разрывы коммуникаций, погибли около 38 259 голов крупного рогатого скота. Землетрясение предварялось затишьем [82] и сопровождалось интенсивной ( $N>400$ ) серией афтершоков [102].

На Карте литосферной динамики Китая [103] видно, что в очаговой зоне землетрясения 24 февраля 2003 г. никаких протяженных тектонических зон не отмечается. Однако с юго-востока в район эпицентра трассируется зона активных разломов, выраженная в рельефе в виде линеамента запад–северо-западного простирания. С другой стороны, по материалам Карты разломов территории СССР [100] и Альбома... [104], значительная по протяженности Мазартагская зона активных в неоген-четвертичное время разломов запад–северо-западной ориентировки протягивается в эпицентральную зону из пустыни Такла-Макан. Вдоль северо-западного отрезка этой зоны сосредоточена цепочка эпицентров афтершоков первых трех дней после главного толчка [82]. В связи с этим в качестве действующей в очаге нодальной плоскости по решению HRVD следует выбрать широтную плоскость  $NP2$ , крутопадающую в южном направлении (рис. 8 а, б). Важно также отметить, что вдоль этой тектонической зоны в течение XX в. зарегистрировано более десяти сейсмических событий с магнитудой от 6.0 до 7.0. При этом сейсмическая активизация часто имела роевый характер [105].

В северном Прибайкалье землетрясение (4), произошедшее 16 сентября 2003 г., названо Куморским [84]. Эпицентр этого умеренного по энергии сейсмического события располагался вблизи осевой части юго-западного сегмента Верхнеангарской новейшей межгорной впадины, входящей в систему грабенообразных депрессий, наращивающих к северо-востоку Байкальскую рифтовую зону. С бортов эта впадина ограничена разломами северо-восточного простирания: Верхнеангарским – с севера и Северо-Муйским – с юга. Их кинематика на кайнозойском этапе развития определяется как сбросо-сдвиговая, причем в новейших смещениях заметно преобладает сбросовая составляющая.

Согласно решению механизма очага, весьма сходному для данных разных сейсмологических агентств (рис. 8), обе нодальные плоскости ориентированы с запад–юго-запада на восток–северо-восток параллельно простиранию длинной оси самой впадины (см. [84] в наст. сб.).

Ось сжатия для всех решений близвертикальна, а ось растяжения – близгоризонтальна и ориентирована с юго-востока на северо-запад. Подвижка в очаге, таким образом, выглядит как сброс северо-восточного простирания с незначительной сдвиговой составляющей. Локация эпицентров афтершоков авторами статьи [84] признана ненадежной в связи с редкой сетью сейсмических станций в этой части Прибайкалья. Поэтому ориентировка длинной оси овального в плане облака эпицентров повторных толчков с юго-востока на северо-запад, вкост простирания обеих нодальных плоскостей, ими признана не обеспеченной надежными сейсмологическими данными. В то же время расположение эпицентра главного толчка в юго-восточной части облака афтершоков может свидетельствовать в пользу погружения действующей плоскости в очаге в северо-западном направлении, от центральной части Верхнеангарской впадины к ее северо-западному крутому борту. В таком случае в качестве действующей поверхности в очаге следует выбрать нодальную плоскость  $NP2$ , падающую в северо-западном направлении под углом  $50\text{--}60^\circ$ .

Эпицентр главного толчка приурочен к скрытому под молодыми осадками впадины местному Центральному разлому. Положение разлома на поверхности земли подчеркивается линейным отрезком долины р. Верхняя Ангара. Согласно [106], эпицентр главного толчка совпадает с юго-западным окончанием этого внутривпадинного разлома северо-восточного простирания (см. рис. 9 в [84]). Центральный разлом характеризуется падением плоскости сместителя в северо-западном направлении под углом  $70^\circ$ , что также согласуется с положением в недрах нодальной плоскости  $NP2$ . При этом смещение в очаге землетрясения, по-видимому, вызвало проседание всего блока коры в северо-западной части впадины между Центральным и Верхнеангарским разломами. Отсюда ясно, почему, согласно распределению эпицентров афтершоков, активизировалась область, значительно превышающая по площади размеры очага землетрясения с  $M_w=5.6$ .

Землетрясение (9) произошло в приграничном с Китаем районе Казахстана. Его расчетная интенсивность сотрясения в эпицентре равна 8 баллам [26]. На территории Китая, по данным Геологической службы США (USGS), 11 человек погибли, 47 – ранены, 769 домов повреждены и разрушены [4]. В Казахстане сильнее всего пострадали Раимбекский и Чунджинский районы Алматинской области. В пос. Сумбе, в 20 км от эпицентра, интенсивность сотрясений составляла  $I_1=7$  баллов. Имелись разрушения и повреждения домов [26]. Землетрясение сопровождалось афтершоками [27].

В табл. 3 приведены три варианта решения механизма очага для главного толчка, которые близки между собой (рис. 8). Подвижка определена как взброс по обеим возможным плоскостям разрыва субширотного простирания. Одна из плоскостей падает на юг–юго-восток, вторая – на северо-запад. На Карте разломов... [100] в этой части Восточного Казахстана распространены разломы позднепалеозойского заложения, образующие систему сближенных тектонических нарушений запад–юго-западного простирания и нарушающие вулканогенные, осадочные и плутонические кристаллические образования палеозойского возраста. Плоскости сместителей у этих нарушений круто погружаются в север–северо-западном направлении. Видимо, с одним из этих безымянных разломов и был связан очаг землетрясения 1 декабря (с каким точно, определить трудно). В этом случае в качестве действующей в очаге следует выбрать вторую из вышеупомянутых нодальных плоскостей. Согласно [26], аналогичный механизм отмечен в очаге одного из афтершоков, но в очагах семи других повторных толчков фокальные механизмы радикально отличаются, возможно, из-за того, что в их очагах снимались вторичные, различно ориентированные близгоризонтальные растягивающие напряжения, в результате чего возникли подвижки типа сброс с компонентами сдвига.

Магнитудами  $M \div 5$  характеризуются два землетрясения (рис. 4): в Казахстане – 22 мая (Луговское с  $MS=5.5$ ,  $I_0=7\text{--}8$  [83]), в Молдове – 5 октября (с  $MS=4.8$ ,  $I_0=4\text{--}5$  баллов [90]).

Для Луговского землетрясения (3) по результатам макросейсмического обследования удалось составить карту изосейст для интервала воздействий 4–7 баллов. Длинные оси изосейст высших баллов – от 5 до 7 – ориентированы в запад–северо-западном направлении, а изосейста 4-го балла – близширотно. Согласно решению фокального механизма главного толчка (табл. 3), подвижка в очаге может быть определена как крутой взбросо-сдвиг по обеим нодальным плоскостям. Одна из плоскостей имеет северо-восточное простирание и падает

под углом  $51^\circ$  к горизонту на юго-восток, вторая плоскость северо-западного простирания круто падает на северо-восток. Ось напряжения сжатия близгоризонтальна и ориентирована субмеридионально. Ось напряжения растяжения имеет субширотное простирание, а угол выхода составляет с горизонтом  $41^\circ$  [83].

Похожий механизм отмечен в очагах семи повторных толчков с некоторым разворотом в ориентации осей главных напряжений и нодальных плоскостей, а также с не очень значительными вариациями в соотношении взбросовой и сдвиговой составляющей подвижки от чистого взброса в очагах одной группы афтершоков до чистого сдвига – в другой.

Если сравнить ориентировку длинных осей изосейст высших баллов с положением обеих нодальных плоскостей в очаге главного толчка, то в качестве действующей следует выбрать вторую из них, которая простирается на северо-запад. В этом случае подвижка в очаге представляла собой правосторонний крутой взбросо-сдвиг.

На карте эпицентров афтершоков, составленной по материалам наблюдений постоянной и временной сетей сейсмических станций, размеры афтершоковой области  $37 \times 24 \text{ км}^2$ . Она почти изометрична в плане, но присутствует все-таки некоторая вытянутость в северо-восточном направлении. Длинная ось овального в плане облака эпицентров повторных толчков ориентирована с юго-запада на северо-восток, т. е. соответствует по положению в недрах скорее первой нодальной плоскости, чем второй. При этом сейсмогенное смещение по разрыву в очаге представляет собой левосторонний крутой взбросо-сдвиг.

Такое несоответствие макросейсмических и инструментальных проявлений землетрясения может быть рассмотрено с точки зрения сеймотектонической позиции очага. В эпицентральной области трассируется один из крупнейших в Южном Казахстане разломов земной коры – Западно-Мулюнкумский глубинный разлом, имеющий раннепалеозойское заложение, активный вплоть до кайнозоя и проявленный в кристаллическом фундаменте и осадочном чехле [100]. Разлом имеет северо-западное простирание и протягивается из района г. Бишкек в Центральный Казахстан, в район г. Джезказган. В южной части с зоной разлома связаны эпицентры нескольких сильных землетрясений. Если учесть сейсмоактивный характер южного сегмента разлома, то представляется естественным увязать очаг Луговского землетрясения именно с этим дизъюнктивным нарушением земной коры. Никакого заметного тектонического нарушения, имеющего северо-восточное простирание, в эпицентральной области не выявлено.

Гипоцентр ощутимого в Республике Молдова землетрясения (8) располагался в верхней мантии на глубине около 150 км. Это подкоровое землетрясение возникло в так называемой зоне Вранча (рис. 4). В целом эта сейсмическая зона располагается под складчато-покровной дугой Восточных Карпат. Однако при такой глубине очагов обнаружить какие-либо связи смещений на глубине с приповерхностными структурами горного сооружения невозможно. Представляется возможным только констатировать, что обе нодальные плоскости, установленные при решении фокального механизма во всех вариантах модели (см. статью [90] в наст. сб.), в целом ориентированы параллельно простиранию Карпатской горно-складчатой дуги. Смещение в очаге представляло собой крутопадающий взброс северо-западного крыла с небольшой сдвиговой составляющей. Такие очаги являются вполне типичными для сейсмической зоны Вранча.

Самыми слабыми по магнитуде землетрясениями в табл. 2 являются Тюкалинское (13 февраля в  $21^{\text{h}}37^{\text{m}}$  с  $MS=3.6$ ,  $I_0=4-5$  баллов) – в Западной Сибири [81] и Хойтогольское (17 сентября в  $02^{\text{h}}59^{\text{m}}$  с  $MS=4.4$ ,  $I_0=6-7$  баллов) – в Прибайкалье [85].

Тюкалинское землетрясение (1) локализовано в Омской области (рис. 4). Это слабое сейсмическое событие примечательно тем, что зона его очага относится к практически асейсмичной южной части молодой эпипалеозойской Западно-Сибирской плиты в составе Урало-Сибирской эпипалеозойской платформы. При региональном подходе ее можно отнести к Среднеиртышской синеклизе, расположенной между структурами платформенного основания – Тарским поднятием, сложенным на поверхности фундамента осадочными терригенными толщами силура и нижнего девона, и Омской впадиной, подстилающейся в фундаменте в основном вулканическими сериями нижнего-среднего девона [100]. Эти структуры кристаллического основания плиты разделены крупным сбросом раннепалеозойского заложения, не выходящим

на земную поверхность, имеющим северо-западное простирание. Данный глубинный разлом выражен в аномалиях магнитного и гравитационного полей и простирается параллельно долине р. Иртыш, пересекая на своем северо-западном окончании долину р. Ишим. Именно к центральному сегменту разлома приурочен эпицентр Тюкалинского землетрясения 2003 г. К сожалению, отсутствие детальных макросейсмических данных, сведений об афтершоках и фокальном механизме не дает возможности сказать о положении очага что-либо более определенное.

Инструментальные записи этого землетрясения получены на станциях, расположенных в широком интервале эпицентральных расстояний (от  $\Delta=270$  км до  $\Delta=24-31^\circ$ ): Урал, Казахстан, территория Алтае-Саянского филиала ГС СО РАН, Красноярская сейсмическая сеть, Скандинавские государства [81]. В местной прессе [107] были высказаны две версии о природе этого события: возможно, землетрясение, а, возможно, и метеорит. Однако совместный анализ волновых форм Тюкалинского землетрясения на разных эпицентральных расстояниях и результаты определения параметров по данным различных сейсмологических центров подтверждают скорее тектоническую природу рассматриваемого события, т.к. его глубина равна  $h=18$  км [81].

В пользу тектонической природы события свидетельствуют также исторические сведения о сейсмичности этого района в [108, 109], согласно которым ранее здесь зафиксированы два шестибалльных землетрясения: Ишимское 29.01.1849 г. с  $M=3.9$  и Ишим-Иртышское 13.02.1904 г. с  $M=5.8$ . В частности, Ишим-Иртышское землетрясение 1904 г. ощущалось в том числе и в Тюкалинске.

Сеймотектоническая позиция очага Хойтогольского землетрясения (5) достаточно полно описана в статье [85] наст. сб. По всей вероятности, землетрясение вызвано активизацией субвертикально падающего на северо-запад внутригорного разлома север–северо-восточного простирания, распространяющегося внутрь впадины. В пользу этого утверждения свидетельствует механизм очага и конфигурация поля афтершоков. На карте разломов территории СССР [100] в эпицентральной области землетрясения отображены два активных на современном этапе разлома северо-восточного и север–северо-восточного простирания, имеющие правосдвиговую кинематику смещений. Вероятнее всего, второй из этих разломов, проявленный на поверхности в виде невысокого выступа крутого горного склона Тункинских гольцов, простирающегося на юг–юго-запад в пределы Хойтогольской впадины, и ответственен за данное землетрясение.

В заключение отметим, что модернизация сети сейсмических станций на территории Северной Евразии, продолжившаяся в 2003 г., позволила собрать больше новой сейсмологической информации для данной территории, по сравнению с 2002 г. Записано значительно большее число сейсмических событий. Существенно больше землетрясений, в основном с  $K \geq 8.6$ , включено в региональные и территориальные каталоги настоящего сборника. До уровня 2.2 понижился минимальный энергетический класс зарегистрированного в этом году сетью ГС РАН сейсмического события (на Северном Кавказе).

Силами разных организаций РАН было проведено комплексное изучение сильнейшего континентального Алтайского (Чуйского) землетрясения, включающее макросейсмическое обследование эпицентральной области, изучение афтершоковой последовательности сетями временных сейсмических станций, полевое картирование системы сейсмодислокаций, геодезические наблюдения косейсмических деформаций.

В целом, используя собранную информацию о решениях фокального механизма очагов, распределении эпицентров и гипоцентров форшоков и афтершоков, о конфигурации изосейст, а также геологические данные о разломах в эпицентральной зоне, практически для всех сильных и ощутимых землетрясений удалось определить их сеймотектоническую позицию и характер напряженно-деформированного состояния недр.

## Л и т е р а т у р а

1. Старовойт О.Е., Рогожин Е.А., Михайлова Р.С., Чепкунас Л.С. Северная Евразия // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН. 2008. – С. 19–44.
2. Михайлова Р.С. (отв. сост.). Каталог землетрясений Северной Евразии. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).

3. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2003 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2003–2004.
4. Bulletin of the International Seismological Centre for 2003. – Berkshire: ISC, 2005–2006.
5. Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Карпаты. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
6. Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Стасюк А.Ф., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. Каталог землетрясений Карпат за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Каталог землетрясений Вранча по наблюдениям сейсмических станций Молдовы. (См. раздел VI (Дополнительные данные) в наст. сб. на CD).
8. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А. Крым. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
9. Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Козиненко Н.М. (отв. сост.). Каталог землетрясений Крыма за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. Гасанов А.Г., Абдуллаева Р.Р. Азербайджан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
11. Гасанов А.Г., Абдуллаева Р.Р. (отв. сост.), Миргуламова С.М., Мамедова М.К., Абдуллаева Э.Г., Саидова Г.Э., Исламова Ш.К., Фараджев М.К., Казымова С.Е. Каталог землетрясений Азербайджана за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
12. Саргсян Г.В., Саргсян Л.С., Абгарян Г.Р., Мхитарян К.А. Армения. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
13. Саргсян Г.В. (отв. сост.), Абгарян Г.Р., Мхитарян К.А. Каталог землетрясений Армении за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
14. Папалашвили В.Г., Ахалбедашвили А.М. Грузия. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
15. Папалашвили В.Г., Кахиани Л.А., Аманаташвили Я.Т. (отв. сост.), Лабадзе Л.Б., Сохадзе Л.Д., Табуцадзе Ц.А., Шаламберидзе Н.А. Каталог (оригинал) землетрясений Грузии за 2003 г. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 12.10.2004. – 5 с.
16. Папалашвили В.Г., Кахиани Л.А., Аманаташвили Я.Т. (отв. сост.), Лабадзе Л.Б., Сохадзе Л.Д., Табуцадзе Ц.А., Шаламберидзе Н.А., Михайлова Р.С. Каталог землетрясений Грузии за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
17. Абдуллаева С.Р., Амиров С.Р., Асманов О.А., Гамидова А.М., Даниялов М.Г., Исаев М.А., Левкович Р.А., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю. Дагестан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
18. Габсатарова И.П., Девяткина Л.В., Селиванова Е.А. Северный Кавказ. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
19. Габсатарова И.П., Амиров С.Р., Селиванова Е.А., Девяткина Л.В. (отв. сост.), Александрова Л.И., Иванова Л.Е., Малянова Л.С., Асманов О.А., Мусалаева З.А., Сагателова Е.Ю., Гамидова А.М., Абдуллаева А.Р., Головкова Л.В. Каталог землетрясений Северный Кавказа за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
20. Гаипов Б.Н., Петрова Н.В., Безменова Л.В., Сарыева Г.Ч. Копетдаг. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
21. Сарыева Г.Ч. (отв. сост.), Тачов Б., Халлаева А.Т., Коржукова Т.А., Дурасова И.А., Эсенова А., Петрова Н.В., Мустафаев Н.С. Каталог землетрясений Копетдага за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
22. Джанузакوف К.Д., Муралиев А.М., Калмыкова Н.А., Холикова М.А. Центральная Азия. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
23. Джанузакوف К.Д. (отв. сост. по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А. (Казахстан), Тулаганова М.К. (Узбекистан), Шукурова Р.Б., Сопиева К., Шипулина С.А., Ахметова Р.А., Умурзакова Р.А., Проскурина Л.П., Холикова М.Н., Джалилова С.С. Каталог землетрясений Центральной Азии за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
24. Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И. Таджикистан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
25. Улубиева Т.Р. (отв. сост.), Рислинг Л.И., Хусейнова Г.А., Давлятова Р., Михайлова Р.С., Улубиев А.Н., Максименко Т.И. Каталог землетрясений Таджикистана за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

26. Бейсенбаев Р.Т., Ли А.Н., Калмыкова Н.А., Неверова Н.П., Полешко Н.Н., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Казахстан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
27. Калмыкова Н.А., Неверова Н.П., Михайлова Н.Н. (отв. сост.); составители: Шипулина С.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Умурзакова Р.А., Гайшук Л.Н., Каймачникова Н.И., Соколова И.Н. Каталог землетрясений Казахстана за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
28. Еманов А.Ф., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В. Алтай и Саяны. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
29. Филина А.Г., Подкорытова В.Г. (отв. сост.), Данциг Л.Г., Денисенко Г.А., Кузнецова Н.В., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Щевелёва С.С., Шевкунова Е.В. Каталог землетрясений Алтая и Саян за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
30. Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Масальский О.К. Прибайкалье и Забайкалье. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
31. Леонтьева Л.Р., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Тигунцева Г.В., Хайдурова Е.В., Андрусенко Н.А., Тимофеева В.М., Евсеева Е.Д., Дворникова В.И., Дрокова Г.Ф., Анисимова Л.В., Масальская Л.Н., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Емельянова Л.В., Федюшкина Я.И., Черных Т.Е., Попикова Л.А., Старкова И.П., Павлова Л.В., Найманова Е.В., Лазорева Л.А., Матвеева Е.А. Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
32. Фокина Т.А., Коваленко Н.С., Рудик М.И., Сафонов Д.А. Приамурье и Приморье. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
33. Коваленко Н.С. (отв. сост.), Величко Л.Ф., Крючкова О.В. Каталог землетрясений Приамурья и Приморья за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
34. Фокина Т.А., Поплавская Л.Н., Паршина И.А., Рудик М.И., Сафонов Д.А. Сахалин. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
35. Паршина И.А. (отв. сост.), Малашенко Ю.А. Каталог землетрясений Сахалина за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
36. Фокина Т.А., Брагина Г.И., Рудик М.И., Сафонов Д.А. Курило-Охотский регион. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
37. Брагина Г.И. (отв. сост.), Пиневич М.В. Дорошкевич Е.Н., Кузнецова В.Н. Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
38. Левина В.И., Иванова Е.И., Ландер А.В., Чеброва А.Ю., Гусев А.А., Гусева Е.М. Камчатка и Командорские острова. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
39. Левина В.И., Лепская Т.С. (отв. сост.), Антипова О.Г., Бахтиарова Г.М., Карпенко Е.А., Кривогорницына Т.М., Митюшкина С.В., Пархоменко С.А., Пилипенко Л.В., Шевченко Н.А. Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
40. Алёшина Е.И., Гунбина Л.В., Комарова Р.С., Седов Б.М. Северо-Восток России. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
41. Алёшина Е.И., Комарова Р.С. (отв. сост.), Алёшина Е.И., Гунбина Л.В., Седов Б.М. Каталог землетрясений Северо-Востока России за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
42. Козьмин Б.М. Якутия. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
43. Козьмин Б.М., Шibaев С.В. (отв. сост.), Марченко Т.И., Захарова Ж.Г., Саввинова Н.А., Петрова В.Е., Денега Е.Г. Каталог землетрясений Якутии за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
44. Баранов С.В., Петров С.И. Восточная часть Балтийского щита (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
45. Баранов С.В., Петров С.И., Нахшина Л.П. (отв. сост.). Каталог землетрясений Восточной части Балтийского щита за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
46. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И., Кулич О.Н. Беларусь. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
47. Аронова Т.И. (отв. сост.), Кулич О.Н. Каталог землетрясений Беларуси за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
48. Надёжка Л.И., Пивоваров С.П., Сафронич И.Н., М.А. Ефременко, С.П. Пивоваров, Золототрубова Э.И. Воронежский кристаллический массив. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).

49. **Пивоваров С.П. (отв. сост.), Надёжка Л.И.** Каталог землетрясений Воронежского кристаллического массива за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
50. **Огаджанов В.А., Маслова М.Ю., Огаджанов А.В.** Саратовский геодинамический полигон. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
51. **Маслова М.Ю., Назаров А.А.** Каталог землетрясений Саратовского геодинамического полигона за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
52. **Аветисов Г.П.** Арктический бассейн. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
53. **Аветисов Г.П. (сост.).** Каталог землетрясений Арктического бассейна за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
54. **Пойгина С.Г.** Сейсмические наблюдения в Антарктиде. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
55. **Пойгина С.Г.** Землетрясения с  $MPSP \geq 6.0$ , записанные антарктическими станциями «Мирный» и «Новолазаревская» в 2003 г. (См. раздел VI (Дополнительные данные) в наст. сб. на CD).
56. **Введение.** (См. в наст. сб.).
57. **Старовойт О.Е., Захарова А.И., Рогожин Е.А., Михайлова Р.С., Пойгина С.Г.** Северная Евразия // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 14–33.
58. **Старовойт О.Е., Захарова А.И., Рогожин Е.А., Михайлова Р.С., Пойгина С.Г.** Северная Евразия // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 14–33.
59. **Раутиан Т.Г.** Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
60. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясения // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: АН СССР, 1960. – С. 75–114.
61. **Петрова Н.В., Рахимов А.Р.** Соотношения между магнитудными шкалами и энергетическими характеристиками землетрясений Копетдагского региона // Изв. АН ТССР. Сер. ФТХиГН. – 1992. – № 5. – С. 60–67.
62. **Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е.** Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. II. – М.: ИФЗ АН СССР, 1974. – С. 113–125.
63. **Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В.** Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – Киев: Наукова думка, 1989. – 189 с.
64. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Скорость колебания земной поверхности в объёмных волнах неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений на расстояниях до  $17^\circ$  // Физика Земли. – 1967. – № 1. – С. 37–60.
65. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Физика Земли. – 1967. – № 2. – С. 13–22.
66. **Федотов С.А.** Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.
67. **Гусев А.А., Мельникова В.Н.** Связи между магнитудами – среднемировые и для Камчатки // Вулканонология и сейсмология. – 1990. – № 6. – С. 55–63.
68. **Коломиец А.С., Асминг В.Э.** Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – Обнинск: ГС РАН, 2002. – С. 155–157.
69. **Коломиец А.С., Петров С.И.** Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 140–142.
70. **Костюк О.П., Москаленко Т.П., Руденская И.М.** Землетрясения Карпат // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 10–14.
71. **Тараканов Р.З., Ким Чун Ум, Сухомлинова Р.И.** Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. – М.: Наука, 1977. – С. 65–75.
72. **Соловьёв С.Л., Соловьёва О.Н.** Новые данные о динамике сейсмических волн неглубокофокусных Курило-Камчатских землетрясений // Проблемы цунами. – М.: Наука, 1968. – С. 75–97.



73. **Каток А.П.** Об использовании номограммы Раутиан для энергетической классификации глубоких Памиро-Гиндукушских землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. II. – М.: ИФЗ АН СССР, 1974. – С. 139–143.
72. **Филина А.Г.** Землетрясения Алтая и Саян // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 65–68.
75. **Гордеев Е.И., Левина В.И., Чебров В.Н., Иванова Е.И., Шевченко Ю.В., Степанов В.В.** Землетрясения Камчатки и Командорских островов // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 102–114.
76. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
77. **Hisada T., Nakagawa K.** Present Japanese Development in Engineering Seismology and their Application to Buildinge. – Japan, 1958.
78. **Michetti A.M., Esposito D., Rogozhin E.A. et al.** An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically-induced ground effects in natural environment. Roma: Carta Geol. D' Italia. – V. LXVII (Special Paper). – 2004. – 116 p.
79. **Рогожин Е.А.** О проекте новой макросейсмической шкалы ЕЕЕ. (См. раздел V (Методические вопросы) в наст. сб. на CD).
80. **Шерман С.И., Бержинский Ю.А., Павленов В.А., Аптикаев Ф.Ф.** Региональные шкалы сейсмической интенсивности. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – 189 с.
81. **Габсатарова И.П., Чепкунас Л.С., Еманов А.Ф., Филина А.Г., Подкорытова В.Г.** Тюкалинское землетрясение 13 февраля 2003 года с  $MS=3.6$ ,  $MPSP=4.2$ ,  $I_0=4-5$  баллов (Омская область). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
82. **Михайлова Р.С., Рогожин Е.А.** Землетрясение 24 февраля 2003 г. с  $M_w=6.3$ ,  $I_0=9$  (в верховье р. Кашгар). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
83. **Абаканов Т.Д., Михайлова Н.Н., Нысанбаев Т.Е., Ли А.Н., Полешко Н.Н., Аристова И.Л., Силачева Н.В., Калмыкова Н.А.** Луговское землетрясение 22 мая 2003 года с  $M_w=5.5$ ,  $I_0=7-8$  (Южный Казахстан). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
84. **Радзиминович Н.А., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Кустова М.Г., Чечельницкий В.В., Мельникова В.И.** Куморское землетрясение 16 сентября 2003 года с  $M_w=5.6$ ,  $K_p=14.3$ ,  $I_0=7$  (Прибайкалье). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
85. **Мельникова В.И., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Дреннова Н.Н., Радзиминович Н.А.** Хойтогольское землетрясение 17 сентября 2003 года с  $MPSP=4.8$ ,  $K_p=13.8$ ,  $I_0=6-7$  (Прибайкалье). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
86. **Чепкунас Л.С., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г.** Оперативная обработка землетрясений мира по телесеизмическим наблюдениям ГС РАН. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
87. **Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Мараханов А.В.** Сейсмотектонические и сейсмогравитационные проявления Алтайского землетрясения 27 сентября 2003 г. с  $M=7.3$ ,  $I_0=9-10$  (Горный Алтай). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
88. **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). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
89. **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. (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
90. **Симонова Н.А., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Михайлова Р.С.** Ощутимое в Молдове землетрясение 5 октября 2003 года с  $MSM=4.8$ ,  $I_0=4-5$  (Карпатский регион).
91. **Бейсенбаев Р.Т., Ли А.Н., Калмыкова Н.А., Неверова Н.П., Полешко Н.Н., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н.** Казахстан. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
92. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П.** Хроника сейсмичности Земли. Больше тысячи землетрясений // Земля и Вселенная. – М.: РАН, 2004. – № 1. – С. 90–94.
93. **Yamanaka Yoshiko, Kikuchi Masayuki.** Source process of the recurrent Tokachi-oki earthquake on September 26, 2003, inferred from teleseismic boyd waves // Earth, Planets and Space. – 2003. – 55. – № 12. P. 21–24.

94. **Honda Ryou, Aoi Shin, Morikawa Nobuyuki, Sekiguchi Нагико, Kunugi Takashi, Fujiwara Hiroyuki.** Ground motion and rupture process of the 2003 Tokachi-oki earthquake obtained from strong motion data of K-NET and KiK-net // *Earth, Planets and Space*. – 2004. – **56**. – № 3. – P. 317–322.
95. **Shiobara Hajime, Shimizu Hiroshi.** Success in direct observation of off-Tokachi earthquake: JAMSTEC // *S and T Today*. – 2003. – **15**. – № 12. – P. 6.
96. **Preliminary observations on the Tokachi-Oki, Japan, Earthquake of Sept. 26, 2003** // *EERI Newslett.* – 2003. – 37. – № 12. – P. 1–4.
97. **Mogi K.** Earthquake prediction. – Japan: Acad. Press, 1985. – 382 p.
98. **Захарова А.И., Рогожин Е.А.** Сильные землетрясения северо-западной окраины Тихого океана и их глубокофокусные предвестники // *Вестник ОГГТ РАН*. – 2000. – **1**. – № 2(12). – С. 82–94.
99. **Захарова А.И., Рогожин Е.А.** Пространственно-временные соотношения очагов сильных землетрясений и их глубокофокусных предвестников // *Исследования в области геофизики (к 75-летию Объединенного института физики Земли им. О.Ю. Шмидта)*. – М.: ОИФЗ РАН, 2004. – С. 13–19.
100. **Карта разломов территории СССР и сопредельных стран (Масштаб 1:2500000)** / Под ред. А.В.Сидоренко. – М.: Мингео и АН СССР, 1980.
101. **Рогожин Е.А., Захарова А.И.** Палеоземлетрясения и сейсмический режим Горного Алтая в голоцене // *ДАН*. – 2003. – **388**. – № 6. – С. 809–811.
102. **Джанузакон К.Д., Михайлова Р.С., Артемова Е.В.** Форшоки и афтершоки землетрясения 24 февраля 2003 г. с  $M_w=6.3$ . (См. раздел VI (Дополнительные данные) в наст. сб.).
103. **Lithospheric Dynamic Map of China and Adjacent Seas.** Scale 1:4 000 000 and Explanatory Notes. – China. – Beijing: Geol. Publishin House, 1984. – 2 sheets. – 53 p.
104. **Album of the Bachu-Jiashi Ms 6.8 earthquake in Xinjiang, China.** – China. – Xinjiang: Xinjiang Science and Technology Publishing House. – 101 p.
105. **Wang X., Sun J., Wang J.** Contrastive study on Jiashi strong Earthquake swarm in Xinjiang and other typical strong earthquake swarms // *Inland Earthquake*. – 2006. – **20**. – № 2. – P. 121–130.
106. **Лунина О.В., Гладков А.С.** Активные разломы и напряженное состояние земной коры северо-восточного фланга Байкальской рифтовой зоны // *Геология и геофизика*. – 2008. – **49**. – № 2. – С. 146–160.
107. **Что-то типа землетрясения было зафиксировано недавно в Тюкалинском районе Омской области** // Тюкалинск: Тюкалинский вестник. – 30 апреля 2003.
108. **Ананьин И.В. (отв. сост).** XIV. Европейская часть СССР, Урал и Западная Сибирь [1467–1974 гг.;  $M \geq 3.0$ ;  $I_0 \geq 4$ ] // *Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г.* – М.: Наука, 1977. – С. 465–470.
109. **Унифицированный каталог землетрясений Северной Евразии с древнейших времен по 1990 год** // Государственная научно-техническая программа Российской Федерации по проблеме «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии» / Отв. ред. Н.В. Кондорская, В.И. Уломов. – М.: ОИФЗ РАН, 1996. – <http://www.segis.ru>.