

КАЗАХСТАН

**Р.Т. Бейсенбаев¹, А.Н. Лу¹, Н.А. Калмыкова¹, Н.П. Неверова¹,
Н.Н. Полешко¹, Н.Н. Михайлова², И.Н. Соколова², Н.В. Силачёва³**

¹Государственное учреждение Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Министерства образования и науки Республики Казахстан,
г. Алматы, kalmykova@mail.kz

²Институт геофизических исследований Национального ядерного центра Министерства энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан,
г. Курчатов – г. Алматы, mikhailova@kndc.kz, sokolova@kndc.kz

³Институт сейсмологии Министерства образования и науки Республики Казахстан,
г. Алматы, silacheva_nat@mail.ru

Сейсмические наблюдения на территории Республики Казахстан проводились в 2003 г., также как в 2001 и 2002 гг. [1, 2], силами двух организаций из двух министерств: Сейсмологической опытно-методической экспедиции Министерства образования и науки (СОМЭ МОН РК) и Института геофизических исследований Национального ядерного центра Министерства энергетики и минеральных ресурсов (ИГИ НЯЦ МЭМР РК). Каждая организация имеет свою сеть наблюдений и центр обработки данных.

Сеть станций СОМЭ МОН РК в 2003 г., по сравнению с таковой в [1], претерпела следующие изменения: станции «Кастек», «Курам» и «Чушкалы» перешли с аналоговой регистрации на цифровую с 6 июня, 6 августа и 16 августа соответственно; открыта новая станция «Мерке», цифровая изначально. Общее число станций составило 21 (табл. 1). Цифровая станция «Мерке» была введена в производственную эксплуатацию 1 сентября, а до этого с 26 ноября 2002 г. она работала в опытном режиме.

Таблица 1. Сейсмические станции СОМЭ МОН РК (в хронологии их открытия), работавшие в 2003 г., и параметры аналоговых станций

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h _y , м	Тип прибора	Компо- нента	V _{max}	ΔT _{max} , с
		Межд.	Рег.								
1	Алматы	AAA	А-А	05.08.1927	43.267	76.950	920	СКМ-3 СКМ-КПЧ СКД СКД-КПЧ	N, E, Z E N, E, Z Z	5000 250 1000 50	0.10–1.60 0.10–1.70 0.50–18.0 0.50–18.0
2	Чимкент	CHM	Чмк	03.09.1932	42.319	69.603	512	СК СК-КПЧ	Z Z	1000 50	0.30–8.0 0.30–8.0
3	Семипалатинск	SEM	Смп	20.10.1934	50.40	80.25	209	СК СК-КПЧ	N, Z N	1600 80	0.10–10.0 0.10–10.0
4	Джамбул	DJB	Джб	08.10.1973	42.892	71.331	631	СК СК-КПЧ	Z Z	1000 50	0.20–11.5 0.20–10.5
5	Талды-Курган	T-K	Т-К	02.08.1975	45.006	78.405	601	СКМ-3 СКМ-КПЧ СК	Z E N, E, Z	10000 500 1000	0.15–1.65 0.15–1.65 0.15–10.0
6	Тургень	TRG	Трг	18.10.1976	43.307	77.637	1510	СКМ-3 СКМ-КПЧ СКД СКД-КПЧ	Z E Z Z	40000 2000 1000 50	0.10–1.50 0.10–1.50 1.00–15.0 1.00–15.0
7	Кастек	KST	Кст	20.09.1976	43.043	75.963	1415	СКМ-3 СКМ-КПЧ	Z E	40000 2000	0.10–1.50 0.10–1.50
				06.06.2003				цифровая станция IDC-24			

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h _y , м	Тип прибора	Компо- нента	V _{max}	ΔT _{max} , с
		Межд.	Рег.								
8	Тянь-Шань	TNS	Т-Ш	26.09.1979	43.050	76.933	3130	СКМ-3 СКМ-КПЧ	Z E	40000 2000	0.10–1.50 0.10–1.50
9	Курты	KUU	Крт	16.03.1979	43.893	76.339	550	СКМ-3 СКМ-КПЧ СКД СКД-КПЧ	Z E Z Z	40000 2000 1000 50	0.10–1.45 0.10–1.10 1.0–19.0 1.0–18.0
10	Медео	MDO	Мдо	01.01.1980	43.167	77.010	1600	СКМ-3 СКМ-КПЧ	Z E	40000 2000	0.10–1.60 0.10–1.60
11	Майтюбе	MTB	Мтб	14.07.1984	43.130	76.430	1190	СКМ-3 СКМ-КПЧ	Z E	30000 1000	0.10–1.50 0.10–1.50
12	Джаркент	DJR	Джр	16.10.1987	44.431	79.787	1600	СКМ-3 СКМ-КПЧ	Z E	40000 2000	0.10–1.50 0.10–1.50
13	Курам	KUR	Кур	16.09.1988	43.487	78.168	840	СКМ-3 СКМ-КПЧ	Z E	30000 1500	0.10–1.50 0.10–1.50
14	Капал-Арасан	KPA	Кпа	18.09.1988	45.283	79.356	946	СКМ-3	Z	40000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	2000	0.10–1.50
15	Саты	SAT	Сат	17.10.1988	43.057	78.407	1500	СКМ-3	Z	30000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	1500	0.10–1.50
16	Чушкалы	CHK	Чшк	12.05.1989	43.861	77.003	510	СКМ-3	Z	30000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	1500	0.10–1.50
17	Южная	YUG	Южн	15.12.1989	42.142	70.039	1220	СКМ-3	Z	10000	0.10–1.40
								СКМ-КПЧ	E	1000	0.10–1.40
18	Зайсан	ZSN	Зсн	03.07.1990	47.450	84.400	550	СКМ-3 СКМ-КПЧ	N, E, Z E	40000 2000	0.10–1.50 0.10–0.70
19	Жабаклы	JBG	Жбг	11.09.1993	42.450	70.570	1130	СКМ-3 СКМ-КПЧ	Z E	30000 1500	0.10–1.50 0.10–1.50
20	Боролдай	BRL	Брл	01.01.1994	43.040	69.840	590	СКМ-3 СКМ-КПЧ	Z E	30000 1500	0.20–1.20 0.20–1.20
21	Мерке	MRK	Мрк	01.09.2003	42.745	73.226	1160	цифровая станция IDC-24			

Данные об аппаратуре цифровых станций СОМЭ МОН РК представлены в табл. 2.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций СОМЭ МОН РК в 2003 г.

Название станции	Тип АЦП и датчика	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с)
Кастек	IDC-24 CMG-40T	ЕН(N, E, Z) _v	1.0–50	100	24	$2.13 \cdot 10^{10}$
Курам	IDC-24 CMG-40T	ЕН(N, E, Z) _v	0.4–50	100	24	$1.50 \cdot 10^9$
Чушкалы	Q730 L 4C	ЕН(N, E, Z) _v	1.0–50	100	24	$0.92 \cdot 10^9$
Мерке	IDC-24 CMG-40T	ЕН(N, E, Z) _v	1.0–50	100	24	$2.11 \cdot 10^{10}$

Для более точной локации гипоцентров землетрясений к обработке материалов СОМЭ МОН РК дополнительно привлекались бюллетени землетрясений станций Опытно-методической сейсмологической экспедиции Института сейсмологии АН Республики Кыргызстан (ОМСЭ ИС АН РК): «Ала-Арча», «Ананьево», «Арал», «Бишкек», «Каджи-Сай», «Кен-Суу», «Пржевальск», «Эркин-Сай» [3].

Описанная сеть для территории, называемой «Северный Тянь-Шань», обеспечивает уровень энергетической представительности в соответствии с картой на рис. 1. По этой карте на всей территории Северного Тянь-Шаня регистрируются без пропусков землетрясения с $K_{\min}=7.5$, в центральной части хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау – с $K_{\min}=6.5$, а на небольшом участке между станциями «Тургень» на севере и «Ананьево» на юге выделяется область с $K_{\min}=6.0$. Расчет областей представительной регистрации проведен по методике З.И. Арановича [4].



Рис. 1. Карта энергетической представительности землетрясений $K_{\min}$ на территории Северного Тянь-Шаня за 2003 г.

1 – изолиния $K_{\min}$; 2 – сейсмическая станция; 3 – государственная граница.

Сеть станций НЯЦ РК в 2003 г., представленная в табл. 3,4 и на рис. 2, по сравнению с таковой в [2], не изменилась. В ее состав входили семь сейсмических групп (Маканчи, Каратау, Курчатов-Крест, Чкалово, Восточное, Зеренда, Боровое–AS057) и пять трехкомпонентных цифровых станций: «Актюбинск», «Боровое», «Курчатов», «Подгорное», «Маканчи» (табл. 3, 4). Этой сетью для всей территории Казахстана (рис. 2) обеспечена представительная регистрация землетрясений с $K_{\min}=9$.

Таблица 3. Сведения о сейсмических группах (СГ) и отдельных цифровых станциях НЯЦ РК в 2003 г.

	Группа станция		Дата открытия	Координаты			Тип датчика	Тип АЦП
	Название	Код		φ°, N	λ°, E	$h_y, м$		
1	СГ Зеренда	ZRNK	22.07.1994	52.951	69.004	380	STS-2	Quanterra 680
2	Боровое	BRVK	23.07.1994	53.058	70.283	330	STS-2	Quanterra 680
3	СГ Чкалово	CHKZ	23.07.1994	53.676	70.615	120	STS-2	Quanterra 680
4	СГ Восточное	VOS	24.07.1994	52.723	70.980	300	STS-2	Quanterra 680
5	Актюбинск	AKTK	01.10.1994	50.435	58.017	360	CMG3-ESP	REFTEK 72A
6	СГ Курчатов-Крест	KUR21	15.01.1995	50.622	78.531	200	K213-C	IASPEI 16
7	Курчатов	KURK	26.03.1995	50.715	78.621	184	STS-1	IDA MK 7B
8	Маканчи	MAKZ	14.09.1996	46.808	81.977	600	STS-1	Quanterra 380
9	Подгорное	PDG	18.10.1997	43.327	79.485	1277	CMG3-ESP	REFTEK 72A
10	СГ Маканчи	MKAR	28.08.2000	46.794	82.290	554	KS-54000-CTBT0	AIM 24
11	СГ Каратау	KKAR	11.12.2001	43.103	70.512	475	KS-54000-CTBT0	AIM 24
12	СГ Боровое	BVAR	15.07.2002	53.024	70.388	420	CMG-3TB	Europa-T

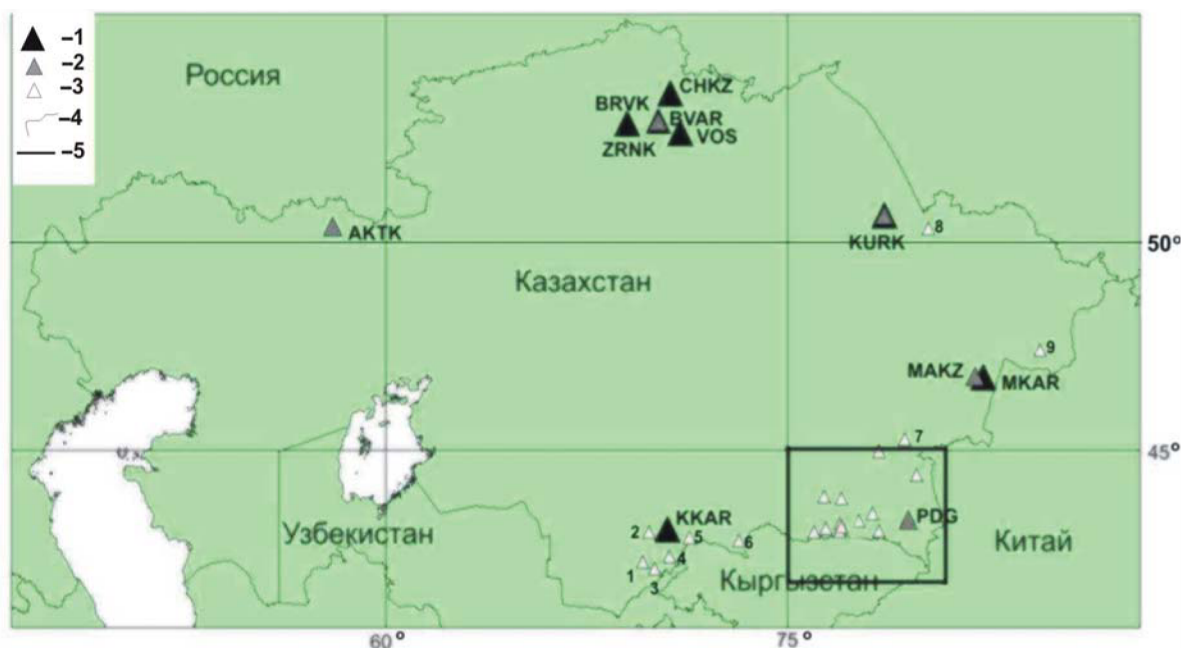


Рис. 2. Схема размещения сейсмических станций на территории Казахстана

1, 2 – сейсмическая группа и трехкомпонентная цифровая станция НЯЦ РК соответственно; 3 – аналоговая станция СОМЭ; 4 – государственная граница, 5 – граница района «Северный Тянь-Шань». Цифрами обозначены станции: 1 – «Чимкент»; 2 – «Боролдай»; 3 – «Южная»; 4 – «Жабаклы»; 5 – «Джамбул»; 6 – «Мерке»; 7 – «Капал-Арасан»; 8 – «Семипалатинск»; 9 – «Зайсан».

Таблица 4. Параметры каналов цифровой регистрации

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон [5], Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²)
СГ Зеренда	Quanterra 680+STS-2	BH(N, Z, E)v	0.033–20	40	24	$1.56 \cdot 10^9$
Боровое	Quanterra 680+STS-2	BH(N, Z, E)v	0.033–20	40	24	$1.56 \cdot 10^9$
Боровое (IRIS/IDA)	IDA MK7B + STS-1	BH(N, Z, E)v	0.003–10	20	24	$0.30 \cdot 10^9$
	IDA MK7B + STS-1	LH(N, Z, E)v	0.003–0.5	1	24	$0.074 \cdot 10^9$
	IDA MK7B + STS-1	VH(N, Z, E)v	0.003–0.05	0.1	24	$0.02 \cdot 10^9$
	IDA MK7B + FBA	LN(N, Z, E)a	0–0.003	1	24	$3.8 \cdot 10^{12}$
	IDA MK7B + GS13	SH(N, Z, E)v	0.05–20	40	24	$0.74 \cdot 10^9$
	Quanterra 680+STS-2	BH(N, Z, E)v	0.033–20	40	24	$1.56 \cdot 10^9$
Чкалово	Quanterra 680+STS-2	BH(N, Z, E)v	0.033–20	40	24	$1.56 \cdot 10^9$
Восточное	Quanterra 680+STS-2	BH(N, Z, E)v	0.033–20	40	24	$1.56 \cdot 10^9$
Актюбинск	REFTEK72A+CMG3-ESP	BH(N, Z, E)v	0.1–20	40	16	$0.2235 \cdot 10^9$
Курчатов-Крест (KUR01-KUR21)	IASPEI16+ K213-C	SHZv	0.5–10	40	16	$0.052 \cdot 10^9$
Курчатов (IRIS/IDA)	IDA MK7B + STS-1	BH(N, Z, E)v	0.003–10	20	24	$0.31 \cdot 10^9$
	IDA MK7B + STS-1	LH(N, Z, E)v	0.003–0.5	1	24	$0.077 \cdot 10^9$
	IDA MK7B + STS-1	VH(N, Z, E)v	0.003–0.05	0.1	24	$0.019 \cdot 10^9$
	IDA MK7B + FBA	LN(N, Z, E)a	0–0.003	1	24	$3.8 \cdot 10^{12}$
	IDA MK7B + GS13	SH(N, Z, E)v	0.05–20	40	24	$0.74 \cdot 10^9$
	Quanterra 380+STS1	BH(N, Z, E)v	0.003–10	20	24	$0.92 \cdot 10^9$
Маканчи MAKZ (IRIS/GSN)	Quanterra 380+STS1	LH(N, Z, E)v	0.003–0.5	1	24	$0.23 \cdot 10^9$
	Quanterra 380+STS1	VH(N, Z, E)v	0.003–0.05	0.1	24	$0.057 \cdot 10^9$
	Quanterra 380+STS1	VM(N, Z, E)v	0.003–0.05	0.1	24	$5.969 \cdot 10^{12}$
	Quanterra 380+STS1	UH(N, Z, E)v	0.003–0.005	0.01	24	$0.075 \cdot 10^9$
	Quanterra 380 + FBA	LL(N, Z, E)a	0–0.003	1	24	$1.87 \cdot 10^{13}$
	Quanterra 380+STS1	BH(N, Z, E)v	0.003–10	20	24	$0.92 \cdot 10^9$
Маканчи MKAR	AIM24+KS-54000-CTBTO	BH(N, Z, E)a	0.03–16.7	40	24	$0.25 \cdot 10^9$

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон [5], Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с ²)
МК01-МК09	AIM24+ GS21	SH(Z)v	0.05–20	40	24	$0.075 \cdot 10^9$
Каратау ККАР	AIM24+KS-54000-СТВТО	BH(N, Z, E)a	0.03–16.7	40	24	$0.25 \cdot 10^9$
КК01-КК09	AIM24+ GS21	SH(Z)v	0.05–20	40	24	$0.075 \cdot 10^9$
Подгорное	REFTEK72A+ CMG3-ESP	BH(N, Z, E)v	0.1–20	40	24	$0.954 \cdot 10^9$
СТ Боровое	Europa-T+ CMG-3TB	BH(N, Z, E)v	0.003–5	40	24	$0.100 \cdot 10^9$

Методика обработки данных в обеих организациях осталась прежней [2].

Сводный каталог [6] землетрясений Казахстана вместе с регионом «Северный Тянь-Шань» включает 480 землетрясений с $K_p=6.6$ –14.3, в том числе 391 с $K_p \geq 6.6$ – для района «Северный Тянь-Шань». На остальной территории Казахстана рассматриваются землетрясения $K_p \geq 8.6$, число которых составило 89.

На рис. 3 представлена карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$ на всей территории Казахстана и приграничных районов.

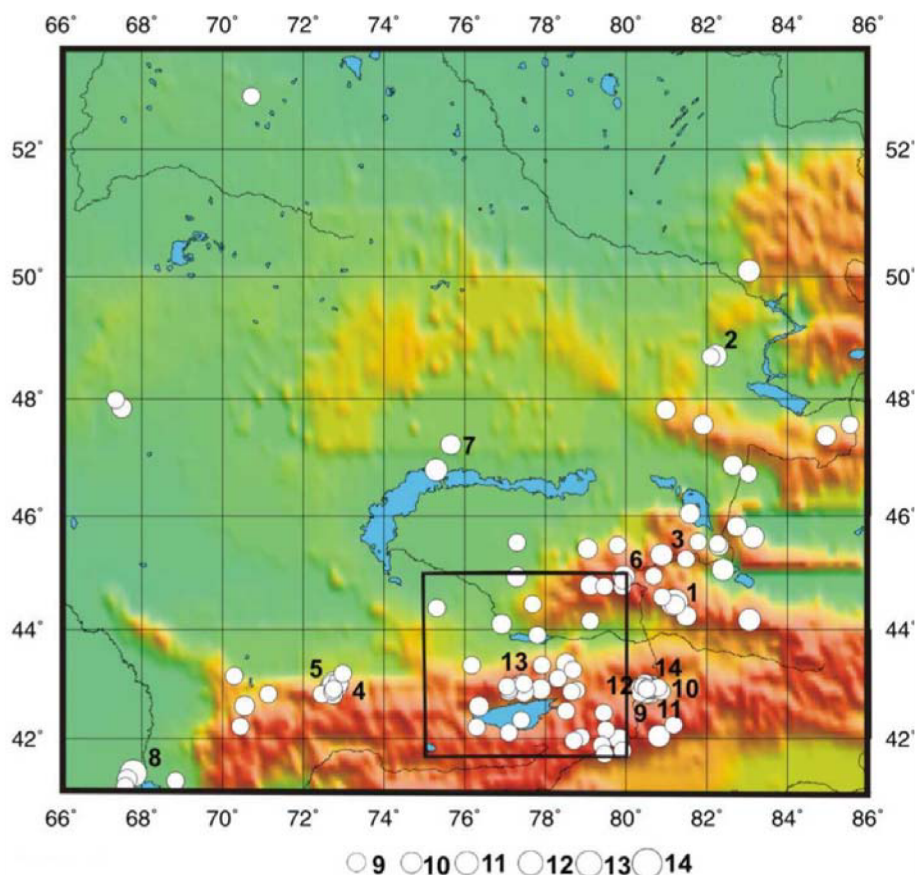


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Казахстана с $K_p \geq 8.6$ за 2003 г.

Пронумерованы сильные ($K_p \geq 10.6$) землетрясения в соответствии с графой 1 в [6]; район «Северный Тянь-Шань» выделен рамкой.

Самым сильным ($K_p=14.3$) в 2003 г. на исследуемой территории было землетрясение 1 декабря в 01^h38^m. Его эпицентр находился близ государственной границы Казахстана и Китая (9 на рис. 3). Согласно табл. 5, магнитуды $MPVA$ и MLH этого землетрясения, по данным станций Казахстана, равны 5.9 [6], магнитуда M_s равна 5.9 (NEIC), магнитуда $M_w=5.9$ (NEIC) и 6.0 (HRVD) [7].

Таблица 5. Основные параметры землетрясения 1 декабря в 01^h38^m по данным Казахстана в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
Казахстан:	01 38 32.6	1.0	42.92	0.25	80.55	0.25			$MPVA=5.9/21$, $MLH=5.9$, $K_p=14.3$	[6]
NNC	01 38 34.8	3.9	43.13		80.37		16	12	$MPV=5.8$	[7]
KNET	01 38 21.4	1.9	43.12		81.52				$ml=7.0$	[7]
MOS	01 38 35.6	1.3	42.95		80.56		33f		$MS=6.0/44$, $MPSP=6.1/71$	[8]
ISC	01 38 35.4	0.1	42.88	0.02	80.52	0.02	33f		$Ms=6.0/158$, $m_b=6.0/276$, h^* по pP	[7]
							2*	4*		
NEIC	01 38 32.0	0.1	42.91		80.52		10f		$Mw=5.9$, $Ms=5.9/105$, $m_b=6.0/187$	[7]
HRVD	01 38 32.0	0.1	42.93		80.50		15f		$Mw=6.0/70$	[7]
BJI	01 38 32.9		42.96		80.71		14		$Ms=6.1$, $Mb=5.8$, $ML=6.3$	[7]

Примечание. NNC – Казахстанский национальный центр данных, г. Алматы, Казахстан; KNET – Ivtran scientific station, Бишкек, Кыргызстан; MOS – ГС РАН, Обнинск, Россия; ISC – Международный сейсмологический центр, Беркшир, Великобритания; NEIC – Национальный информационный центр о землетрясениях, Денвер, США; HRVD – Гарвардский университет, Кембридж, США; BJI – Сейсмологическое бюро, г. Пекин, Китай.

На территории Китая, по данным Геологической службы США (USGS), 11 человек погибли, 47 – ранены, 769 домов повреждено и разрушено [7]. В Казахстане сильнее всего пострадали Раимбекский и Чунджинский районы Алматинской области. В пос. Сумбе, в 20 км от эпицентра, интенсивность сотрясений составляла $I_i=7$ баллов (в эпицентре $I_0=8$ баллов). Имелись разрушения и повреждения домов.

В г. Алматы, расположенном в 310 км от эпицентра, колебания ощущались с интенсивностью $I_i=4-5$ баллов [6] и были зарегистрированы 12 цифровыми акселерографами ALTUS-ETNA локальной цифровой сети станций сильных движений Института сейсмологии МОН РК. Расположение станций на территории города представлено на рис. 4. При этом событии были получены максимальные ускорения на территории города за все время работы цифровой сети (с 2000 г.): в пунктах AP3 и SLH ускорения составили $a=35.6 \text{ см/с}^2$ и 30.3 см/с^2 соответственно. Акселерограммы представлены на рис. 5.

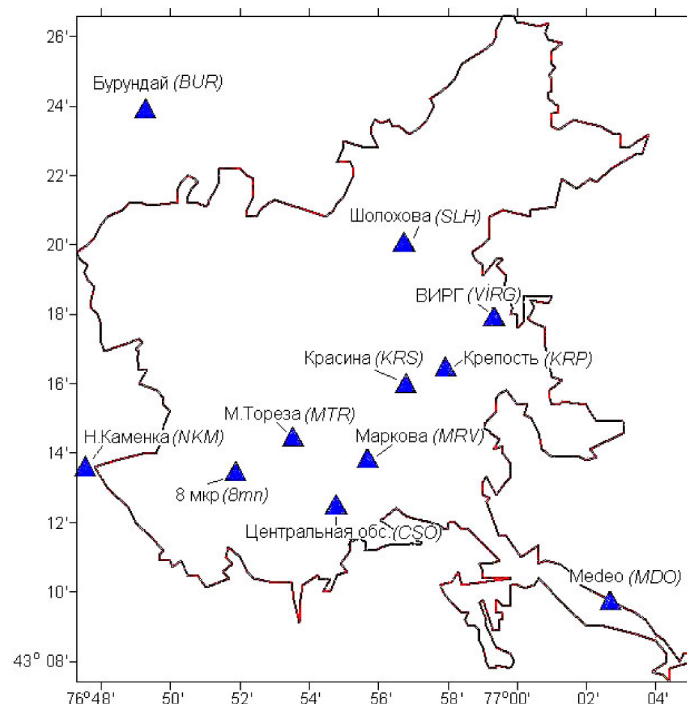


Рис. 4. Станции сети сильных движений на территории г. Алматы, записавшие землетрясение 1 декабря в 01^h38^m с $K_p=14.3$

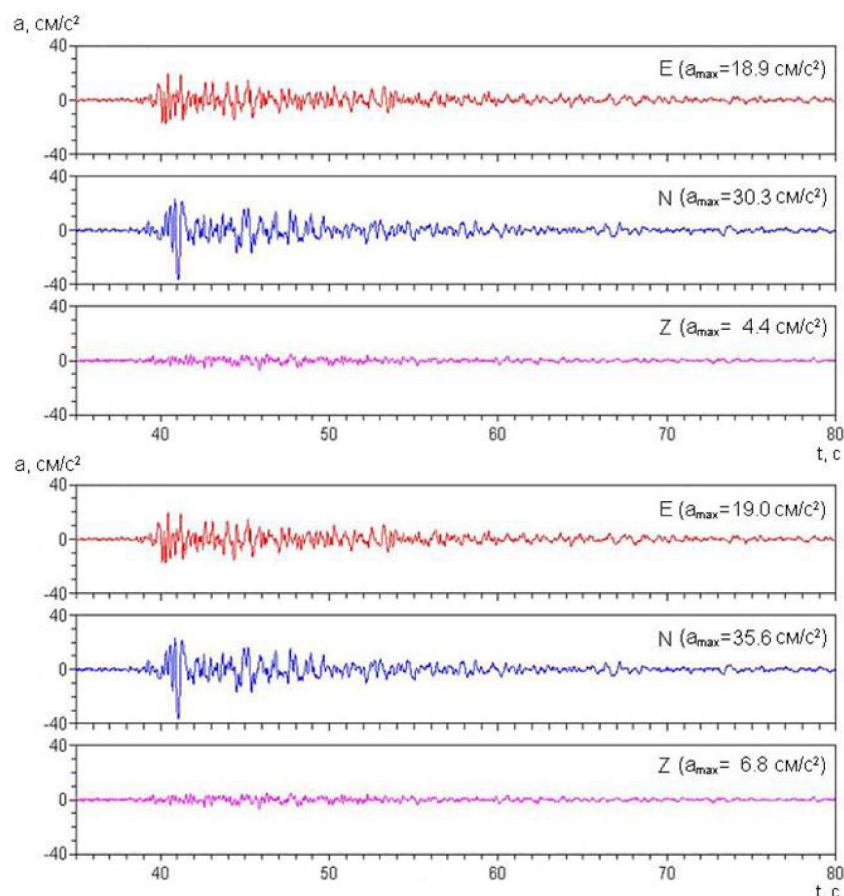


Рис. 5. Акселерограммы землетрясения 1 декабря в 01^h38^m с $K_p=14.3$, $M_w=6.0$, полученные на территории г. Алматы станциями сильных движений ARZ и SLH, верхняя и нижняя сейсмограмма соответственно. Результаты измерения основных характеристик записей (максимальных ускорений на записи (record) $a_{\max}^r$, соответствующих им периодов T и относительных длительностей колебаний d на уровне 0.5 от максимального ускорения) приведены в табл. 6.

Таблица 6. Параметры записей сильных движений при землетрясении 1 декабря 2003 г. на станциях в пределах г. Алматы

Станция	Компонента	Параметры записи			Станция	Компонента	Параметры записи		
		$a_{\max}^r$, см/с ²	T , с	d , с			$a_{\max}^r$, см/с ²	T , с	d , с
8MR	N	7.964	0.52	4.2	KRP	N	18.788	0.24	11.2
	E	7.296	0.38	5.1		E	17.603	0.24	12.2
	Z	4.503	0.20	12.0		Z	7.924	0.40	7.5
ARZ	N	35.604	0.40	5.2	MRV	N	10.104	0.24	3.3
	E	18.994	0.24	7.2		E	10.024	0.32	4.9
	Z	6.843	0.36	8.9		Z	5.709	0.24	5.75
BUR	N	14.893	0.32	17.9	MDO	N	18.748	0.28	4.1
	E	10.457	0.24	16.6		E	12.747	0.28	6.25
	Z	6.296	0.28	15.3		Z	8.571	0.22	1.00
CSO	N	6.480	0.30	6.69	NKM	N	19.963	0.36	4.1
	E	8.541	0.70	3.35		E	12.564	0.24	10.8
	Z	2.833	0.32	9.5		Z	4.500	0.52	11.3
KSK	N	6.864	0.32	11.65	VRG	N	22.634	0.82	5.258
	E	4.455	0.32	15.15		E	18.163	0.24	7.82
	Z	2.408	0.28	19.8		Z	5.014	0.88	9.5
KRS	N	13.745	0.56	5.4	SLH	N	30.318	0.56	0.9
	E	11.761	0.20	8.1		E	18.906	0.36	13.0
	Z	6.263	0.36	6.3		Z	4.411	0.48	25.3

Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками, параметры которых для событий с $K_p \geq 8.6$ приведены в [6].

Для главного толчка и восьми афтершоков получено решение механизма очага по сведениям о направлениях первых движений в продольных и поперечных волнах (табл. 7). В качестве исходного материала были использованы данные сейсмических станций сетей СОМЭ МОН РК, ИГИ НЯЦ РК, KNET, ОМСЭ ИС КР. Всего использовано 40 знаков первых вступлений P -волн для главного толчка и от 14 до 33 знаков – для афтершоков. Расчет параметров механизмов очагов проведен с использованием программы Масаки Накамура [9]. Распределение наблюдаемых знаков позволило получить решение механизма очага, в котором степень согласованности используемых знаков составляет 90% для главного толчка и 82–92% – для афтершоков. Параметры механизмов представлены в табл. 7, стереограммы механизмов главного толчка и некоторых афтершоков – на рис. 6.

Таблица 7. Параметры механизмов очагов землетрясения 1 декабря 2003 г. и его афтершоков

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Соггос
---	--------------	--------------------	----------	--	-------------	-------	------------------------	--	--	--	--	--	---------------------	--	--	--	--	--	---

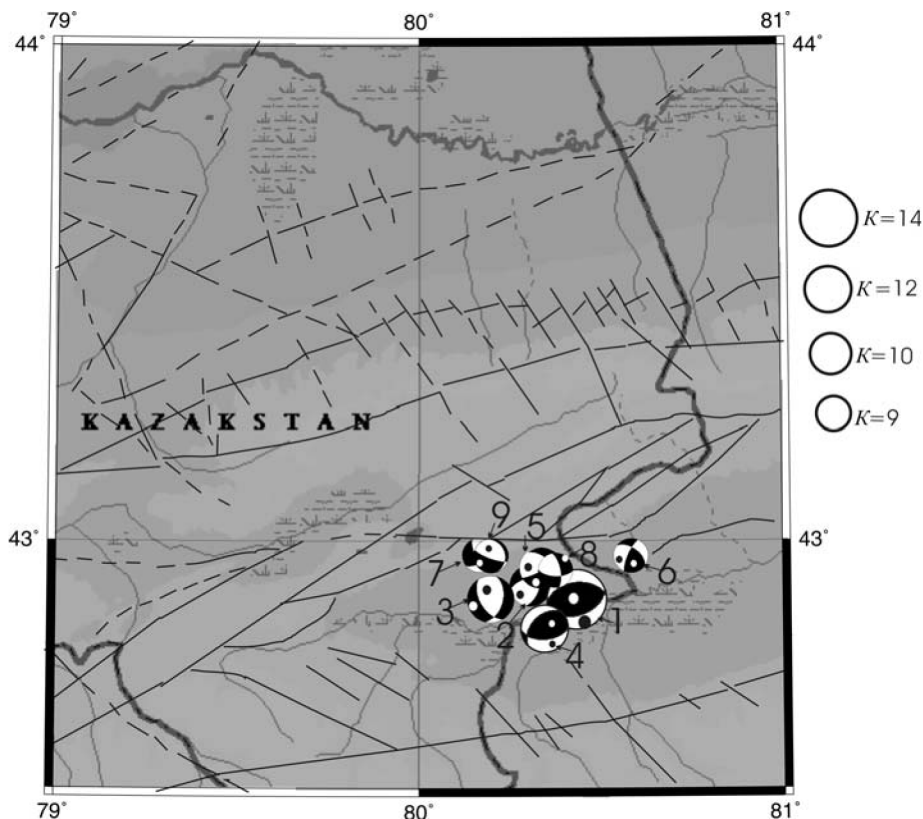


Рис. 6. Стереограммы фокальных механизмов главного землетрясения 1 декабря 2003 г. и его афтершоков (в верхней полусфере)

Цифровое обозначение механизмов соответствует обозначению в табл. 7.

Подвижка в очаге главного толчка определена как взброс по обеим возможным плоскостям разрыва субширотного простирания. Одна из плоскостей падает на юг–юго-восток, вторая – на северо-запад. Ось напряжения сжатия близгоризонтальна и отклоняется от меридиана на 13° в западном направлении. Ось напряжения растяжения близвертикальна, т.е. землетрясение произошло под действием регионального [10] близгоризонтального и близмеридионального сжатия. Аналогичный механизм отмечен в очаге одного из афтершоков. Радикально отличаются от описанных фокальные механизмы семи афтершоков, в очагах которых снимались вторичные, различно ориентированные близгоризонтальные растягивающие напряжения. Характер подвижки в этих очагах характеризуется сбросом (сбросо-сдвигом) по плоскостям, имеющим различное простирание. В одном очаге взбросо-сдвиговая подвижка отмечена по плоскостям субмеридионального простирания.

Следующим по величине энергии ($K_p=12.9$) является Луговское землетрясение (4), возникшее 22 мая в 18^h11^m . Магнитуда этого землетрясения $M_s=5.2$ (NEIC), $M_w=5.5$ (HRVD) [7], $MPVA$, по данным станций Казахстана, составила 6.3 [6]. Эпицентр землетрясения находился на юге Казахстана рядом с железнодорожной станцией Луговая. Максимальная интенсивность в эпицентральной области достигала 7 баллов. Этому событию посвящена отдельная статья [11] в наст. сб.

Пять землетрясений с $K_p \geq 8.6$ локализованы в областях Казахстана, считающихся асейсмичными. Они зарегистрированы 8 мая в 16^h08^m с $K_p=8.6$, 13 мая в 10^h41^m с $K_p=9.9$, 2 августа в 00^h53^m с $K_p=11.2$, 2 октября в 22^h57^m с $K_p=9.5$ и 24 октября в 22^h31^m с $K_p=9.5$ [6]. Наиболее интересным из них является землетрясение 8 мая в 16^h08^m с $K_p=8.6$, $MPVA=3.5$ в северном Казахстане, вблизи курорта Боровое. Сотрясения в г. Степняк, находящемся в 6 км от эпицентра, достигали интенсивности $I_t=4$ балла. В этой части Казахстана землетрясения происходят крайне редко. Для этого землетрясения также был определен механизм очага (табл. 8, рис. 7). Решение механизма очага получено по сведениям о направлениях первых движений в продольных волнах. В качестве исходного материала были использованы данные сейсмических станций сети ИГИ НЯЦ РК. Всего использовано 29 знаков первых вступлений P -волн, степень согласованности используемых знаков составляет 90%. Расчет параметров механизмов очагов проведен с использованием программы Масаки Накамура [9]. Одна из возможных плоскостей разрыва имеет $STK=23^\circ$ и полого падает на юго-запад, с подвижкой по ней типа сдвиг. Вторая плоскость ориентирована субширотно ($STK=287^\circ$) и круто падает на северо-восток. Подвижка по этой плоскости определена как сброс с незначительной сдвиговой составляющей. Ось напряжения сжатия ориентирована субмеридионально, ось напряжения растяжения – на северо-запад, обе имеют пологое залегание под углом 30° и 39° к горизонту соответственно, т.е. землетрясение произошло в условиях регионального близгоризонтального и близмеридионального сжатия.

Таблица 8. Параметры механизма очагов землетрясения 8 мая в 16^h08^m с $K_p=8.6$, $MPVA=3.5$

Дата, <i>д м</i>	<i>t₀</i> , <i>ч мин с</i>	Эпицентр		<i>h</i> , <i>км</i>	<i>K_p</i>	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Соггос- ванность, %	<i>n</i>
						<i>T</i>		<i>N</i>		<i>P</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>				
		φ° , N	λ° , E			<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>		
08.05	16 08 13.3	52.80	70.72	13	8.6	39	49	37	282	30	167	23	37	9	287	85	128	90	29

К слабосейсмичным относится и район Казахстана вблизи оз. Балхаш, где произошли два землетрясения на северном берегу озера: 13 мая в 10^h41^m с $K_p=9.9$, $MPVA=4.0$ и 2 августа в 00^h53^m с $K_p=11.2$, $MPVA=4.8$ (7 на рис. 3). Второе было ощутимым: эпицентр располагался рядом с г. Балхаш (24 км), где землетрясение вызвало сотрясения с $I_t=3-4$ балла. Полученные данные 2003 г. о сейсмичности в малоизученных, считавшихся асейсмичными, районах подтвердили выводы работы [12] о существовании здесь сейсмической активности, которую нужно изучать более детально.

Рассмотрим более детально традиционный район Северного Тянь-Шаня по данным СОМЭ МОН РК (рис. 1, 2, 8), в пределах которого обработано $N_\Sigma=391$ землетрясение с $K_p \geq 6.6$ [6]. Наиболее сейсмически активными ($N=105$) являются территории хребтов Заилийского и Кунгей-Алатау. Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 6.6$ за 2003 г. представлена на рис. 8.

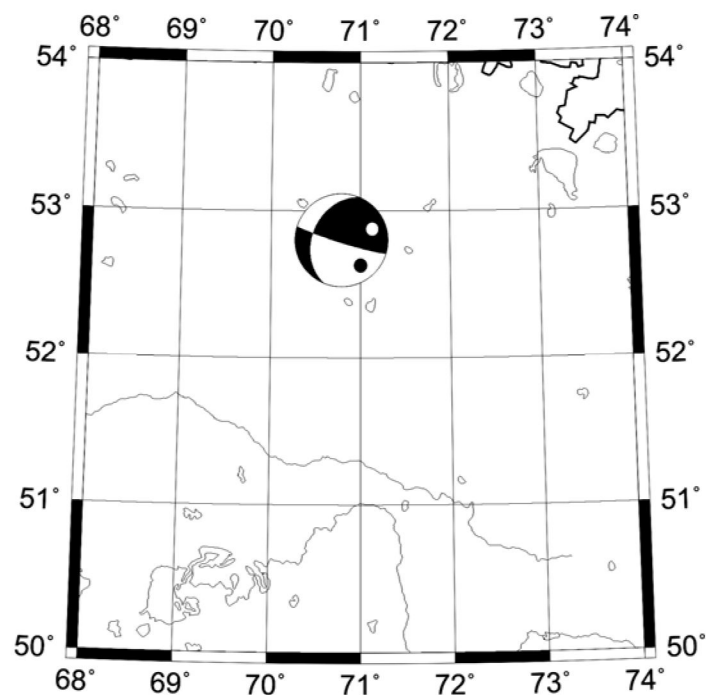


Рис. 7. Стереодиаграмма фокального механизма землетрясения 8 мая в 16^h08^m с $K_p=8.6$ (в верхней полусфере)

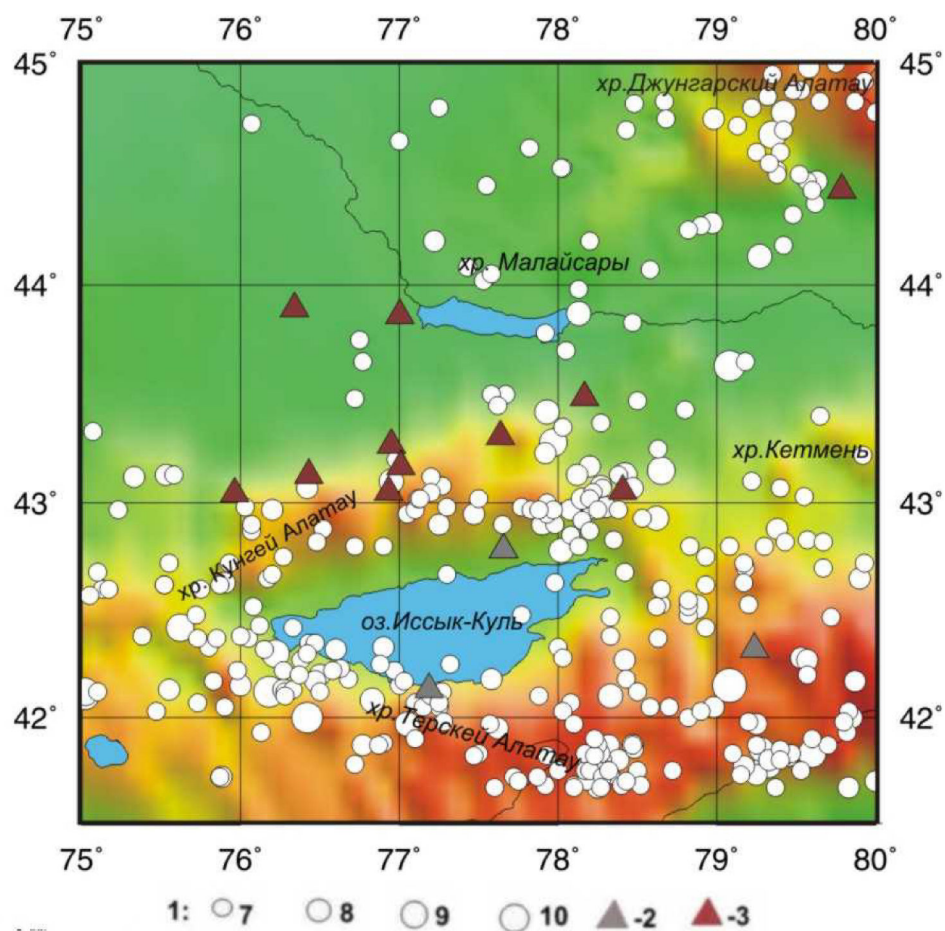


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений Северного Тянь-Шаня за 2003 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2, 3 – сейсмическая станция ОМСЭ АН КР и СОМЭ МОН РК соответственно.

Распределение землетрясений по энергетическим классам K_p для Северного Тянь-Шаня и отдельно для территории хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау дано в табл. 9, 10.

Таблица 9. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE на Северном Тянь-Шане в 2003 г.

K_p	7	8	9	10	11	N_Σ	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
N	290	67	28	5	1	391	0.188

Из сравнения данных табл. 9 с таковыми за 2002 г. [2] вытекает, что, несмотря на увеличение общего числа землетрясений в 2003 г. (391 вместо 353), величина выделившейся суммарной сейсмической энергии для Северного Тянь-Шаня соизмерима с таковой в 2002 г. ($\Sigma E = 0.184 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$).

Для территории же хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау (табл. 10) суммарное число землетрясений и величина выделившейся сейсмической энергии в 2003 г. значительно возросли, по сравнению с таковыми в 2002 г. ($N_\Sigma = 72$, $\Sigma E = 0.026 \cdot 10^{12} \text{ Дж}$ [2]).

Таблица 10. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE на территории хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау

K_p	7	8	9	10	11	N_Σ	$\Sigma E, 10^{12} \text{ Дж}$
N	76	15	10	3	1	105	0.142

Основные параметры сейсмического режима Северного Тянь-Шаня – уровень сейсмической активности в единицах A_{10} и параметр γ графика повторяемости в 2003 г., соответственно, равны: $A_{10} = 0.045$, $\gamma = -0.48$. Значение активности существенно ниже долговременного среднего $\bar{A}_{10} = 0.076$ [13], рассчитанного по данным наблюдений за 1951–1995 гг. для этого района.

Наиболее сильное землетрясение (13 на рис. 3) в пределах Северного Тянь-Шаня с $K_p = 10.6$ произошло в центральной части территории хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау 31 декабря в 09^h44^m. Оно ощущалось в г. Алматы (48 км) с интенсивностью сотрясений $I_i = 2$ балла [6].

Л и т е р а т у р а

1. Бейсенбаев Р.Т., Ли А.Н., Калмыкова Н.А., Михайлова Н.Н., Неверова Н.П., Соколова И.Н. Казахстан // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 155–164.
2. Бейсенбаев Р.Т., Ли А.Н., Калмыкова Н.А., Неверова Н.П., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Казахстан // Землетрясения Северной Евразии, 2002 г. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 168–174.
3. Джанузаков К.Д., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 144–152.
4. Аранович З.И., Артыков Т.У., Мухамедов Б.К. Расчет эффективности региональных сейсмических станций Средней Азии // Методика и результаты оценки эффективности региональных систем сейсмических наблюдений. – Тбилиси: Мецниереба, 1980. – С. 78–96.
5. Havskov J., Alguacil G. Instrumentation in Earthquake Seismology // Springer, Netherlands. – 2006. – 360 p.
6. Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. (СОМЭ МОН РК), Михайлова Н.Н. (ИГИ НЯЦ РК) (отв. сост.); Шипулина С.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Умурзакова Р.А., Гайшук Л.Н., Каймачникова Н.И. (СОМЭ МОН РК); Соколова И.Н. (ИГИ НЯЦ РК). Каталог землетрясений Казахстана за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. Bulletin of the International Seismological Centre for 2003. – Berkshire: ISC, 2005–2006.
8. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2003 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2003–2004.

-
9. **Masaki Nakamura.** Determination of focal mechanism solution using initial motion polarity of *P* and *S*-waves // *Physics of the Earth and Planetary Interiors.* – 2002. – P. 130.
 10. **Михайлова Н.Н., Власова А.А.** Поле сейсмотектонической деформации и параметры разрывообразования на Северном Тянь-Шане // *Изв. АН КазССР. – Сер. геол.* – 1991. – № 4. – С. 87–92.
 11. **Абаканов Т.Д., Ли А.Н., Михайлова Н.Н., Полешко Н.Н., Силачёва Н.В., Аристова И.Л.** Луговское землетрясение 22 мая 2003 года в Казахстане. (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
 12. **Михайлова Н.Н., Неделков А.И., Соколова И.Н.** Новые данные о землетрясениях в асейсмичных районах Казахстана // *Геофизика XXI столетия: 2002 год. Сборник трудов Четвертых геофизических чтений им. В.В. Федынского, Москва (28 февраля – 2 марта 2002 г.).* – М.: Научный мир, 2003. – С. 251–255.
 13. **Сыдыков А.** Параметры сейсмического режима // *Сейсмический режим территории Казахстана.* – Алматы: Гылым, 2004. – С. 85–92.