

КАЗАХСТАН

Р.Т. Бейсенбаев<sup>1</sup>, А.Н. Лу<sup>1</sup>, Н.А. Калмыкова<sup>1</sup>, Н.П. Неверова<sup>1</sup>,

Н.Н. Михайлова<sup>2</sup>, И.Н. Соколова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Алматы, *kalmukova@mail.kz*

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

На территории Казахстана в 2004 г. сейсмические наблюдения проводились, как и ранее [1–3], силами двух организаций Республики Казахстан: Сейсмологической опытно-методической экспедицией 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 сейсмических станций. Расположение станций показано на рис. 1, параметры описаны ниже.



Рис. 1. Схема размещения сейсмических станций на территории Казахстана

1 – станции СОМЭ МОН РК; 2 – трехкомпонентные станции НЯЦ РК; 3 – сейсмические группы НЯЦ РК; 4 – район «Северный Тянь-Шань».

Цифрами обозначены следующие станции: 1 – СМ – «Чимкент»; 2 – BRL – «Боролдай»; 3 – YUG – «Южная»; 4 – JBG – «Жабаглы»; 5 – DJB – «Джамбул»; 6 – MRK – «Мерке»; 7 – KPA – «Капал-Арасан»; 8 – «Семипалатинск»; 9 – «Зайсан».

Расшифровка кодов станций НЯЦ РК: АКTK – «Актюбинск», BRVK – «Боровое», TLG – «Талгар», PDG – «Подгорное», KURK – «Курчатов», MAKZ – «Маканчи», ZRNK – «Зеренда», BVAR – «Боровое», CHKZ – «Чкалово», VOS – «Восточное», KJAR – «Каратау», KURK – «Курчатов-Крест», MKAR – «Маканчи».

**Сеть сейсмических станций СОМЭ МОН РК** в 2004 г. претерпела значительные изменения. Из 21 станций в [1] только 10 («Чимкент», «Семипалатинск», «Джамбул», «Талды-Курган», «Джаркент», «Капал-Арасан», «Южная», «Зайсан», «Жабаглы» и «Боролдай») сохранили аналоговый тип и значения параметров аппаратуры. Остальные 11 станций переоснащены в цифровые: четыре («Кастек», «Курам», «Мерке», «Чушкалы») – в 2003 г., и семь («Алматы», «Тургень», «Курты», «Медео», «Майтубе», «Чушкалы») – в 2004 г. (табл. 1). При этом были использованы два типа АЦП: Quanterra Q730 и IDC-24. Но самое значительное изменение –

открытие в мае–июне 2004 г. восьми совершенно новых цифровых станций («Аухатты», «Бесмойнак», «Жинишке», «Кокпек», «Кызыласкер», «Кыргызсай», «Узынбулак», «Шалкоде») с АЦП DAS 6102. В итоге общее число станций к концу 2004 г. составило  $n=29$  (табл. 1). Данные об аппаратуре цифровых станций СОМЭ МОН РК представлены в табл. 2.

**Таблица 1.** Сейсмические станции СОМЭ МОН РК (в хронологии их открытия), работавшие в 2004 г., и параметры аналоговых станций

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, м$	Тип прибора	Компознента	$V_{max}$	$\Delta T_{max}, с$
		межд.	рег.								
1	Алматы	AAA	А-А	05.08.1927	43.267	76.950	920	СКМ-3	N, E, Z	5000	0.10–1.60
								СКМ-КПЧ	E	250	0.10–1.70
								СКД	N, E, Z	1000	0.50–18.0
								СКД-КПЧ	Z	50	0.50–18.0
				05.10.2004				Цифровая станция Quanterra Q730			
2	Чимкент	СНМ	Чмк	03.09.1932	42.319	69.603	512	СК	Z	1000	0.30–8.0
								СК-КПЧ	Z	50	0.30–8.0
3	Семипалатинск	SEM	Смп	20.10.1934	50.40	80.25	209	СК	N, Z	1600	0.10–10.0
								СК-КПЧ	N	80	0.10–10.0
4	Джамбул	ДЖВ	Джб	08.10.1973	42.892	71.331	631	СК	Z	1000	0.20–11.5
								СК-КПЧ	Z	50	0.20–10.5
5	Талды-Курган	Т-К	Т-К	02.08.1975	45.006	78.405	601	СКМ-3	Z	10000	0.15–1.65
								СКМ-КПЧ	E	500	0.15–1.65
								СК	N, E, Z	1000	0.15–10.0
6	Тургень	TRG	Трг	18.10.1976	43.307	77.637	1510	СКМ-3	Z	40000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	2000	0.10–1.50
								СКД	Z	1000	1.00–15.0
								СКД-КПЧ	Z	50	1.00–15.0
				15.04.2004				Цифровая станция Quanterra Q730			
7	Кастек	KST	Кст	20.09.1976	43.043	75.963	1415	СКМ-3	Z	40000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	2000	0.10–1.50
8	Тянь-Шань	TNS	Т-Ш	26.09.1979	43.050	76.933	3130	СКМ-3	Z	40000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	2000	0.10–1.50
9	Курты	KUU	Крт	16.03.1979	43.893	76.339	550	СКМ-3	Z	40000	0.10–1.45
								СКМ-КПЧ	E	2000	0.10–1.10
								СКД	Z	1000	1.0–19.0
								СКД-КПЧ	Z	50	1.0–18.0
				03.03.2004				Цифровая станция Quanterra Q730			
10	Медео	MDO	Мдо	01.01.1980	43.167	77.010	1600	СКМ-3	Z	40000	0.10–1.60
								СКМ-КПЧ	E	2000	0.10–1.60
11	Майтубе	MTB	Мтб	14.07.1984	43.130	76.430	1190	СКМ-3	Z	30000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	1000	0.10–1.50
12	Джаркент	DJR	Джр	16.10.1987	44.431	79.787	1600	СКМ-3	Z	40000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	2000	0.10–1.50
13	Курам	KUR	Кур	16.09.1988	43.487	78.168	840	СКМ-3	Z	30000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	1500	0.10–1.50
14	Капал-Арасан	КРА	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

№	Станция		Дата открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код		$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, м$	Тип прибора	КомпONENTA	$V_{max}$	$\Delta T_{max, c}$	
межд.		рег.									
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	03.07.1989	47.450	84.400	550	СКМ-3	N, E, Z	40000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	2000	0.10–0.70
19	Жабаглы	JBG	Жбг	11.09.1993	42.450	70.570	1130	СКМ-3	Z	30000	0.10–1.50
								СКМ-КПЧ	E	1500	0.10–1.50
20	Боролдай	BRL	Брл	01.01.1994	43.040	69.840	590	СКМ-3	Z	30000	0.20–1.20
								СКМ-КПЧ	E	1500	0.20–1.20
21	Мерке	MRK	Мрк	01.09.2003	42.745	73.226	1160	Цифровая станция IDC-24			
22	Кызыласкер	KZA		06.05.2004	43.133	76.217	1085	Цифровая станция DAS 6102			
23	Бесмойнак	BMN		18.05.2004	43.100	75.667	1624	Цифровая станция DAS 6102			
24	Аухатгы	AUH		25.05.2004	42.883	75.133	762	Цифровая станция DAS 6102			
25	Узынбулак	UZB		02.06.2004	43.133	79.017	1590	Цифровая станция DAS 6102			
26	Кыргызсай	KGS		03.06.2004	43.317	79.483	1368	Цифровая станция DAS 6102			
27	Жинишке	ZHN		09.06.2004	43.167	78.417	1346	Цифровая станция DAS 6102			
28	Кокпек	KRK		09.06.2004	43.433	78.667	1227	Цифровая станция DAS 6102			
29	Шалкоде	SHL		09.06.2004	43.150	79.867	2115	Цифровая станция DAS 6102			

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций СОМЭ МОН РК в 2004 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосигграф – отсчет/(м/с)
Кастек	IDC-24+ CMG-40T	EH(N, E, Z)v	1.0–50	100	24	$2.13 \cdot 10^{10}$
Курам	IDC-24+CM3-KB	EH(N, E, Z)v	0.4–50	100	24	$1.50 \cdot 10^9$
Чушкалы	Q730+L4C	EH(N, E, Z)v	1.0–50	100	24	$0.92 \cdot 10^9$
Мерке	IDC-24+CMG-40T	EH(N, E, Z)v	1.0–50	100	24	$2.11 \cdot 10^{10}$
Алматы	Q730+EP105	HH (N, E, Z)v	0.03–50	100	24	$1.07 \cdot 10^9$
Курты	Q730+EP105	HH (N, E, Z)v	0.03–50	100	24	$1.07 \cdot 10^9$
Майтубе	Q730+L4C	EH(N, E, Z)v	1.0–50	100	24	$0.87 \cdot 10^9$
Медео	IDC-24+ CMG-3T	BH (N, E, Z)v	0.03–50	50	24	$0.63 \cdot 10^9$
Саты	IDC-24+CM3-KB	EH(N, E, Z)v	0.4–50	100	24	$1.70 \cdot 10^9$
Тургень	Q730+L4C	EH(N, E, Z)v	1.0–50	100	24	$0.90 \cdot 10^9$
Аухатгы	DAS 6102+SP 400RN	HH (N, E, Z)v	0.1–50	100	24	$0.84 \cdot 10^9$
Жинишке	DAS 6102+SP 400RN	HH (N, E, Z)v	0.1–50	100	24	$0.84 \cdot 10^9$
Кокпек	DAS 6102+SP 400RN	HH (N, E, Z)v	0.1–50	100	24	$0.84 \cdot 10^9$
Кызыласкер	DAS 6102+SP 400RN	HH (N, E, Z)v	0.1–50	100	24	$0.84 \cdot 10^9$
Кыргызсай	DAS 6102+SP 400RN	HH (N, E, Z)v	0.1–50	100	24	$0.84 \cdot 10^9$
Узынбулак	DAS 6102+SP 400RN	HH (N, E, Z)v	0.1–50	100	24	$0.84 \cdot 10^9$
Шалкоде	DAS 6102+SP 400RN	HH (N, E, Z)v	0.1–50	100	24	$0.84 \cdot 10^9$

Для более точной локализации гипоцентров землетрясений к обработке материалов СОМЭ МОН РК дополнительно привлекались бюллетени землетрясений восьми станций ОМСЭ ИС НАН Кыргызстана («Ала-Арча», «Ананьево», «Арал», «Бишкек», «Каджи-Сай», «Кен-Суу», «Пржевальск», «Эркин-Сай»). Все перечисленные станции используются в СОМЭ для локации землетрясений только на территории, называемой «Северный Тянь-Шань» и изображенной прямоугольником на рис. 1.

В результате перехода в СОМЭ на цифровую аппаратуру и открытия новых цифровых станций увеличилась дальность регистрации землетрясений различных классов, снизился уровень  $K_{min}$  представительной регистрации (рис. 2). Расчет карты  $K_{min}$  на территории Северного Тянь-Шаня проводился двумя способами: аналитически (по методике [4]) и эмпирически (по радиусам уверенной регистрации землетрясений с учетом вклада вновь открытых цифро-

вых станций). Особенно заметно расширилась область представительной регистрации с  $K_{\min}=6.0$  и  $6.5$ , по сравнению с таковой в 2003 г. [3]. За счет большей чувствительности цифровых станций возросло число локализованных слабых землетрясений с  $K_p \leq 5.0$ .



Рис. 2. Карта энергетической представительности регистрации  $K_{\min}$  землетрясений Северного Тянь-Шаня в 2004 г.

В связи с переходом в СОМЭ МОН РК на компьютерную технологию появилась необходимость разработать программно-математическое обеспечение для интерпретации цифровых записей землетрясений. А. Жунусовой разработана система сейсмического анализа «Эпицентр», которая основывается на программе Wgsnplot, где определение основных параметров гипоцентров землетрясений осуществляется пакетом «DIMAS» [5]. Система «Эпицентр» содержит:

- управляющую программу;
- пакет программ DIMAS;
- пакет программ расчета параметров землетрясения;
- базу данных каталога землетрясений;
- базу данных бюллетеней станций;
- пакет графических программ;
- пакет сервисных программ.

Программный комплекс «Эпицентр» выполняет сбор информации с цифровых станций, визуализацию записей на экране для определения параметров волновых форм, предоставляет возможность быстро определять гипоцентр землетрясения и его энергетические характеристики. Система «Эпицентр» состоит из полного набора программ по обработке сейсмических данных, хранению информации (базы данных), поиску и выдаче данных об основных параметрах землетрясений и времени вступлений различных фаз сейсмических волн. База данных включает в себя каталог событий и станционные базы, в последних хранятся параметры волновых форм записей землетрясений. В систему «Эпицентр» включены различные пакеты программ по автоматическому определению гипоцентра и энергии землетрясения: DIMAS, NIPO71, GIP [6]. Последняя создана в Институте сейсмологии МОН РК и основана на алгоритме NIPO74 [7]. Особенностью системы «Эпицентр» является то, что определение гипоцентров землетрясений базируется на региональном годографе Северного Тянь-Шаня [8], в основу которого заложена скоростная модель среды с дискретностью по глубине 5 км. Энергетические характеристики ( $K_p$ ,  $MPVA$ ,  $MS$ ) рассчитывались по программам, использующим соответствующие калибровочные функции [9–11].

В настоящей статье и прилагаемом на CD каталоге [12] помещены не все землетрясения Северного Тянь-Шаня, а лишь с  $K_p \geq 6.6$ , общее число которых составило 412. Карта их эпицентров представлена на рис. 3.

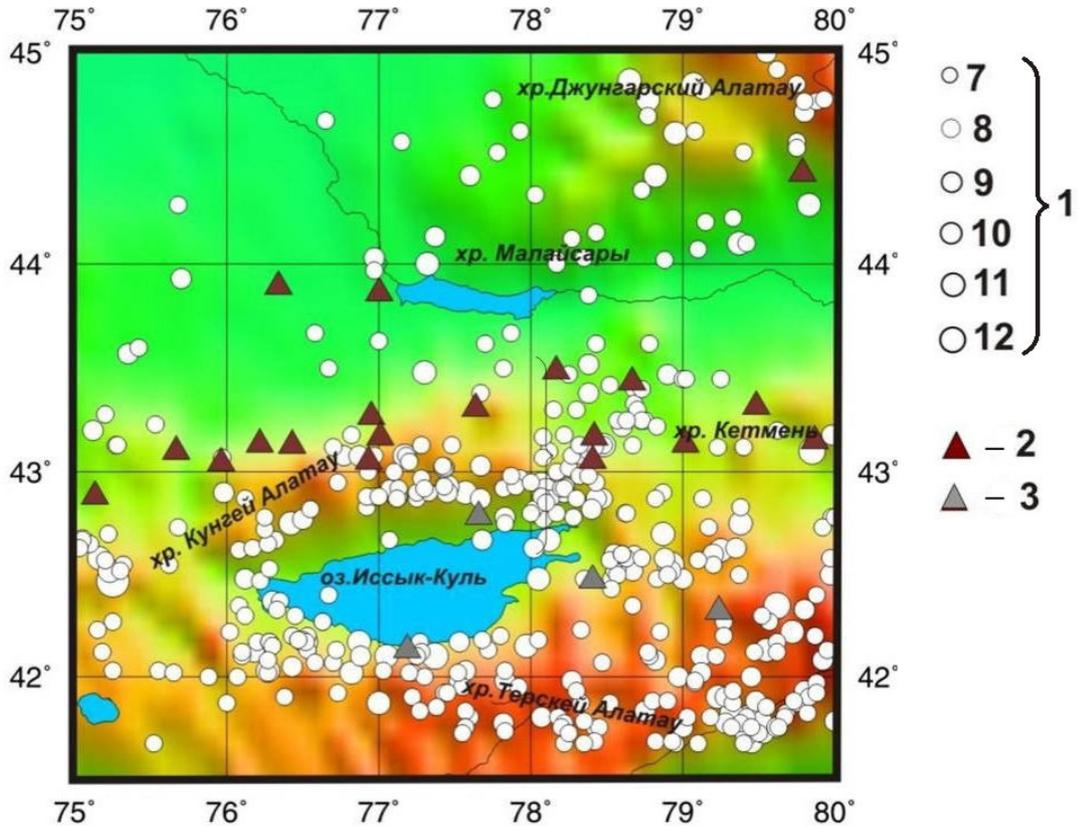


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Северного Тянь-Шаня с  $K_p \geq 6.6$  за 2004 г.

1 – энергетический класс  $K_p$ ; 2, 3 – сейсмическая станция СОМЭ МОН Республики Казахстан и ОМСЭ АН Республики Кыргызстан соответственно.

Распределение землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  для Северного Тянь-Шаня приведено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная выделившаяся сейсмическая энергия  $\Sigma E$  на Северном Тянь-Шане

$K_p$	7	8	9	10	11	12	$N_{\Sigma}$	$\Sigma E, Дж$
$N$	301	70	35	5		1	412	$1.357 \cdot 10^{12}$

112 землетрясений локализованы в наиболее сейсмически активных частях Северного Тянь-Шаня – на территории хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау. Распределение землетрясений по энергетическим классам на территории хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау представлено в табл. 4.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_p$  и суммарная выделившаяся сейсмическая энергия  $\Sigma E$  на территории хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау

$K_p$	7	8	9	10	$N_{\Sigma}$	$\Sigma E, Дж$
$N$	85	19	7	1	112	$0.020 \cdot 0^{12}$

При сравнении данных табл. 3 с аналогичными данными за 2003 г. [3] видим, что общее число  $N_{\Sigma}=412$  землетрясений в 2004 г. незначительно возросло (в 2003 г. –  $N_{\Sigma}=391$ ), величина

же выделившейся суммарной сейсмической энергии в 2004 г. ( $1.357 \cdot 10^{12}$  Дж) увеличилась в семь раз (в 2003 г. –  $\Sigma E = 0.184 \cdot 10^{12}$  Дж) за счет землетрясения 16 января в  $09^h 06^m$  с  $K_p = 12.1$  [12]. Для территории хребтов Заилийский и Кунгей-Алатау суммарное число  $N_{\Sigma} = 112$  землетрясений увеличилось незначительно (в 2003 г. –  $N_{\Sigma} = 105$ ), величина выделившейся сейсмической энергии в 2004 г. снизилась в семь раз (в 2003 г. –  $\Sigma E = 0.142 \cdot 10^{12}$  Дж). В пределах Кунгей- и Заилийского Алатау суммарная энергия землетрясений не превысила уровня 10-го энергетического класса. Землетрясение, случившееся 30 января в  $10^h 07^m$  с  $K_p = 10.3$ , вызвало в г. Алматы (105 км) сотрясение интенсивностью 2 балла.

Основные параметры сейсмического режима Северного Тянь-Шаня – уровень сейсмической активности в единицах  $A_{10}$  и угол наклона графика повторяемости  $\gamma$  – в 2004 г., соответственно, равны  $A_{10} = 0.045$ ,  $\gamma = -0.48$ . Значение активности  $A_{10}$  существенно ниже долговременного среднего, рассчитанного за 1951–1995 гг. для этого района [13].

Сеть станций ИГИ НЯЦ МЭМР РК в 2004 г. пополнилась новой сейсмической группой (СГ) «Акбулак», расположенной в западном Казахстане. Эта группа построена в Айтикебийском районе Актюбинской области в сотрудничестве с АФТАК (США), вдали от крупных населенных пунктов: г. Актобе находится в 200 км к северо-западу от нее; в 20 км к югу расположено селение Талдык, в 50 км к западу – Кайракты. На топографической основе (рис. 4) показано размещение СГ «Акбулак» – схема расположения приборных скважин и технической площадки (ROOF).

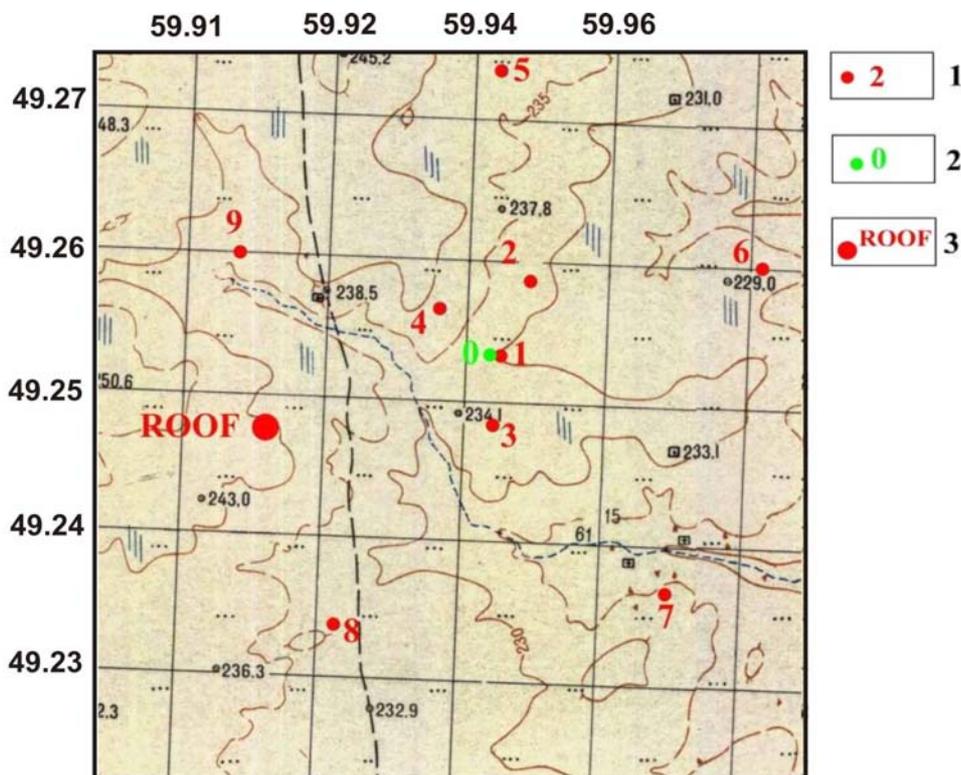


Рис. 4. Топографическая карта участка размещения сейсмической группы «Акбулак»

1–3 – места расположения приборных скважин (АВК 01–09), приборной скважины (АВК31) для трехкомпонентного сейсмометра и технической площадки ROOF соответственно.

В геологическом отношении СГ «Акбулак» располагается в пределах южной части Акбулаксайского гранитного массива верхнепалеозойского возраста ( $\gamma$  PZ3). Массив плохо обнажен, с поверхности его породы перекрыты суглинистыми отложениями. По гранитам и вмещающим породам развита мезозойская кора выветривания. Коренные граниты обнажаются в южной части участка вблизи и в русле балки Акбулаксай, в русле балки Карпактас, вблизи пунктов приборных скважин 7 и 9. Коренные граниты хорошо обнажены также к северу от площадки в долине р. Кайракты [14].

Сейсмическая группа «Акбулак» аналогична по конфигурации двум действующим сейсмическим группам – «Маканчи» и «Каратау» [15] и состоит из 10 точек наблюдения (рис. 5), расположенных по двум окружностям с общей центральной точкой.

Радиус большой окружности составляет 2 км, малой – 500 м. По большой окружности располагается пять приборных скважин (АВК05 – АВК09), по малой – три (АВК02 – АВК04). Глубина этих скважин 40 м, в центральной точке пройдены две приборные скважины (АВК01, АВК31) глубиной 80 м. На девяти пунктах в скважинах установлены девять однокомпонентных вертикальных сейсмометров GS-21. Кроме того, имеется одна широкополосная трехкомпонентная станция с сейсмометром KS54000-СТВТО (АВКАР), установленная в центре группы. В табл. 5 приведены координаты всех приборных скважин сейсмической группы.

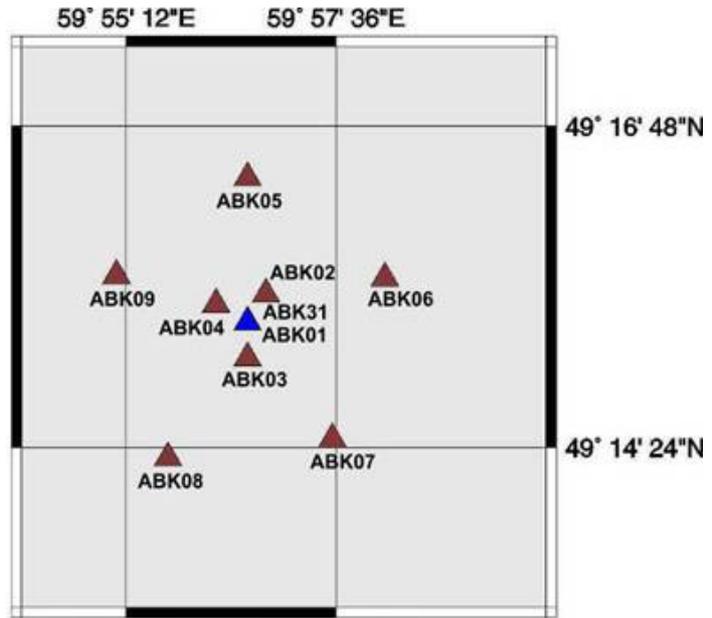


Рис. 5. Схема расположения элементов сейсмической группы «Акбулак»

Таблица 5. Координаты мест расположения приборных скважин сейсмической группы «Акбулак»

№	Код скважины	$h_y$ , м	Координаты GPS (система WGS-84)	Глубина скважин, м	Расстояние от приборной скважины	
					до технической площадки, м	до скважины АВК01 (центр), м
1	АВКАР (АВК31) 5 м к западу от АВК01	232.51	49° 15' 20.0" N 59° 56' 34.9" E	80	1740.4	5
2	АВК01	232.59	49° 15' 20.0" N 59° 56' 35.0" E	80	1732.2	–
3	АВК02	229.54	49° 15' 32.8" N 59° 56' 47.3" E	40	2112.0	550
4	АВК03	234.07	49° 15' 03.8" N 59° 56' 35.0" E	40	1697.5	500
5	АВК04	236.14	49° 15' 28.1" N 59° 56' 13.5" E	40	1445.3	500
6	АВК05	238.94	49° 16' 24.9" N 59° 56' 35.0" E	40	3021.9	2000
7	АВК06	230.93	49° 15' 40.1" N 59° 58' 09.6" E	40	3749.1	2000
8	АВК07	230.0	49° 14' 27.5" N 59° 57' 33.5" E	40	3060.1	2000
9	АВК08	233.85	49° 14' 19.2" N 59° 55' 41.0" E	40	1495.5	2250
10	АВК09	236.78	49° 15' 41.0" N 59° 55' 05.0" E	40	1154.5	2000
11	R (техническая площадка)	241.27	49° 15' 04.1" N 59° 55' 12.4" E	–	–	–

Регистрация сигналов производится в цифровом виде. Режим регистрации непрерывный. Число отсчетов в секунду стандартное для всех каналов и составляет 40.

Коммуникационная структура новой сейсмической группы «Акбулак» представлена на рис. 6.

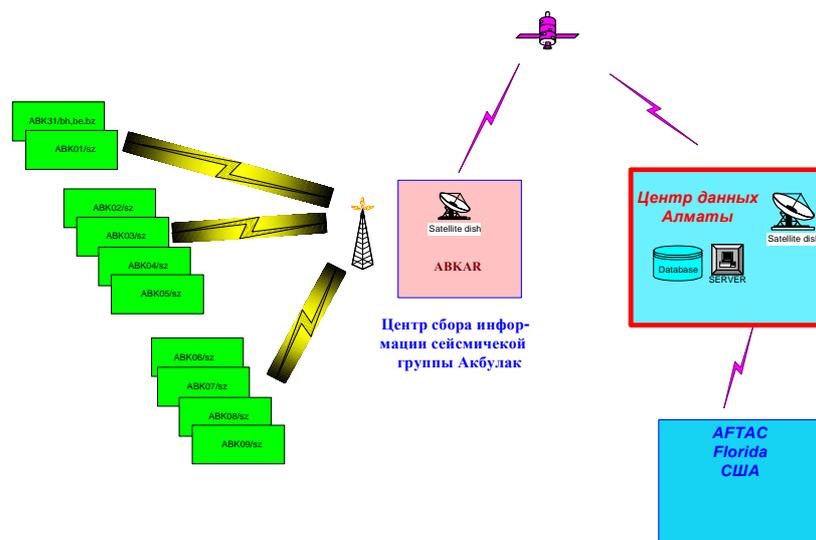


Рис. 6. Схема организации сбора и передачи данных сейсмической группы «Акбулак»

Как видно из приведенной схемы, сбор и оцифровка исходных данных происходят на каждом пункте наблюдений. Затем по телеметрическим каналам связи данные передаются на центральный пункт сбора информации СГ «Акбулак». Далее, через спутниковый канал, данные поступают в Центр данных (г. Алматы), где установлено коммуникационное и компьютерное оборудование, обеспечивающее сбор, обработку и последующую передачу данных. Из Центра данных (г. Алматы) данные СГ «Акбулак» пересылаются в Национальный центр данных США (Флорида). Все процедуры, связанные с изменением конфигурации сети, настройками, калибровкой осуществляются дистанционно из Центра данных ИГИ НЯЦ РК (г. Алматы). Данные СГ «Акбулак» стали включаться в обработку совместно с данными других станций сети НЯЦ РК с января 2004 г. Новая сейсмическая группа обладает высокой эффективностью как при регистрации региональных сейсмических событий, так и телесеизмических, являясь хорошим дополнением всей сети.

В итоге в 2004 г. в состав сети сейсмических наблюдений НЯЦ РК (рис. 1) входили восемь сейсмических групп (Акбулак, Маканчи, Каратау, Курчатов-Крест, Чкалово, Восточное, Зеренда, Боровое-AS057) и пять трехкомпонентных станций («Актюбинск», «Боровое», «Курчатов», «Подгорное», «Маканчи»). В табл. 6 приведены сведения о параметрах станций ИГИ НЯЦ РК, а в табл. 7 – о сейсмической аппаратуре.

Таблица 6. Сведения о сейсмических группах (СГ) и отдельных цифровых станциях НЯЦ РК в 2004 г.

	Группа/станция		Дата открытия	Координаты		
	Название	Код		$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$h_y, m$
1	СГ Зеренда	ZRNK	22.07.1994	52.951	69.004	380
2	Боровое	BRVK	23.07.1994	53.058	70.283	330
3	СГ Чкалово	CHKZ	23.07.1994	53.676	70.615	120
4	СГ Восточное	VOS	24.07.1994	52.723	70.980	300
5	Актюбинск	AKTK	01.10.1994	50.435	58.017	360
6	СГ Курчатов-Крест	KUR21	15.01.1995	50.622	78.531	200
7	Курчатов	KURK	26.03.1995	50.715	78.621	184
8	Маканчи	MAKZ	14.09.1996	46.808	81.977	600
9	Подгорное	PDG	18.10.1997	43.327	79.485	1277
10	СГ Маканчи	MKAR	28.08.2000	46.794	82.290	554
11	СГ Каратау	KKAR	11.12.2001	43.103	70.512	475
12	СГ Боровое	BVAR	15.07.2002	53.024	70.388	420
13	СГ Акбулак	ABKAR	28.12.2003	49.256	59.943	362

Таблица 7. Данные об аппаратуре цифровых станций НЯЦ РК в 2004 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц [16]	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность, велосигграф – отсчет/(м/с), акселерограф – отсчет/(м/с <sup>2</sup> )
СГ Зеренда	Quanterra 680+STS-2	BH (N, Z, E)v	0.033–20	40	24	1.56·10 <sup>9</sup>
ZRНК1-ZRНК6	Quanterra 680+K213-CM1	SH (Z)v	0.5–10	40	24	4.81·10 <sup>9</sup>
Боровое	Quanterra 680+STS-2	BH (N, Z, E)v	0.033–20	40	24	1.56·10 <sup>9</sup>
Боровое (IRIS/IDA)	IDA MK7B + STS-1	BH (N, Z, E)v	0.003–10	20	24	0.30·10 <sup>9</sup>
	IDA MK7B + STS-1	LH (N, Z, E)v	0.003–0.5	1	24	0.074·10 <sup>9</sup>
	IDA MK7B + STS-1	VH (N, Z, E)v	0.003–0.05	0.1	24	0.02·10 <sup>9</sup>
	IDA MK7B + FBA	LN (N, Z, E)a	0–0.003	1	24	3.8·10 <sup>12</sup>
	IDA MK7B + GS-13	SH (N, Z, E)v	0.05–20	40	24	0.74·10 <sup>9</sup>
Чкалово	Quanterra 680+STS-2	BH (N, Z, E)v	0.033–20	40	24	1.56·10 <sup>9</sup>
СНК1-СНК6	Quanterra 680+K213-CM1	SH (Z)v	0.5–10	40	24	4.81·10 <sup>9</sup>
Восточное	Quanterra 680+STS-2	BH (N, Z, E)v	0.033–20	40	24	1.56·10 <sup>9</sup>
VOS1-VOS6	Quanterra 680+K213-CM1	SH (Z)v	0.5–10	40	24	4.81·10 <sup>9</sup>
Актюбинск	REFTEK72A+CMG3-ESP	BH (N, Z, E)v	0.1–20	40	16	0.2235·10 <sup>9</sup>
Курчатов-Крест (KUR01-KUR21)	IASPEI16+ K213-C	SH (Z)v	0.5–10	40	16	0.052·10 <sup>9</sup>
Курчатов (IRIS/IDA)	IDA MK7B + STS-1	BH (N, Z, E)v	0.003–10	20	24	0.31·10 <sup>9</sup>
	IDA MK7B + STS-1	LH (N, Z, E)v	0.003–0.5	1	24	0.077·10 <sup>9</sup>
	IDA MK7B + STS-1	VH (N, Z, E)v	0.003–0.05	0.1	24	0.019·10 <sup>9</sup>
	IDA MK7B + FBA	LN (N, Z, E)a	0–0.003	1	24	3.8·10 <sup>12</sup>
	IDA MK7B + GS-13	SH (N, Z, E)v	0.05–20	40	24	0.74·10 <sup>9</sup>
Маканчи МАКZ (IRIS/GSN)	Quanterra 380+STS1	BH (N, Z, E)v	0.003–10	20	24	0.92·10 <sup>9</sup>
	Quanterra 380+STS1	LH (N, Z, E)v	0.003–0.5	1	24	0.23·10 <sup>9</sup>
	Quanterra 380+STS1	VH (N, Z, E)v	0.003–0.05	0.1	24	0.057·10 <sup>9</sup>
	Quanterra 380+STS1	VM (N, Z, E)v	0.003–0.05	0.1	24	5.969·10 <sup>12</sup>
	Quanterra 380+STS1	UH (N, Z, E)v	0.003–0.005	0.01	24	0.075·10 <sup>9</sup>
	Quanterra 380 + FBA	LL (N, Z, E)a	0–0.003	1	24	1.87·10 <sup>13</sup>
Маканчи МКAR	AIM24+KS-54000-CTBTO	BH (N, Z, E)a	0.03–16.7	40	24	0.25·10 <sup>9</sup>
МК01-МК09	AIM24+GS-21	SH (Z)v	0.05–20	40	24	0.075·10 <sup>9</sup>
Каратау ККАR	AIM24+KS-54000-CTBTO	BH (N, Z, E)a	0.03–16.7	40	24	0.25·10 <sup>9</sup>
КК01-КК09	AIM24+GS-21	SH (Z)v	0.05–20	40	24	0.075·10 <sup>9</sup>
Акбулак АВКАR	AIM24+KS-54000-CTBTO	BH (N, Z, E)a	0.03–16.7	40	24	0.25·10 <sup>9</sup>
АВК01-АВК09	AIM24+GS-21	SH (Z)v	0.05–20	40	24	0.075·10 <sup>9</sup>
Подгорное	REFTEK72A+CMG3-ESP	BH (N, Z, E)v	0.1–20	40	24	0.954·10 <sup>9</sup>
СГ Боровое	Europa-T+ CMG-3TB	BH (N, Z, E)v	0.003-5	40	24	0.100·10 <sup>9</sup>

Этой сетью для всей территории Казахстана обеспечена представительная регистрация землетрясений с  $K_{\min}=9$ . Методика обработки данных в ЦССОСИ ИГИ НЯЦ РК осталась прежней [2]. Общее число локализованных сетью НЯЦ РК землетрясений составило 46 [12].

Сводный каталог землетрясений Казахстана [12] содержит 458 землетрясений с  $K_p=6.6$ –14.5, в том числе для района «Северный Тянь-Шань» в каталог включены все зарегистрированные землетрясения с  $K_p \geq 6.6$  (412 землетрясений). На остальной территории Казахстана рассматриваются землетрясения только с  $K_p \geq 8.6$  (46 землетрясений).

На рис. 7 представлена карта эпицентров землетрясений с  $K_p \geq 8.6$  на всей территории Казахстана и приграничных районов.

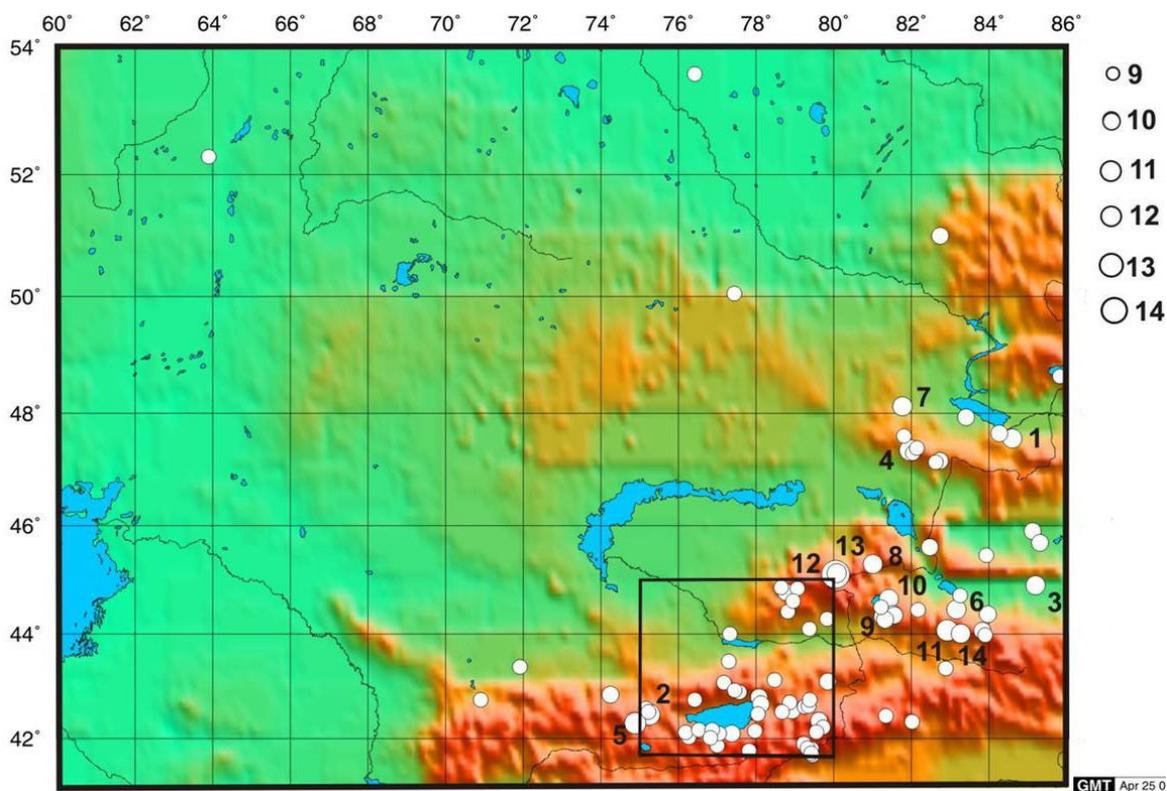


Рис. 7. Карта эпицентров землетрясений Казахстана (включен район «Северный Тянь-Шань», выделенный рамкой) с  $K_p \geq 8.6$  за 2004 г.

Пронумерованы сильные ( $K_p \geq 10.6$ ) землетрясения в соответствии с графой 1 каталога [12].

На Северном Тянь-Шане самым значительным событием года явилось упомянутое выше землетрясение 16 января с  $K_p = 12.1$  в отрогах хр. Терской-Алатау ( $\varphi = 42.47^\circ N$ ,  $\lambda = 75.20^\circ E$ ; 2 на рис. 7). Колебания с интенсивностью 2–3 балла от этого землетрясения были отмечены в г. Алматы (163 км).

На всей территории Казахстана самое сильное ( $K_p = 12.8$ ,  $MPVA = 5.6$ ) землетрясение (12 на рис. 7) произошло 27 октября в 09<sup>h</sup>23<sup>m</sup> в Джунгарском Алатау. Интенсивность вызванных им сотрясений на территории Казахстана составила 4 балла в г. Сарканд (35 км) и п. Джансугуров (53 км), 2 балла – в г. Алматы (322 км). Механизм очага определен Н.Н. Полешко по 35 знакам первых вступлений на станциях СОМЭ МОН и ИГИ НЯЦ РК, степень согласованности наблюдаемых знаков составляет 100%, разброс значений параметров механизма очага не превышает  $4^\circ$ . Параметры механизма очагов главного толчка и трех его афтершоков в нижней полусфере приведены в табл. 8.

Таблица 8. Параметры механизмов очагов землетрясения 27 октября в 09<sup>h</sup>23<sup>m</sup> с  $K_p = 12.8$  и трех его афтершоков

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		NP1			NP2		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1	27.10	09 23 36.1	20	12.8	46	264	38	49	18	154	287	43	156	35	73	50
2				8.8	57	77	25	215	19	314	79	34	141	204	69	63
3				8.5	51	111	27	240	26	344	118	31	153	233	76	62
4				10.6	74	216	14	5	8	97	203	39	113	356	54	73

В очаге главного толчка (№ 1, табл. 8) по нодальной плоскости NP1 субширотного простираения, падающей на северо-восток, подвижка определена как сдвиг-взброс с незначительной взбросовой составляющей (рис. 8). По второй плоскости NP2, имеющей северо-восточное

простираение и падение на юго-восток, подвижка определена как взбросо-сдвиг, с преобладающей взбросовой компонентой. Ось напряжения сжатия близгоризонтальна и ориентирована субмеридионально. Ось напряжения растяжения имеет близширотное простираение и составляет с горизонтом  $46^\circ$ . Найдено решение механизмов очагов трех афтершоков этого землетрясения. Первые два афтершока с  $K_p=8.8$  и  $K_p=8.5$  имеют механизм очага, подобный главному толчку, с противоположным направлением падения нодальных плоскостей. В очаге третьего афтершока с  $K_p=10.6$  реализован взброс по обеим нодальным плоскостям, имеющим близмеридиональное простираение. Ось сжатия в его очаге ориентирована близширотно, угол погружения близгоризонтален. Ось растяжения близвертикальна. Возможно, подвижка в этом очаге произошла под действием вторичных напряжений.

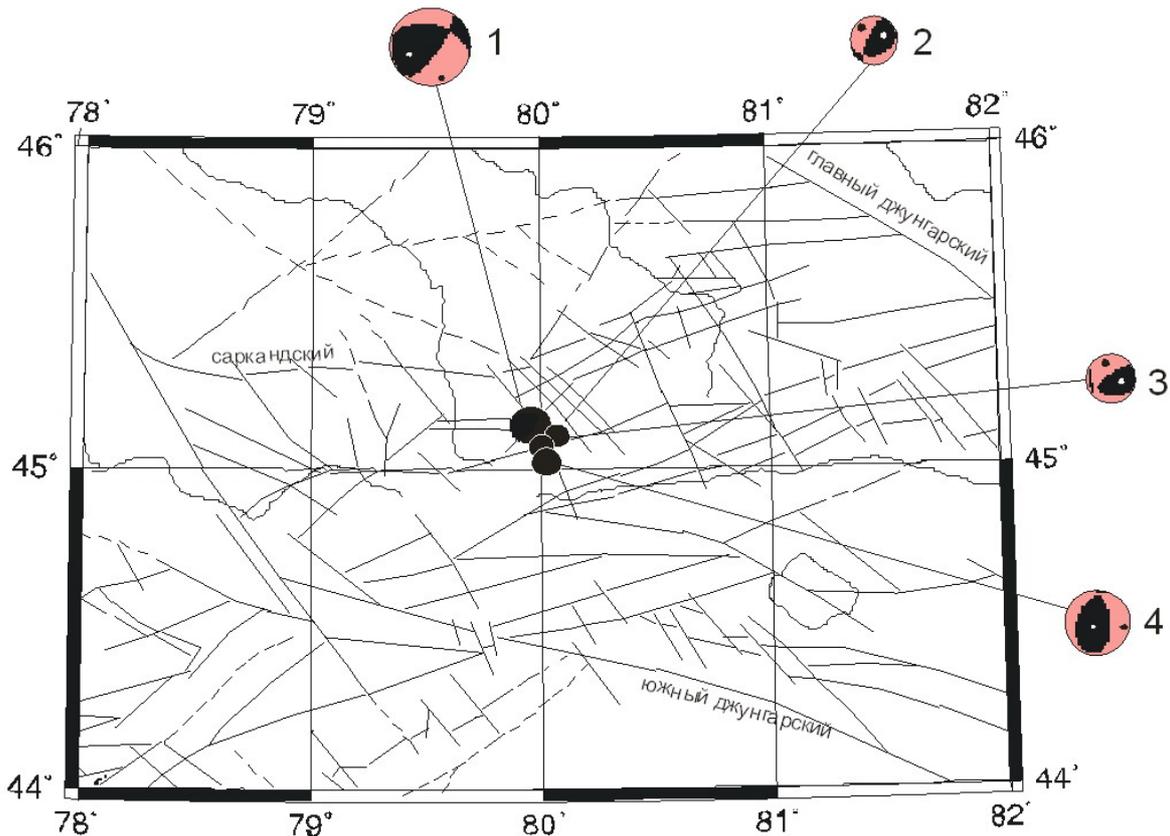


Рис. 8. Стереогаммы механизмов очагов землетрясения 27 октября с  $K_p=14.5$  и его трех афтершоков в проекции нижней полусферы

Наряду с описанными выше сильными землетрясениями представляют интерес четыре более слабые ( $K_p=8-9$ ) землетрясения, зарегистрированные в областях Казахстана, считающихся асейсмичными (рис. 7).

Два из них произошли 17 апреля в  $19^{\text{h}}22^{\text{m}}$  и  $19^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с одинаковыми магнитудами  $MPVA=3.1$  (но с разными классами –  $K_p=8.2$  и  $8.9$  соответственно [12]) в северном Казахстане, вблизи г. Рудный (87 и 92 км), где ощущались с  $I=3$  балла.

Интересным событием является также землетрясение 18 апреля в  $17^{\text{h}}06^{\text{m}}$  с  $K_p=8.7$ ,  $MPVA=3.6$  на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона, в районе хр. Муржик ( $\varphi=50.05^\circ$ ,  $\lambda=77.44^\circ$ ). В этой части Казахстана землетрясения происходят крайне редко.

28 октября в  $18^{\text{h}}41^{\text{m}}$  в северной части Казахстана вблизи границы с Россией ( $\varphi=53.59^\circ$ ,  $\lambda=76.42^\circ$ ) произошло сейсмическое событие с  $K_p=8.7$ ,  $MPVA=3.5$ . Событие было зарегистрировано рядом сейсмических сетей и попало в бюллетени NEIC, REB и ISC. С большой вероятностью это событие является землетрясением.

Остальные землетрясения относятся к традиционно сейсмически активным областям Казахстана – это Северный Тянь-Шань и Джунгария (рис. 3, 7).

## 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 в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 168–174.
3. Бейсенбаев Р.Т., Ли А.Н., Калмыкова Н.А., Неверова Н.П., Полешко Н.Н., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Казахстан // Землетрясения Северной Евразии в 2003 году. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 127–138.
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. Руководство действий для показа интерактивной обработки и анализа сейсмограмм. Albuquerque. Сейсмологическая лаборатория. – США, 1997.
6. Разаков Е.Р. К вопросу модернизации алгоритма определения параметров гипоцентра землетрясений // Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. – Алма-Ата: Наука, 1986. – С. 108–112.
7. Епифанский А.Г., Кушнир Г.С. Определение параметров очагов локальных землетрясений в автоматической системе прогноза землетрясений СВК АСПС // Алгоритмы и практика определения параметров гипоцентра землетрясений на ЭВМ. – М.: Наука, 1983. – С. 52–63.
8. Шацлов В.И. Обоснование способа массового определения координат местных землетрясений // Вопросы прогноза землетрясений. – Душанбе: Дониш, 1982. – С. 173–196.
9. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
10. Михайлова Н.Н., Неверова Н.П. Калибровочная функция  $\sigma$  ( $\Delta$ ) для определения *MPVA* землетрясений Северного Тянь-Шаня // Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. – Алма-Ата: Наука, 1986. – С. 41–48.
11. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
12. Калмыкова Н.А., Неверова Н.П., Михайлова Н.Н. (отв. сост.), 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 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
13. Сыдыков А. Параметры сейсмического режима // Сейсмический режим территории Казахстана. – Алматы: Гылым, 2004. – С. 85–92.
14. Тейнор Л., Кемерайт Р., Адаир К., Беляшова Н.Н., Марченко В. Г., Неделков А.И., Комаров И.И., Кунаков А.В. Новая сейсмическая группа Акбулак: выбор места размещения, аппаратура, система коммуникаций // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2004. – Вып. 2(18). – С. 5–12.
15. Марченко В.Г., Неделков А.И., Комаров И.И. Новая сейсмическая группа Каратау в Казахстане // Геофизика и проблемы нераспространения. Вестник НЯЦ РК, 2002. – Вып. 2(10). – С. 9–13.
16. Havskov J., Alguacil G. Instrumentation in Earthquake Seismology // Springer, Netherlands, 2006. – 360 p.