

КАЗАХСТАН

Р.Т. Бейсенбаев¹, А.Н. Ли¹, Н.А. Калмыкова¹, Н.П. Неверова¹

Н.Н. Михайлова², И.Н. Соколова²

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

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

На территории Казахстана в 2002 г. сейсмические наблюдения проводились силами двух организаций: Сейсмологической опытно-методической экспедиции Министерства образования и науки Республики Казахстан (СОМЭ МОН РК) и Института геофизических исследований Национального ядерного центра Министерства энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан (ИГИ НЯЦ МЭМР РК). Каждая организация имеет свою сеть наблюдений и центр обработки данных.

Сеть станций СОМЭ МОН РК, как и в 2001 г., включала в себя 20 сейсмических станций, данные о которых приведены в [1], а расположение – на рис. 1. Кроме того, для более точной локализации гипоцентров землетрясений дополнительно привлекались бюллетени землетрясений станций «Бишкек», «Ананьево», «Пржевальск», «Каджи-Сай», «Кенсуу», «Ала-Арча», «Арал», «Эркинсай» Опытно-методической сейсмологической экспедиции Института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызстана (ОМСЭ ИС НАН).

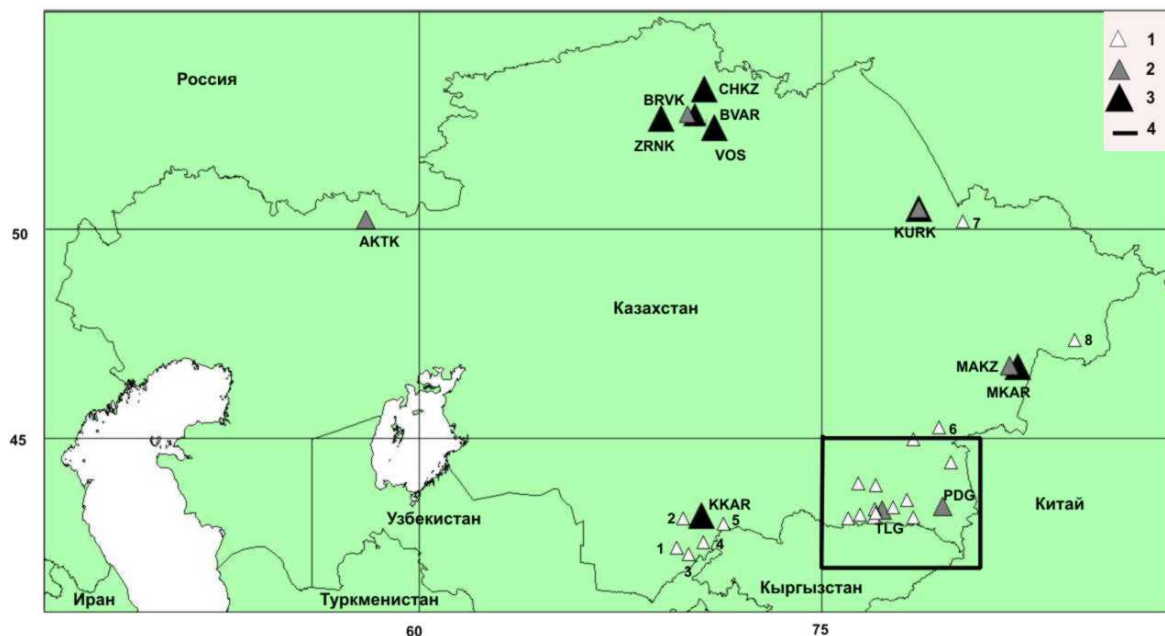


Рис. 1. Схема размещения сейсмических станций на территории Казахстана

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

Станции СОМЭ МОН РК сконцентрированы в основном на юго-востоке Казахстана (рис. 1), поэтому здесь достигается низкий порог энергии представительно регистрируемых землетрясений, начиная с $K_{\min}=6$ на небольшом участке между сейсмическими станциями

«Тургень» – на севере и «Ананьево» – на юге (рис. 2). На всей территории Северного Тянь-Шаня указанная сеть наблюдений СОМЭ обеспечила регистрацию без пропусков землетрясений с $K_{\min}=7.5$. Расчет K_{\min} проведен по методике З.И. Арановича [2].

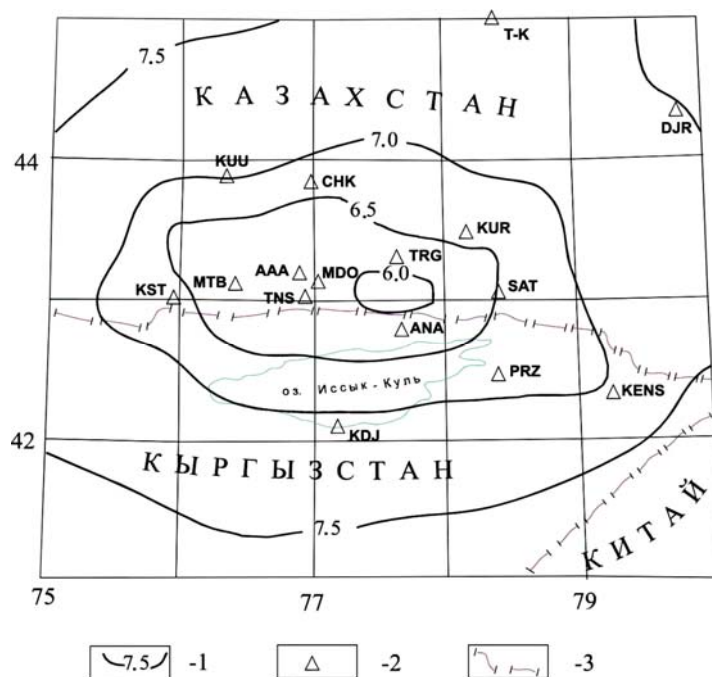


Рис. 2. Карта энергетической представительности землетрясений K_{\min} на территории Северного Тянь-Шаня за 2002 г.

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

Коды и названия сейсмических станций СОМЭ МОН РК: Т-К – «Талды-Курган», DJR – «Джаркент», KUU – «Курты», CHK – «Чушкалы», KUR – «Курам», KST – «Кастек», MTB – «Майтубе», AAA – «Алма-Ата», TNS – «Тянь-Шань», MDO – «Медео», TRG – «Тургень», SAT – «Саты»; то же, для станций ОМСЭ ИС НАН Кыргызстана: ANA – «Ананьево», PRZ – «Пржевальск», KENS – «Кенсуу», KDJ – «Каджисай».

Сеть станций ИГИ НЯЦ МЭМР РК в 2002 г., по сравнению с таковой в 2001 г. [1], пополнилась новой сейсмической группой (СГ) Боровое, расположенной в северном Казахстане. Сейсмическая группа AS057-Боровое входит в состав сети вспомогательных станций Международной системы мониторинга, создаваемой Организацией Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ОДВЗЯИ). СГ Боровое находится в Щучинском районе Акмолинской области Республики Казахстан, вблизи пос. Воробьевка в 8 км (центр группы) к юго-востоку от геофизической обсерватории «Боровое» и в 9 км к юго-юго-востоку от курортного пос. Боровое (рис. 3).

Рельеф района расположения сейсмической группы грядово-холмистый. Она расположена в пределах Боровского гранитного массива. Этот массив относится к гранитным интрузиям силур-нижнедевонского возраста. Участок приурочен к восточной периферийной части массива. Граниты на участке сейсмической группы представлены средне- и крупнозернистыми слабо порфиroidными биотит-роговообманковыми гранитами первой фазы (g1S1-D1). Эти граниты являются наиболее распространенными в данном районе и имеют светло-серую и розовато-серую окраску. На территории участка сейсмической группы встречаются многочисленные дайки аплитов, пегматитов [3].

Сейсмическая группа AS057-Боровое состоит из 10 элементов с сейсмографами, установленными в скважинах. Координаты элементов группы и глубины приборных скважин приведены в табл. 1. В качестве регистрирующей аппаратуры используются короткопериодные однокомпонентные (вертикальные) сейсмометры GS-21 и широкополосный трехкомпонентный сейсмометр CMG-3ТВ. Однокомпонентные сейсмометры установлены в скважинах на элементах А1-А4, В5-В9, трехкомпонентный сейсмометр в скважине – на элементе А0. Система оснащена 24-битными АЦП. Частота оцифровки сейсмического сигнала равна 40 Гц. Комплекс

AS057-Боровое запущен в эксплуатацию 15 июля 2002 г. Система прошла сертификацию в декабре 2002 г. С этого момента сейсмическая группа BVAR-AS057 включена в систему международного сейсмического мониторинга в качестве вспомогательной станции.



Рис. 3. Схема расположения элементов сейсмической группы AS057-Боровое

1 – приборная скважина; 2 – граница территории сейсмической группы; «ROOF» – техническая площадка; ГО – геофизическая обсерватория.

Таблица 1. Координаты приборных скважин и технической площадки сейсмической группы AS057-Боровое

Элемент сейсмической группы	Тип сейсмометра	Глубина скважины, м	Координаты		
			φ°, N	λ°, E	$h_y, м$
A 0	CMG-3TB	61.5	53.0249	70.3885	422.8
A 1	GS-21	52.8	53.0229	70.3886	422.4
A 2	GS-21	30.5	53.0189	70.3912	433.3
A 3	GS-21	30.4	53.0268	70.3785	410.5
A 4	GS-21	31.0	53.0290	70.3963	440.4
B 5	GS-21	30.5	53.0247	70.3662	390.7
B 6	GS-21	31.0	53.0361	70.3762	403.2
B 7	GS-21	30.5	53.0379	70.3950	433.9
B 8	GS-21	31.0	53.0216	70.4108	503.9
B 9	GS-21	31.5	53.0123	70.3857	414.5
«ROOF» – техническая площадка			53.0260	70.3918	453.0

Цифровые данные от выносных пунктов поступают по оптоволоконным линиям связи в центральный пункт сбора данных этой сейсмической группы. На технической площадке установлено оборудование, формирующее файлы данных для пересылки в Международный центр данных в Вене как по запросу (стандартный режим), так и в режиме передачи данных в реальном времени. Там же установлен аппаратно-программный комплекс, позволяющий в реальном времени получать всю информацию в обсерватории «Боровое» и пересылать ее в Центр данных в г. Алматы по спутниковому каналу связи. Эта группа обладает высокой эффективностью регистрации как близких событий, так и телесеismicких.

Таким образом, к концу 2002 г. в состав сети сейсмических наблюдений НЯЦ РК входили семь сейсмических групп (Маканчи, Каратау, Курчатов-Крест, Чкалово, Восточное, Зеренда, AS057–Боровое) и пять трехкомпонентных станций («Актюбинск», «Боровое», «Курчатов», «Подгорное», «Маканчи»). Этой сетью для всей территории Казахстана обеспечена представительная регистрация землетрясений с $K_{\min}=9$.

Методика обработки данных в двух организациях Казахстана различна. Методика определения основных параметров землетрясений в СОМЭ МОН, подробно описанная в [1, 4, 5], по сравнению с таковой в предыдущие годы, не изменилась. В обработке данных, поступающих в Центр данных ИГИ НЯЦ РК в реальном времени, произошли изменения при составлении интерактивного оперативного сейсмологического бюллетеня событий. Был установлен новый программный пакет SEATOOLS, предоставленный казахстанскому центру американским центром данных. Пакет дает возможность обрабатывать совместно данные трехкомпонентных станций и сейсмических групп при локализации событий. Со второй половины 2002 г. началась систематическая обработка данных в круглосуточном режиме. Создан Web-сайт Центра данных, куда оперативно помещается вся информация о происходящих событиях. Адрес этого сайта – www.kndc.kz.

Сводный каталог землетрясений Казахстана, включая территорию «Северный Тянь-Шань», приведен в [6]. Всего в него включено 375 землетрясений, из которых 353 события с $K_p=6.6-10.7$ обработаны в СОМЭ МОН РК (для территории «Северный Тянь-Шань»), и 22 землетрясения с $K_p \geq 8.6$ – в ИГИ НЯЦ МЭМР РК (на остальной части Казахстана). Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$ для всего Казахстана и приграничных районов представлена на рис. 4.

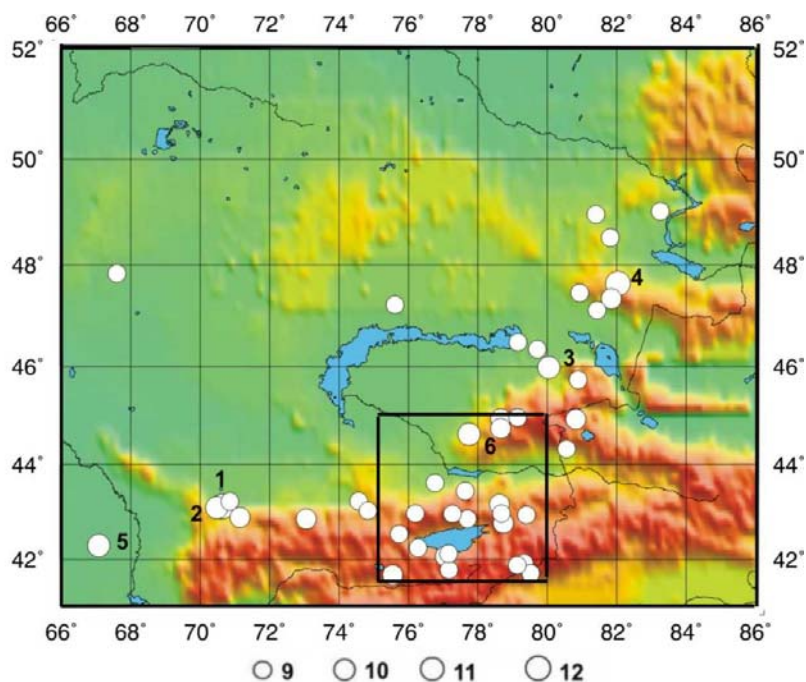


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$ на всей территории Казахстана и приграничных районов за 2002 г.

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

Самое сильное ($K_p=12.1$) землетрясение произошло 28 ноября в 18^h53^m в районе хр. Тарбагатай (4 на рис. 4), вблизи ($\Delta=93$ км) сейсмической группы Маканчи и имело два форшока и серию афтершоков [7]. Оно ощущалось с интенсивностью $I=4$ балла в ряде населенных пунктов Восточного Казахстана, в том числе и сотрудниками обсерватории «Маканчи». Акселерографом сильных движений FBA-23, работающим в составе станции глобальных сейсмических наблюдений IRIS/GSN – MAKZ, получены записи ускорений (рис. 5). Их максимальные значения составляют: $A_Z - 5.6$ см/с², $A_N - 3.1$ см/с², $A_E - 5.6$ см/с².

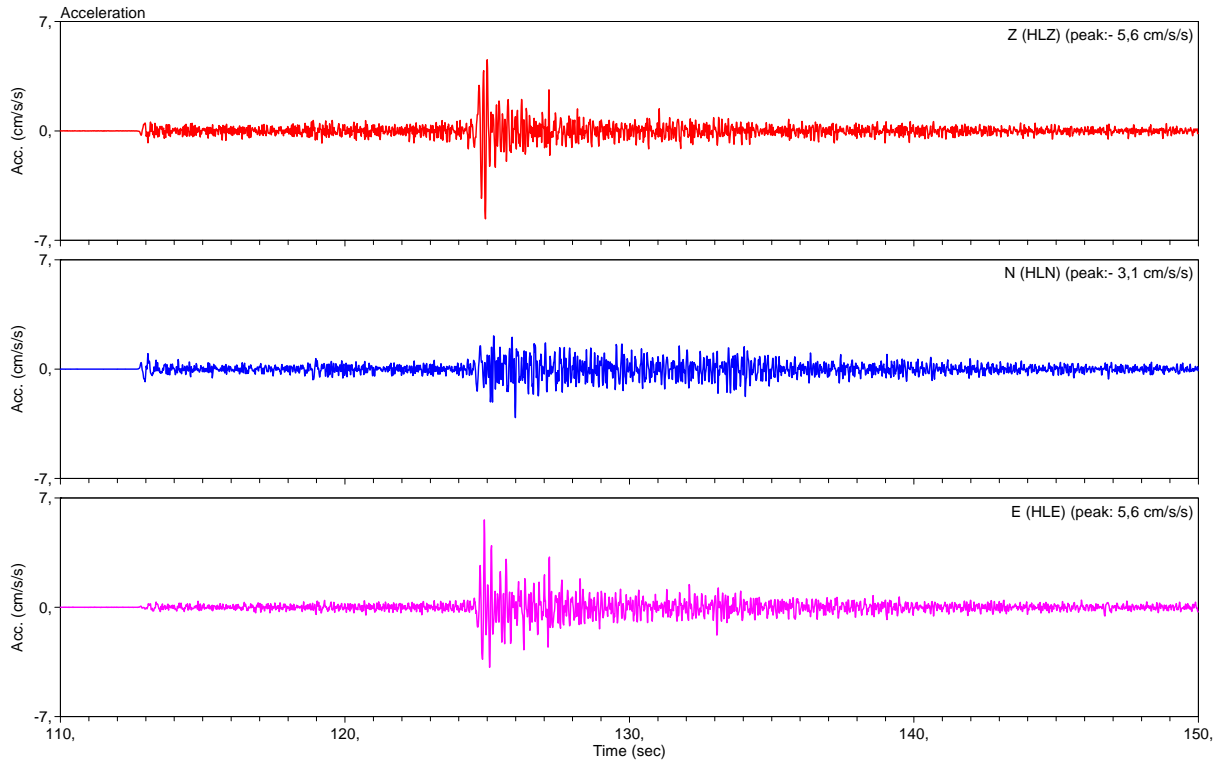


Рис. 5. Записи ускорений землетрясения 28 ноября в 18^h53^m с $K_p=12.1$ по трем компонентам акселерографа станции «Маканчи» (MAKZ)

Другой интересной группой из двух событий являются землетрясения 17 февраля в 20 км от сейсмической группы Каратау с разницей по времени 44^m, которые ощущались с $I=4$ балла в г. Каратау и на станции «Маканчи» [7].

Большинство землетрясений на рис. 4 относятся к традиционно сейсмически активным областям Казахстана – это Северный Тянь-Шань и Джунгария. Но два события, записанные 9 сентября в 22^h27^m с $K_p=9.3$ в Центральном Казахстане ($\varphi=47.84^\circ N$, $\lambda=67.60^\circ E$) и 3 октября в 00^h56^m с $K_p=9.1$ севернее оз. Балхаш ($\varphi=47.23^\circ N$, $\lambda=75.61^\circ E$), произошли в районах, считающихся асейсмичными. Однако исследовательские работы последних лет показали, что в этих районах существует естественная сейсмичность [8].

Каталог землетрясений Северного Тянь-Шаня [6] включает 353 землетрясения с $K_p \geq 6.6$ (рис. 6), из них 72 локализованы на территории хребтов Заилийского и Кунгей–Алатау, наиболее сейсмически активной части Северного Тянь-Шаня.

Распределение землетрясений по энергетическим классам K_p для Северного Тянь-Шаня и территории хребтов Заилийский и Кунгей–Алатау дано в табл. 2 и 3 соответственно.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE на Северном Тянь-Шане

K_p	7	8	9	10	11	N_Σ	$\Sigma E, Дж$
$N(K)$	263	69	14	6	1	353	$0.184 \cdot 10^{12}$

Таблица 3. 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	N_Σ	$\Sigma E, Дж$
$N(K)$	55	11	4	2	72	$0.026 \cdot 10^{12}$

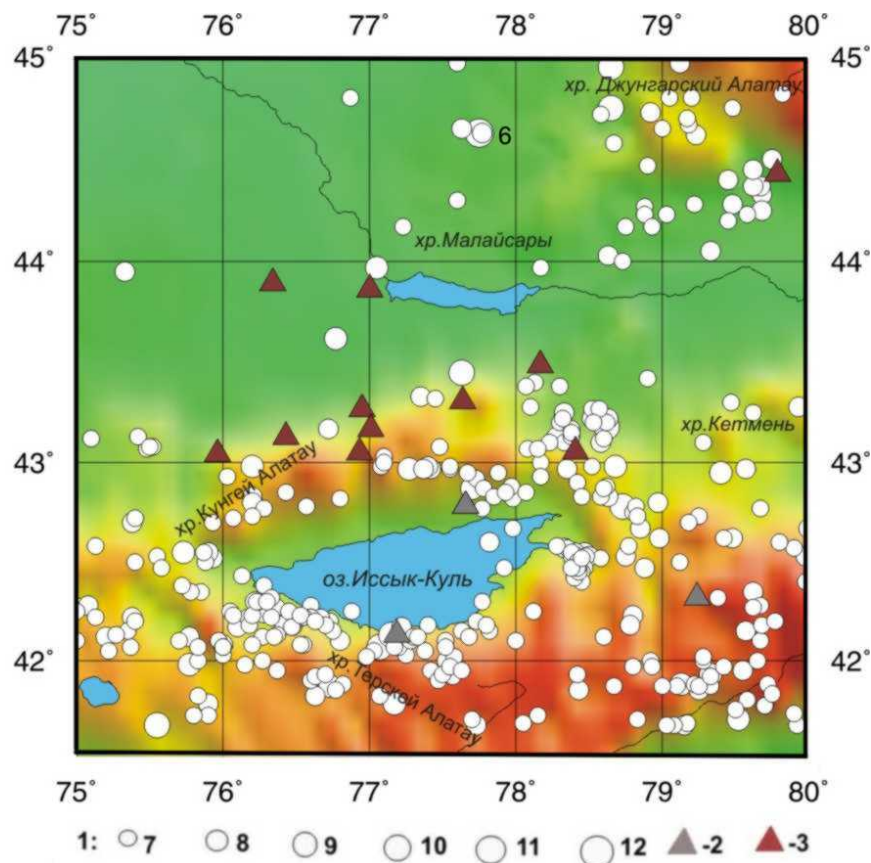


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений Северного Тянь-Шаня за 2002 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция ОМСЭ ИС НАН Кыргызстана; 3 – сейсмическая станция СОМЭ МОН Казахстана.

Из сравнения данных табл. 2 и 3 с аналогичными данными в 2001 г. видно, что суммарное число землетрясений в 2002 г. для Северного Тянь-Шаня соизмеримо с таковым в 2001 г. ($N_\Sigma=340$ [1]), но выделившаяся суммарная сейсмическая энергия почти в девять раз ниже ($0.184 \cdot 10^{12}$ Дж вместо $1.602 \cdot 10^{12}$ Дж). Для территории хребтов Заилийский и Кунгей–Алатау в 2002 г. суммарное число землетрясений и величина выделившейся сейсмической энергии (табл. 3) почти одинаковы с таковыми в 2001 г. ($N_\Sigma=69$ и $\Sigma E=0.029 \cdot 10^{12}$ Дж [1]). В 2002 г. определялись значения основных параметров сейсмического режима [9] Северного Тянь-Шаня: сейсмической активности в единицах $A_{10}=0.032$, что ниже долговременного среднего, и угла наклона $|\gamma|=0.54$ графика повторяемости, что немного выше долговременного среднего [10].

Сейсмический режим Северного Тянь-Шаня в 2002 г. характеризуется отсутствием землетрясений с $K_p \geq 11.0$. Отметим лишь землетрясение с $K_p=10.7$, произошедшее на исследуемой территории 18 декабря в 17^h39^m (6 на рис. 4), которое ощущалось в г. Талды-Кургане (66 км) с $I=2$ балла. Оно имело два афтершока (19 декабря в 04^h02^m с $K_p=7.5$ и 22 декабря в 15^h06^m с $K_p=7.7$ [6]) и произошло в слабосейсмичной части с $A_{10} < 0.01$. События такой энергии случаются здесь достаточно редко. За последние 40 лет землетрясения 11-го энергетического класса, зарегистрированные в радиусе ~ 30 км от выше упомянутого эпицентра, отмечались лишь трижды: 18.05.1960 г. с $K_p=11.0$ [11], 29.07.1980 г. с $K_p=10.9$ [12] и 17.03.1993 г. с $K_p=10.8$ [13].

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. **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.
3. **Неделков А.И.** Исследования по выбору площадок для новых сейсмических групп на территории Казахстана // Геофизика и проблемы нераспространения (Вестник НЯЦ РК; Вып. 2). – Курчатов: НЯЦ РК, 2001. – С. 48–54.
4. **Калмыкова Н.А., Михайлова Н.Н., Неверова Н.П.** Землетрясения Северного Тянь-Шаня // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 55–59.
5. **Михайлова Н.Н., Неверова Н.П., Калмыкова Н.А.** Энергетические и магнитудные характеристики землетрясений в практике сейсмических наблюдений на Северном Тянь-Шане // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 60–64.
6. **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. (от СОМЭ МОН РК); Соколова И.Н. (от ИГИ НЯЦ РК).** Казахстан. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
7. **Михайлова Н.Н., Вольф Н.А., Синева З.И.** Сейсмичность районов, окружающих новые сейсмические группы Маканчи и Каратау // Геофизика и проблемы нераспространения (Вестник НЯЦ РК; Вып. 2). – Курчатов: НЯЦ РК, 2001. – С. 94–99.
8. **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 имени В.В. Федынского (28 февраля – 2 марта 2002 г., г. Москва). – М.: Научный мир, 2003. – С. 251–255.
9. **Ризниченко Ю.В.** Об изучении сейсмического режима // Изв. АН СССР. – Сер. геофиз. – 1958. – № 9. – С. 1057–1074.
10. **Сыдыков А.** Параметры сейсмического режима // Сейсмический режим территории Казахстана. – Алматы: Фылым, 2004. – С. 85–92.
11. **Каталог землетрясений с $M \geq 4.5$ с древнейших времен по 1990 г., с $M \geq 3.5$ – с 1960 г. по 1990 г. и с $M \geq 5.8$ за период 1991–1995 гг.** / Отв. редакторы: Н.В. Кондорская, В.И. Уломов. www.scgis.ru System of data bases, 1996.
12. **Михайлова Н.Н. (отв. сост.), Шипулина С.А., Ахметова Р.А., Спирина В.В., Каюпова Г.А.** Каталог Северного Тянь-Шаня за 1980 г. // Землетрясения в СССР. – М.: Наука, 1983. – С. 192–197.
13. **Неверова Н.П. (отв. сост.), Ахметова Р.А., Климова Т.Ю., Полешко Н.Н., Проскурина Л.П., Умурзакова Р.А., Шипулина С.А.** Северный Тянь-Шань // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 175–182.