

СРЕДНЯЯ АЗИЯ И КАЗАХСТАН:

УДК 550.348.098.64 (574+575.1+575.2)

ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ

К.Д. Джанузакоев¹, А.М. Муралиев¹, Н.А. Калмыкова², М.А. Холикова³

¹Институт сейсмологии НАН Кыргызской Республики, г.Бишкек, kis@mail.elkat.kg.

²Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Алматы, kalmykova@mail.kz,

³Институт сейсмологии АН Узбекистана, г. Ташкент, complex@uzsci.net

В 2003 г. на территории Центральной Азии регистрация землетрясений осуществлялась, как и в 2002 г. [1], сетью из 61 сейсмических станций, из которых 24 – в Кыргызстане, 20 – в Казахстане, 17 – в Узбекистане. Полные сведения о сейсмических станциях и их параметрах приведены в [1]. Как и в предыдущие годы [1, 2], эта сеть обеспечила представительную регистрацию землетрясений на уровне $K_{\min}=9$ почти для всей территории Центральной Азии, за исключением самых окраинных частей региона, где представительный уровень $K_{\min}=10$ и более.

Методика обработки землетрясений и оценка точности определения координат очагов землетрясений остались без изменений [3]. Представительную регистрацию землетрясений на уровне $K_{\min}=7$ и наименьшую погрешность определения координат гипоцентров в пределах $\delta=\pm(5-10)$ км обеспечила густая высокочувствительная сеть сейсмических станций в Северном Тянь-Шане (I₁), Ферганской (II₂) и Приташкентско-Чимкентской зонах. Как и прежде [1, 2, 4], погрешность локации эпицентров землетрясений в Кокшаальско-Кашгарских зонах (III₁, III₂) на Южном Тянь-Шане, с дополнительным привлечением некоторых китайских станций, осталась в пределах $\delta=\pm 25$ км, а на окраинных частях – до $\delta=\pm 50$ км.

Произошли небольшие изменения границ региона, крупных районов, а также сейсмоактивных зон (рис. 1), по сравнению с таковыми в [4]. В Северо-Восточном Тянь-Шане (№ 1), в его северной части, границы региона и зоны (I₁) объединены в точке с координатами $\varphi=46^\circ$, $\lambda=76^\circ$. Юго-восточная граница зоны (I₁) расширена на юг и проходит по осевой линии хр. Кокшаалтау. В Юго-Западном Тянь-Шане (№ 2), в его северо-восточной части, объединены Таласо-Каратауская (II₁) и Приташкентско-Чимкентская (II₃) зоны. В результате получена новая Приташкентско-Чимкентско-Каратауская зона (II₂). На юго-востоке района (№ 2) в результате объединения Самаркандского, Нуратауского, Бухара-Газлийского сейсмоактивных участков получена Самаркандско-Газлийская сейсмоактивная зона (II₃). На юго-западе района (№ 2) образовалась Сурхандаринско-Кашкадаринская зона (II₄). Без изменений осталась Кызылкумская зона, изменился только номер этой зоны (II₅).

Общие сведения о числе землетрясений разных энергетических классов K_p и суммарной сейсмической энергии для трех крупных районов (№ 1–3) без разделения на более мелкие зоны приведены в табл. 1. Согласно каталогу [5], общее число землетрясений с $K_p \geq 8.6$ составило $N_\Sigma=766$.

Как видно из табл. 2, суммарное число зарегистрированных на описываемой территории землетрясений с $K_p \geq 8.6$ и величина выделенной сейсмической энергии в несколько раз выше таковых в 2002 г. и средних значений за семь лет (1996–2002 гг.) Это объясняется прежде всего общим повышением сейсмичности по региону и, особенно, возникновением ряда сильных землетрясений 14 и 15-го энергетических классов после отсутствия таковых в 1999–2002 гг. [1, 2, 6, 7]: 24 февраля в 02^h03^m с $K_p=14.9$, 25 февраля в 03^h52^m с 13.8, 12 марта в 04^h47^m с $K_p=14.6$, 4 мая в 15^h44^m с $K_p=14.2$ – в Южно-Тянь-Шаньском; 22 мая в 18^h11^m с $K_p=13.8$, 1 декабря в 01^h38^m с $K_p=14.5$ – в Северо-Восточном районах.

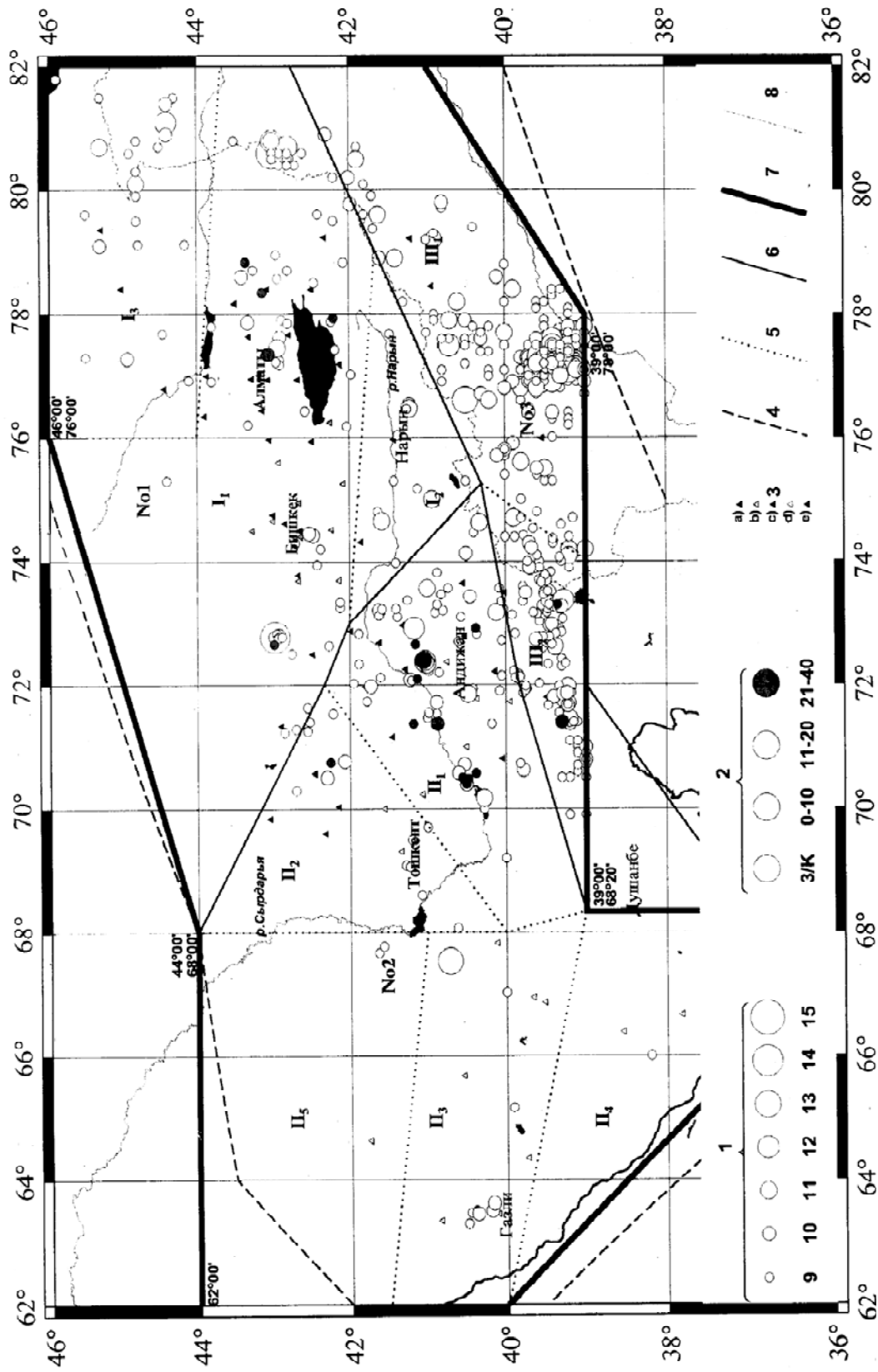


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Центральной Азии за 2003 г.

1 – энергетический класс K_r ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмическая станция: казахская (а), киргизская из телеметрической сети KNET (б), киргизская из аналоговой сети (с), узбекская (д), китайская (е); 4 – изолиния $K_{min}=8.6$; 5–7 – граница зоны, района и региона соответственно; 8 – граница СНГ.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений разных классов K_p и суммарной сейсмической энергии ΣE по районам за 2003 г.

№	Район	K_{\min}	K_p							N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{14} Дж
			9	10	11	12	13	14	15		
1	Северо-Восточный Тянь-Шань	9	98	20	10	3		2		133	3.828
2	Юго-Западный Тянь-Шань	9	91	20	9	2	1			123	0.071
3	Южный Тянь-Шань	9–10	422	114	59	11	4	2	2	614	14.720
Всего			611	154	78	16	5	4	2	870	18.662

Таблица 2. Распределение по годам числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за 1996–2003 гг.

Год	K_p							N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{14} Дж
	9	10	11	12	13	14	15		
1996	348	102	42	9	3		1	505	4.637
1997	550	280	134	42	3	3	6	1018	38.280
1998	493	196	75	19	7	2	1	793	8.074
1999	345	123	41	12	3			524	0.459
2000	323	107	46	4	1	1		483	1.303
2001	270	86	34	8		1		399	1.950
2002	270	78	31	6	2			387	0.279
Сумма	2599	972	403	100	19	7	8	4109	54.982
Среднее	371.28	138.86	57.57	14.28	2.71	1.00	1.14	587.00	7.854
2003	611	154	78	16	5	4	2	870	18.662

Пространственное распределение очагов землетрясений с $K_p \geq 8.6$ для территории Центральной Азии за 2003 г. отражено на карте эпицентров землетрясений (рис. 1). Сравнение ее с аналогичными картами за предыдущие годы [1, 2, 8] показывает, что основные эпицентральные зоны и их конфигурация достаточно стабильны во времени и в целом совпадают с их распределением за предыдущие годы. Своеобразным в каждом году оказывается лишь изменение уровня сейсмической активности разных зон, расположение очагов сильных ($K_p \geq 12$) землетрясений и их миграция во времени вдоль Гиссаро-Кокшаальского, Северо-Тянь-Шаньского, Южно- и Северо-Ферганского высокосейсмичных глубинных разломов I порядка.

Рассмотрим более детально сейсмичность каждого из трех районов, разделенных на зоны.

В Северо-Восточном Тянь-Шане (№ 1) в трех его зонах (I_1 – Северном Тянь-Шане, I_2 – в Нарынской зоне, I_3 – в Джунгарии) в 2003 г. наблюдалось значительное повышение уровня сейсмической активности и величины выделившейся сейсмической энергии, по сравнению с таковыми в 2002 г. и средними значениями за семь лет (табл. 3).

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Северо-Восточном Тянь-Шане (№ 1) за 1996–2003 гг.

Год	K_p							N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{14} Дж
	9	10	11	12	13	14	15		
1996	60	18	8	4	2			92	0.2680
1997	72	17	2	4	1		1	97	4.1440
1998	53	23	9	3	1	1		90	1.1418
1999	55	23	5		2			85	0.1870
2000	39	17	5		2			63	0.2071
2001	37	18	6	1				62	1.6053
2002	46	12	5					63	0.0089
Сумма	362	128	40	12	8	1	1	552	7.5621
Среднее	51.71	18.28	5.71	1.71	1.14	0.14	0.14	78.86	1.0803
2003	98	20	10	3		2		133	3.8280

В Северном Тянь-Шане (I_1), в восточной и западной частях, произошли два сильных землетрясения 14-го энергетического класса. Одно из них, зарегистрированное 22 мая в 18^h11^m с $K_p=13.8$ [5], $M_w=5.5$ [9], локализовано восточнее Меркенского сейсмоактивного узла в северных отрогах восточной части Кыргызского хребта в районе с. Луговое. Ему посвящена отдельная статья [10] в наст. сб. Оно ощущалось на большей части Чуйской и Таласской впадин: в Таласе ($\Delta=50$ км) – 4–5 баллов, Карабалте (90 км) – 4 балла, Бишкеке (150 км) – 3–4 балла. Это землетрясение сопровождалось 12 афтершоками с $K_p \geq 8.6$, которые продолжались до 4 июня. Максимальный ($K_p=10.6$) из афтершоков реализовался через шесть часов (23 мая в 00^h16^m) и разница классов с главным толчком составила $\Delta K_a=2.9$. Небольшая область его афтершоков располагалась вблизи главного толчка. Второе сильное землетрясение отмечено 1 декабря в 01^h33^m с $K_p=14.5$ [5], $M_w=6.0$ [9] на юго-восточных отрогах хр. Каратау на границе с КНР. Оно сопровождалось 21 афтершоком с $K_p \geq 8.6$, но форшок был лишь один с $K_p=8.8$, зарегистрированный менее чем за сутки (30 ноября в 07^h54^m). Максимальный ($K_p=11.8$) афтершок произошел через час после основного толчка – 1 декабря в 02^h06^m с разницей $\Delta K_a=2.7$.

В Среднем Тянь-Шане (Нарынская зона – I_2), по сравнению с 2002 г., особенно активизировался район среднего течения р. Нарын, где произошли три землетрясения с $K_p \geq 11$. Первое из них с $K_p=10.9$ отмечено 28 июля в 04^h57^m и ощущалось в Минкуше (20 км) с $I=4$ балла, Арале (36 км) 3–4 балла; второе – с $K_p=10.6$, зарегистрировано 26 августа в 18^h58^m ($I=4$ балла в с. Арпа (30 км) и 3 балла – в с. Пограничник (80 км)); третье – с $K_p=10.6$, локализовано 6 октября в 02^h51^m с интенсивностью сотрясений $I=4$ балла в Актузе (25 км), 3–4 балла – в Нарыне (45 км), 3 балла – в Ат-Баши (52 км).

В Джунгарской зоне (I_3) сейсмическая активность, по сравнению с таковой в 2002 г., значительно повысилась, особенно в восточной ее части на границе с КНР, где 20 февраля в 04^h09^m отмечено землетрясение с $K_p=12.1$ и ряд землетрясений с $K_p=9, 10$ и 11. Первое из них ощущалось на территории Кыргызстана с интенсивностью $I=4$ балла в Джергалане (135 км) и 3 балла – в Пржевальске (185 км).

В Юго-Западном Тянь-Шане (№ 2) в 2003 г. наблюдалось незначительное увеличение числа землетрясений и относительное понижение величины выделенной суммарной сейсмической энергии, по сравнению с таковыми в 2002 г. и со средними значениями этих параметров за предыдущие семь лет (табл. 4).

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Юго-Западном Тянь-Шане (№ 2) за 1996–2003 гг.

Год	K_p						N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{14} Дж
	9	10	11	12	13	14		
1996	126	16	13				155	0.0140
1997	112	16	7				135	0.0060
1998	86	24	4				114	0.0091
1999	73	30	10	3	1		117	0.1227
2000	90	23	11	1		1	126	1.0242
2001	85	26	11	2		1	125	1.2933
2002	75	29	8	2	1		115	0.1394
Сумма	650	164	64	8	2	2	887	2.6087
Среднее	92.86	23.43	9.14	1.14	0.28	0.28	126.71	0.3727
2003	91	20	9	2	1		123	0.0706

Наибольшей плотностью эпицентров характеризуется Ферганская зона (II_1), особенно ее восточная и юго-восточная части, где имели место землетрясения с $K_p \geq 12$ (рис. 1). Одно из них зарегистрировано 9 марта в 00^h32^m с $K_p=11.7$ и ощущалось с интенсивностью $I=5$ баллов в с. Советском (15 км), 4–5 баллов – в Джалал-Абаде (20 км), 4 балла – в Узгене (46 км), 3–4 балла – в Оше (65 км). Второе было отмечено 5 мая в 06^h34^m с $K_p=12.2$ и вызвало сотрясения большей интенсивности с $I=5$ –6 баллов в Кочкор-Ате (5 км), 5 баллов – в Майли-

Сае (25 км), 4–5 баллов – в Андижане (28 км), 4–5 баллов – в Учкургане (28 км) и 4 балла – в Джалал-Абаде (50 км), 4 балла – в Оше (60 км). Это землетрясение имело форшок 5 мая в 02^h07^m с $K_p=8.6$. и 20 афтершоков, продолжавшихся до 15 июня. Максимальный ($K_p=10.8$) афтершок зарегистрирован 5 мая в 09^h55^m.

Приташкентско-Чимкентская зона (Π_2) характеризуется общим снижением сейсмической активности как по числу землетрясений, так и по уровню выделенной сейсмической энергии. Наблюдается некоторое оживление в северо-восточной части, где отмечен ряд землетрясений с $K_p=9$ и два землетрясения с $K_p \geq 9.6$. Некоторое оживление отмечается в южной части Ташкентского участка на уровне $K_p=9$.

В пределах зоны (Π_3), объединяющей Самаркандско-Нуратаускую, Бухара-Газлийскую подзоны в ее северо-восточной части, на фоне слабой активности 10 ноября в 14^h45^m произошло землетрясение с $K_p=12.6$, которое ощущалось в Джетысае (70 км) – 4 балла, Джизаке (75 км) – 4 балла, Ташкенте (165 км) – 3 балла. В Газлийской очаговой зоне стабильно продолжался афтершоковый фон на уровне $K_p=9-10$.

Зоны Сурхандаринско-Кашкадаринская (Π_4) и Кызылкумская (Π_5) практически асейсмичны. Одно землетрясение с $K_p=8.6$ отмечено в первой из них.

В Южном Тянь-Шане (№ 3) наблюдалось значительное повышение сейсмической активности особенно в очаговой зоне Кокшаальских землетрясений ($K_p=14-15$), произошедших в 1997 г. [11]. Отмечены также три сильных ощутимых землетрясения, которые сопровождались многочисленными сильными и слабыми афтершоками (рис. 1).

Первое из них произошло 24 февраля в 02^h03^m с $K_p=14.9$ [5], $M_w=6.3$ [9] и сопровождалось 183 афтершоками, максимальный ($K_p=13.8$) из которых реализовался 25 февраля в 03^h52^m. Разница с главным толчком составила $\Delta K_a=1.2$. Область афтершоков с $S=2580 \text{ км}^2$ слегка вытянута с севера на юг. Оно ощущалось на территории Кыргызстана в с. Атбаши (245 км) с $I=3-4$ балла, Нарыне (255 км) – 3–4 балла, Суфикургане (310 км) – 3 балла.

Второе сильное землетрясение с $K_p=14.6$ возникло 12 марта в 04^h47^m и также сопровождалось многочисленными ($N=80$) афтершоками. Максимальный из афтершоков реализовался 15 марта в 22^h59^m с $K_p=12.7$, и, следовательно, разница с главным толчком составила $\Delta K_a=1.9$.

Третье, с $K_p=14.2$ [5], $M_w=5.8$ [9], возникло 4 мая в 15^h44^m и имело свыше 90 афтершоков. Разница в энергетических классах главного толчка и максимального афтершока с $K_p=13.0$ составила $\Delta K_a=1.2$. Необходимо отметить, что в данном случае определение главных толчков и, соответственно, выделение афтершоков весьма приближенно, что связано с высоким фоном сейсмической активности этого района в исследуемый период времени.

Анализируя сейсмичность Южного Тянь-Шаня в целом за семь лет (1996–2002 гг.), отметим значительное повышение уровня сейсмической активности в 2003 г. после четырехлетнего спада с 1999 по 2002 г. (табл. 5).

Таблица 5. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE в Южном Тянь-Шане (№ 3) за 1996–2003 гг.

Год	K_p							N_Σ	$\Sigma E,$ 10^{14} Дж
	9	10	11	12	13	14	15		
1996	155	68	20	5	1		1	250	4.3540
1997	366	247	125	38	2	3	5	786	34.1300
1998	354	149	62	16	6	1	1	589	7.6010
1999	217	70	26	9				322	0.1499
2000	193	67	30	3				293	0.0686
2001	148	41	17	5				211	0.0511
2002	149	37	18	4	1			209	0.1312
Сумма	1582	679	298	80	10	4	7	2660	46.4858
Среднее	226.00	97.00	42.57	11.43	1.43	0.57	1.00	380.00	6.6408
2003	422	114	59	11	4	2	2	614	14.7200

Механизмы очагов землетрясений Центральной Азии определены по методике А.В. Введенской [12] по знакам первых смещений *P*-волн, зарегистрированных высокочувствительными сейсмографами региона. В 2003 г. определены механизмы очагов для 160 землетрясений с $K_p \geq 9$. На рис. 2 и 3 показаны для примера диаграммы механизмов очагов для двух землетрясений Тянь-Шаня по [13]. Одна из нодальных линий, соответствующая плоскости разрыва в очаге землетрясения 28 июля 2003 г. (рис. 2), имеет близвертикальный характер и простирается с запада на восток. По этой плоскости произошла подвижка типа сдвиг (правосторонний). Другая равновероятная плоскость разрыва в очаге более пологая. Ось напряжения сжатия ориентирована на юго-восток и действует в горизонтальной плоскости. А ось напряжения растяжения *T* ориентирована на северо-восток, угол с горизонталью составляет 32° . При таком напряженном состоянии в очаге данного землетрясения происходит подвижка типа сдвиго-надвиг. Точность проведения осей сжатия *P* и растяжения *T* не превышает $\pm 3-5^\circ$.

Землетрясение 6 октября 2003 г. имеет сдвиговый тип очага (рис. 3). Одна из плоскостей разрыва в очаге крутая и простирается почти в субширотном направлении. По этой плоскости разрыва произошел правосторонний сдвиг, т.е. северное крыло разрыва движется на восток–северо-восток, а южное – в противоположном направлении. Другая ортогональная плоскость разрыва, по сравнению с первой, более пологая и падает на запад. Ось напряжения сжатия *P* ориентирована на юг–юго-восток, а ось напряжения растяжения *T* – на северо-восток. Напряжение сжатия и растяжения действуют в горизонтальной плоскости [13]. При таком напряженном состоянии в очаге этого землетрясения произошла сдвиговая подвижка. Погрешность проведения осей напряжения сжатия и растяжения не превышает $\pm 10^\circ$ (рис. 3). Это хорошая точность при определении механизма очага землетрясения.

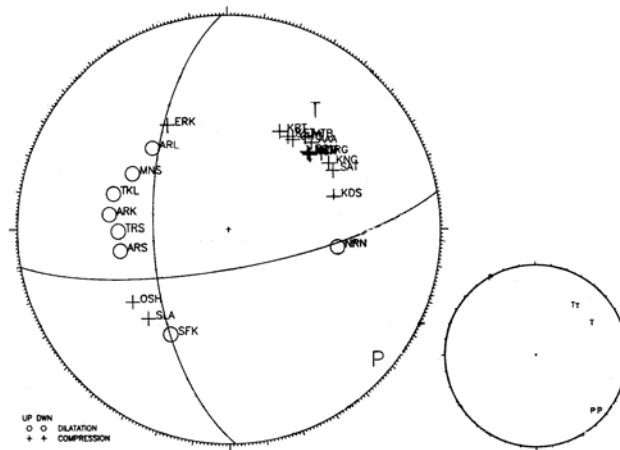


Рис. 2. Диаграмма механизма очага землетрясения 28 июля в $04^{\text{h}}57^{\text{m}}$ с $K_p=10.9$ (нижняя полусфера)

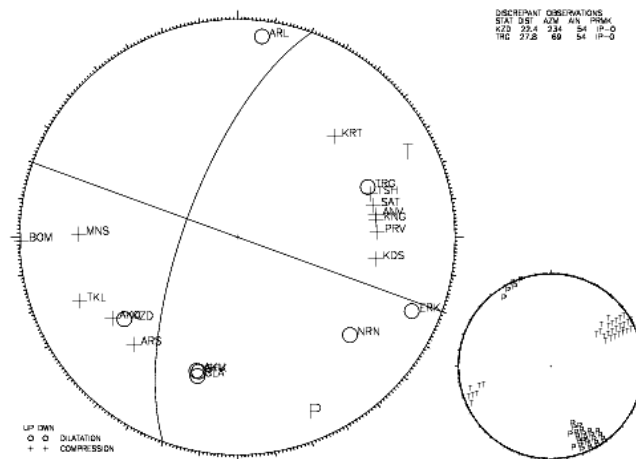


Рис. 3. Диаграмма механизма очага землетрясения 6 октября в $16^{\text{h}}42^{\text{m}}$ с $K_p=10.3$ (нижняя полусфера)

Л и т е р а т у р а

1. Джанузак К.Д., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 144–152.
2. Джанузак К.Д., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 140–143.
3. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
4. Джанузак К.Д., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Землетрясения Центральной Азии // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 49–54.
5. Джанузак 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).
6. Джанузак К.Д. (по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. (Казахстан), Гиязова Ш.Ш. (Узбекистан), Сопиева К., Жунусова Ж., Айбашева К., Шипулина С.А., Ахметова Р.А., Умурзакова Р.А., Проскурина Л.П., Тулегенова М.К., Абдыкадыров А.А. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – (На CD).
7. Джанузак К.Д. (по региону), Соколова Н.П. (Кыргызстан), Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. (Казахстан), Гиязова Ш.Ш. (Узбекистан), Сопиева К., Жунусова Ж., Айбашева К., Шипулина С.А., Умурзакова Р.А., Проскурина Л.П., Ульянина И.А., Каймачникова Н.И., Гайшук Л.Н., Тулегенова М.К., Абдыкадыров А.А. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. – (На CD).
8. Джанузак К.Д., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 103–105.
9. Bulletin of the International Seismological Centre for 2003. – Berkshire: ISC, 2005–2006.
10. 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.).
11. Джанузак К.Д., Ильясов Б.И., Калмыкова Н.А., Гиязова Ш.Ш. Центральная Азия // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 73–76.
12. Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений с помощью теории дислокации. – М.: Наука, 1969. – 136 с.
13. Муралиев А.М. (отв. сост.), Молдыбаева М.Б., Полешко Н.Н., Каймачникова Н.И., Гиязова Ш.Ш. Каталог механизмов очагов землетрясений Центральной Азии за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).