

КАЗАХСТАН

Н.П. Неверова¹, Н.А. Калмыкова¹, Н.Н. Михайлова², И.Н. Соколова², Н.Н. Полешко²

¹Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Алматы, *neverova_n@rambler.ru*

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

Сейсмические наблюдения на территории Казахстана в 2008 г. проводились, как и ранее [1], 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 сейсмических наблюдений и центр обработки данных.

Сеть СОМЭ включала 29 цифровых трехкомпонентных сейсмических станций [2]. В состав сети сейсмических наблюдений ИГИ входили пять цифровых трехкомпонентных станций («Актюбинск», «Боровое», «Курчатов», «Подгорное», «KNDC») и восемь сейсмических групп (Акбулак, Боровое, Восточное, Каратау, Курчатов-Крест, Маканчи, Чкалово, Зеренда). Дислокация всех станций изображена на рис. 1.



Рис. 1. Схема размещения сейсмических станций на территории Казахстана в 2008 г.

1 – станции СОМЭ МОН РК; 2, 3 – трехкомпонентные станции и сейсмические группы НЯЦ РК соответственно; 4 – район «Северный Тянь-Шань» (цифрами обозначены станции СОМЭ вне района: 1 – «Чимкент»-СНМ, 2 – «Боролдай»-BRL, 3 – «Южная»-YUG, 4 – «Жабаглы»-JBG, 5 – «Джамбул»-DJB, 6 – «Мерке»-MRK, 7 – «Капал-Арасан»-КРА, 8 – «Семипалатинск»-SEM, 9 – «Зайсан»-ZSN).

Коды станций и сейсмических групп (агтау) НЯЦ РК: пять цифровых станций – BRVK – «Боровое», AKTO – «Актюбинск», KURK – «Курчатов», PDG – «Подгорное», KNDC – «KNDC»; восемь сейсмических групп – ZRNK – «Зеренда», CHKZ – «Чкалово», VOS – «Восточное», KUR – «Курчатов-Крест», MKAR – «Маканчи», KKKAR – «Каратау», BVAR – «Боровое», ABKAR – «Акбулак».

Уровень энергетической представительности землетрясений K_{\min} рассчитан только для территории района Северный Тянь-Шань. По сравнению с таковым в 2007 г. [1], он не изменился: по-прежнему вся территория этого района характеризуется минимальным представительным энергетическим классом $K_{\min}=7.5$, только в центральной его части обеспечивается более низкий порог $K_{\min}=6.0$ (рис. 2).

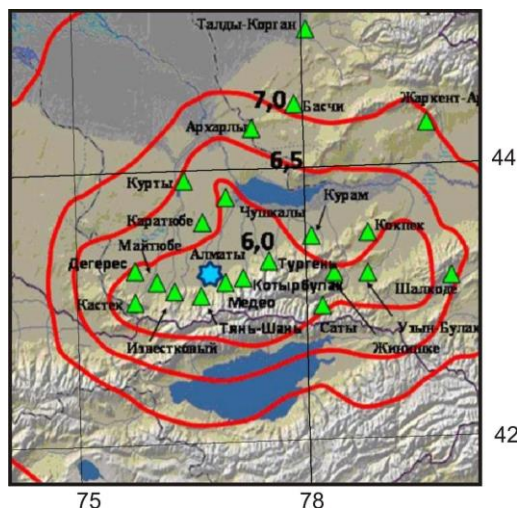


Рис. 2. Карта энергетической представительности K_{\min} для района Северный Тянь-Шань в 2008 г.

Для всей остальной территории Казахстана обеспечена представительная регистрация землетрясений с $K_{\min}=9$.

Методика определения основных параметров землетрясений в центрах обработки ИГИ НЯЦ и СОМЭ, по сравнению с [1], не изменилась.

Сводный каталог землетрясений Казахстана приведен в [3]. Всего в него включено 552 землетрясения, относящихся к диапазону энергетических классов $\Delta K=6.6-12.4$, с суммарной энергией $\Sigma E=8.64 \cdot 10^{12}$ Дж. В том числе для района «Северный Тянь-Шань» в каталог включены все зарегистрированные землетрясения с $K_p \geq 6.6$ (513 землетрясений). На остальной территории Казахстана рассматриваются землетрясения только энергетического класса более 8.5 (39 землетрясений). На рис. 3 представлена карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 8.6$ на всей территории Казахстана и приграничных районов.

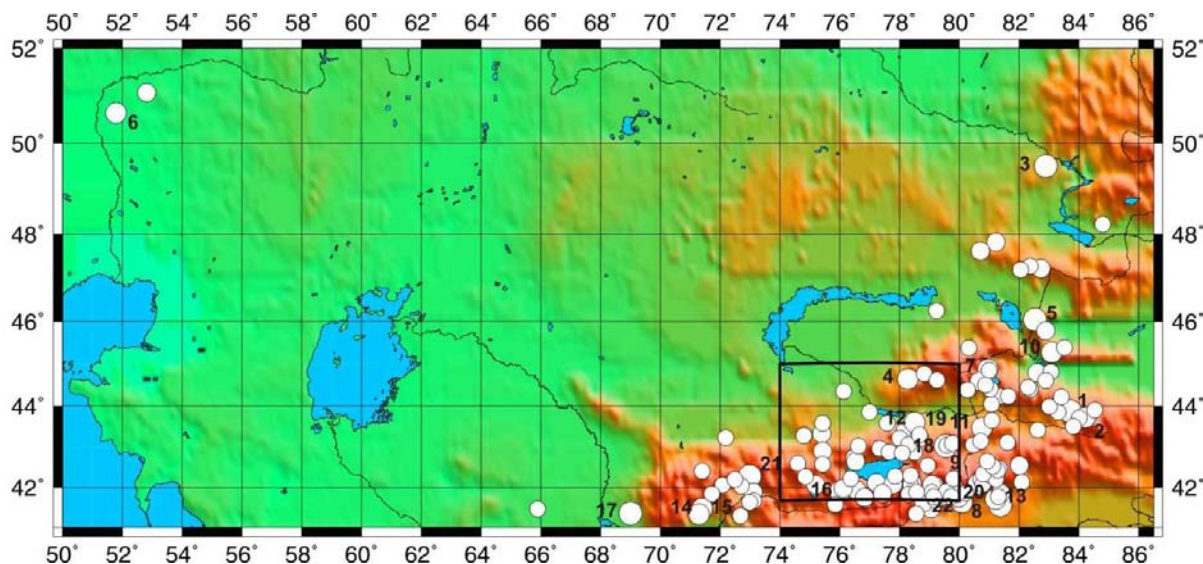


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Казахстана с $K_p \geq 8.6$ за 2008 г.

(Рамкой выделен район «Северный Тянь-Шань», пронумерованы землетрясения с $K_p \geq 10.6$ в соответствии с графой 2 каталога [3]).

Самым сильным на всей рассматриваемой территории в 2008 г. было землетрясение (5) на рис. 3, записанное 20 апреля в $13^h 14^m$ с $K_p=12.4$, $MPVA=5.3$. Оно ощущалось в пос. Маканчи (91 км) с интенсивностью $I=4-5$ баллов [3]. Землетрясение произошло в пределах Алакольской впадины под действием напряжения близгоризонтального растяжения в северо-восточном направлении (табл. 1), подвижка по пологой плоскости северо-западного простирания характе-

ризуется левосторонним сдвигом, по крутой субширотной плоскости произошел сдвиго-сброс. Соответствующая стереограмма изображена на рис. 4.

Фокальный механизм этого землетрясения и других, описанных ниже, определен на основе моделирования очага в рамках теории дислокации по данным о направлениях смещений (знаках) в первых вступлениях продольных и поперечных волн. По стандартной методике [4] определяются параметры осей главных напряжений, параметры двух равновероятных плоскостей разрыва и типа подвижек в очаге. В Казахстане для этих целей используется программа определения механизмов очагов Масаки Накамура [5].

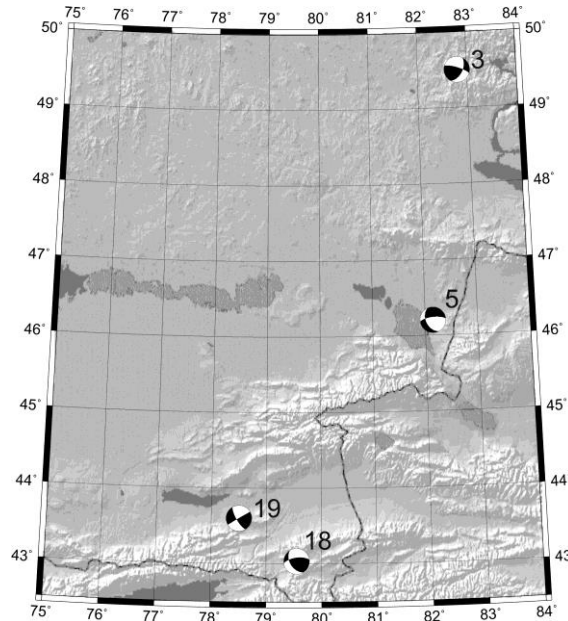


Рис. 4. Стереогаммы сильных землетрясений (3), (5), (18), (19), зарегистрированных вблизи восточной границы Казахстана 29.01 в 20^h02^m с $K_p=12.1$, 20.04 в 13^h14^m с $K_p=12.4$, 02.09 в 20^h49^m с $K_p=11.7$, 17.09 в 19^h37^m с $K_p=11.1$ соответственно

Параметры механизмов очагов для описываемых в статье землетрясений (3), (5), (18), (19) приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры механизмов очагов землетрясений Казахстана с $K_p \geq 11$ за 2008 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h/h_{pp} , км	Магнитуды			K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
				M_w [6]	M_S [7]	M_s [6]		T		N		P		$NP1$			$NP2$			
								PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
3	29.01	20 02 31	30 31*	4.9	4.2	4.4	12.1	58	235	31	69	6	335	271	58	128	35	47	46	СОМЭ РК GСMT
								82	33	8	228	2	138	220	43	78	56	48	101	
5	20.04	13 14 48	22 26*	5.0	4.3	4.4	12.4	13	31	26	294	60	145	281	63	-120	151	39	-45	СОМЭ РК GСMT
								10	259	79	63	3	168	303	81	175	34	85	9	
18	02.09	20 49 38	15				11.7	50	125	38	282	11	21	148	47	148	262	66	48	СОМЭ РК
19	17.09	19 37 35	5				11.1	12	105	74	242	11	13	149	74	0	239	89	16	СОМЭ РК

Примечание. Для землетрясений (3) и (5) добавлены глубины h^* по фазе Pp и решения GСMT из [6].

Вторым по уровню энергии было землетрясение (3) 29 января в 20^h02^m с $K_p=12.1$, $MPVA=5.4$ в Восточном Казахстане. У землетрясения не было афтершоков. Оно реализовалось в условиях близгоризонтального сжатия в северо-западном направлении (табл. 1), подвижка по пологой плоскости северо-восточного простирания характеризуется левосторонним сдвигом, по крутой плоскости северо-западного простирания подвижка представлена сдвиго-надвигом (рис. 4). Землетрясение ощущалось на территории Казахстана в г. Зыряновск ($\Delta=102$ км) с интенсивностью $I=5$ баллов, в г. Усть-Каменогорск (57 км) – 4 балла, в г. Курчатов (342 км) – 3–4 балла, в г. Риддер (104 км) – 3 балла [3]. На рис. 5 представлены сейсмограммы землетрясения.

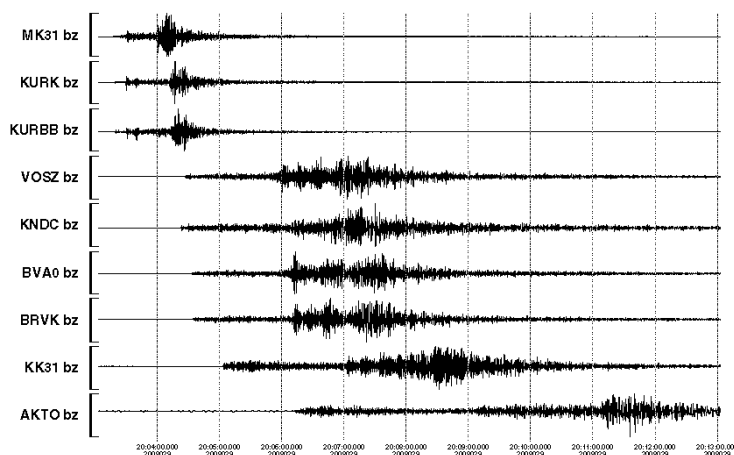


Рис. 5. Сейсмограммы землетрясения 29 января 2008 г. в 20^h02^m31^s, с $K_p=12.1$, $MPVA=5.4$ по станциям РГП ИГИ

Самый большой макросейсмический эффект с $I_0=7$ баллов наблюдался при уникальном по местоположению и природе Шалкарском землетрясении (6), произошедшем 26 апреля в 13^h14^m с $K_p=11.1$ в Западном Казахстане. Шалкарскому землетрясению посвящена отдельная статья в наст. сб. [8].

Более детально рассмотрен район «Северный Тянь-Шань». Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 6.6$ представлена на рис. 6. Как видно, большая часть эпицентров дислоцирована вокруг оз. Иссык-Куль, акватория которого асейсмична. Хребет Кунгей-Алатау представлен широкой полосой эпицентров, особенно многочисленных в восточной части к северу от озера. Хребет Терскей-Алатау активен в центральной и западной части южнее озера. Весьма активна территория южной Джунгарии между хребтами Алатау и Малайсары.

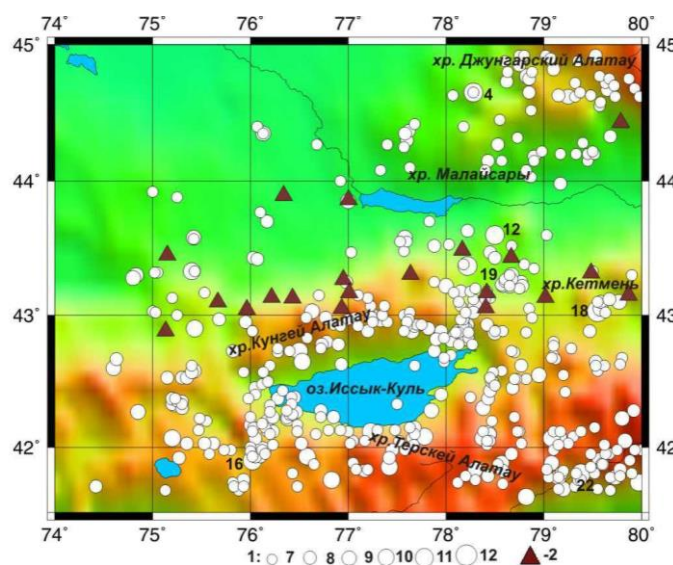


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений Северного Тянь-Шаня за 2008 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция.

Количественная оценка числа землетрясений и их суммарной энергии в районе «Северный Тянь-Шань» дана в табл. 2.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия ΣE на Северном Тянь-Шане в 2008 г.

K_p	7	8	9	10	11	12	N_Σ	$\Sigma E, Дж$
N	343	113	35	16	5	1	513	$1.71 \cdot 10^{12}$

Величина выделившейся суммарной сейсмической энергии землетрясений на территории Северного Тянь-Шаня в 2008 г., равная $\Sigma E=1.71 \cdot 10^{12}$ Дж, понизилась на порядок по сравнению с таковой в 2007 г. ($\Sigma E=12.46 \cdot 10^{12}$ Дж [1]). В то же время число землетрясений почти не изменилось (513 вместо 516). Значение сейсмической активности A_{10} осталось на прежнем уровне $A_{10}=0.070$.

Самым сильным ($K_p=11.7$, $MS=3.8$) на Северном Тянь-Шане было землетрясение (18), зарегистрированное 2 сентября в 20^h49^m на восточной окраине хребта Кунгей-Алатау (рис. 3). Оно произошло в условиях близгоризонтального субмеридионального сжатия. Тип подвижки в его очаге характеризуется сдвиго-надвигом по обоим нодальным плоскостям, одна из которых субширотна, другая имеет северо-западное простирание (табл. 1, рис. 4). Землетрясение сопровождалось немногочисленными афтершоками с $K_p=6.0-8.9$ (табл. 3).

Таблица 3. Основные параметры главного толчка и афтершоков землетрясения 2 сентября в 20^h49^m с $K_p=11.7$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			K_p
			φ°, N	λ°, E	$h, км$	
Основной толчок						
(18)	02.09	20 49 38.0	43.03	79.55	15	11.7
Афтершоки						
1	02.09	21 31 17.4	43.10	79.58	15	8.4
2	02.09	21 53 01.8	43.12	79.52	15	5.7

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			K_p
			φ°, N	λ°, E	$h, км$	
4	02.09	23.12.16.8	43.05	79.58	15	8.9
5	02.09	23 16 08.4	43.05	79.55	5	6.0
6	03.09	17 56 26.1	43.10	79.55	10	6.9
7	10.09	08 15 29.3	43.02	79.63	15	6.6
8	25.09	15 51 14.1	43.02	79.57	10	6.2

Землетрясения 11-го энергетического класса рассредоточены по всей территории Северного Тянь-Шаня. Рассмотрим их особенности.

Событие (4) возникло 30 января в 23^h51^m с $K_p=10.6$ в предгорьях Джунгарского Алатау (координаты: $\varphi=44.65^\circ$, $\lambda=78.28^\circ$). Оно ощущалось в г. Талды-Курган ($\Delta=50 км$) с интенсивностью $I=2-3$ балла [3]. Землетрясение характеризуется отсутствием афтершоков.

На восточной окраине хребта Заилийский Алатау произошли землетрясения (12), (19) (рис. 3): 14 июля в 06^h56^m с $K_p=10.7$ с двумя афтершоками (табл. 4); 17 сентября в 19^h37^m с $K_p=11.1$ с более продолжительной серией афтершоков (табл. 5).

Таблица 4. Основные параметры главного толчка и афтершоков землетрясения 14 июля в 06^h56^m с $K_p=10.7$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			K_p
			φ°, N	λ°, E	$h, км$	
Основной толчок						
(12)	14.07	06 56 11.0	43.37	78.22	5	10.7
Афтершоки						
1	14.07	06 59 35.0	43.38	78.18	15	7.3
2	14.07	11 27 26.1	43.37	78.25	15	5.3

Таблица 5. Основные параметры главного толчка и афтершоков землетрясения 17 сентября в 19^h37^m с $K_p=11.1$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			K_p
			φ°, N	λ°, E	$h, км$	
Основной толчок						
(19)	17.09	19 37 35	43.60	78.50	5	11.1
Афтершоки						
1	18.09	19 48 56.3	43.48	78.58	20	5.4
2	19.09	15 30 44.8	43.47	78.45	10	8.0

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			K_p
			φ°, N	λ°, E	$h, км$	
3	20.09	04 50 20.4	43.45	78.47	5	4.7
4	23.09	03 40 57.0	43.48	78.55	15	6.0
5	23.09	16 33 27.0	43.47	78.62	15	6.2
6	25.09	02 33 07.4	42.58	78.57	5	6.7
7	25.09	09 43 58.6	43.43	78.5	15	7.6

Для землетрясения (19), отмеченного 17 сентября на северной границе хребта Заилийский Алатау, определен механизм очага (табл. 1, рис. 4). Он представлен горизонтальным сдвигом по

обеим возможным плоскостям разрывов, одна из которых ориентирована на северо-восток, вторая – на северо-запад.

Рассмотрим еще землетрясения (16), (22) на рис. 3. Первое зарегистрировано на западе хребта Терской-Алатау 21 августа 17^h19^m с $K_p=11.3$, за ним последовало 5 афтершоков с $K_p=6.4-9.6$ (табл. 6).

Таблица 6. Основные параметры главного толчка и афтершоков землетрясения 21 августа в 17^h19^m с $K_p=11.3$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			K_p
			φ° , N	λ° , E	h , км	
Основной толчок						
(16)	21.08	17 19 51	41.90	76.02	5	11.3
Афтершоки						
1	21.08	17 24 23.3	41.97	76.00	5	7.4
2	21.08	19 34 04.9	41.98	76.12	0	9.6
3	21.08	21 45 43.4	41.93	76.10	0	7.6
4	21.08	21 50 50.0	41.95	75.98	5	6.4
5	24.08	22 56 55.6	41.93	76.02	20	7.1

Эпицентр землетрясения (22) 15 декабря в 11^h15^m с $K_p=10.6$ находился в хребте Кокшаал-Тау на юго-восточной окраине района, афтершоки зарегистрированы не были.

Таким образом, в 2008 г. на всей территории Казахстана не были зарегистрированы сильные землетрясения с магнитудой более 5.5. Произошедшее в Западном Казахстане Шалкарское землетрясение при сравнительно невысоком ($M_w=5.1$ [6]) значении магнитуды имело в эпицентре неожиданно высокое значение макросейсмической интенсивности $I_0=7$ баллов.

По данным механизмов очагов общая картина регионального поля напряжений сохраняется [9]: наиболее сильные землетрясения Казахстана за 2008 г., зарегистрированные в пределах хребтов, произошли в условиях блигоризонтального сжатия, направление которого на юго-востоке территории субмеридионально, на северо-востоке – северо-западное. Ориентация одной из плоскостей разрывов во всех очагах согласуется с направлением системы разломов в эпицентральных зонах землетрясений.

Л и т е р а т у р а

1. Неверова Н.П., Калмыкова Н.А., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Казахстан // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 145–153.
2. Калмыкова Н.А., Неверова Н.П., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Казахстан // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 132–140.
3. Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. (СОМЭ МОН РК), Михайлова Н.Н. (ИГИ НЯЦ РК) (отв. сост.), Проскурина Л.П., Бектурганова Б.Б., Досайбекова С.К., Никитина А.В., Далбаева Ж., Гайшук Л.Н. (от СОМЭ МОН РК); Мукамбаев А.С. (от ИГИ НЯЦ РК). Каталог землетрясений Казахстана за 2008 г. ($N=552$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. Введенская А.В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. – М.: Наука, 1969. – 136 с.
5. Nakamura M. Determination of focal mechanism solution using initial motion polarity of P - and S -waves // Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 2002. – 130. – P. 17–29.
6. Bulletin of the International Seismological Centre for 2008. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010.
7. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2008 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – URL: ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2008/
8. Михайлова Н.Н., Великанов А.Е. Шалкарское землетрясение 26 апреля 2008 г. с $K_p=11.1$, $M_w=5.1$, $I_0=7$ (Западный Казахстан). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
9. Полешко Н.Н. Механизмы очагов землетрясений и сеймотектоническая деформация земной коры Северного Тянь-Шаня и Жонггарии: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. г.-м. наук. – Алматы, 2009. – 12 с.