

ЛУГОВСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 22 мая 2003 года

с $M_w=5.5$, $I_0=7-8$ (Южный Казахстан)Т.Д. Абаканов¹, Н.Н. Михайлова², Т.Е. Нысанбаев³, А.Н. Ли¹, Н.Н. Полешко³,И.Л. Аристова², Н.В. Силачѳва¹, Н.А. Калмыкова³¹Институт сейсмологии МОН РК, г. Алматы, *seismolog@topmail.kz*²Институт геофизических исследований НЯЦ РК, г. Алматы, *mikhailova@kndc.kz*³Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция МОН РК, г. Алматы, *mexanizm-some@mail.ru*

22 мая 2003 г. в 18^h11^m (по местному времени – 23 мая в 01^h11^m) в Жамбылской области Казахстана близ железнодорожной станции Луговая произошло сильное землетрясение, получившее название Луговское. Его очаг располагался в западной части Северо-Киргизской сейсмогенерирующей зоны [1]. Это землетрясение было сильнейшим после известного Меркенского землетрясения с $M=6.3$ [2], произошедшего 22.03.1865 г.

Современное землетрясение является важным и интересным не столько с точки зрения величины его энергии ($K_p=12.9$ [3], $MS=5.5$ [4], $M_w=5.5$ [5]), сколько по причине его тяжелых последствий как для южных областей Казахстана, так и для всей республики. Число только полностью разрушенных домов составило около 4000. Был нанесен значительный ущерб экономике юга Казахстана, потребовались значительные усилия по восстановлению пострадавших районов.

Инструментальные характеристики Луговского землетрясения 22 мая 2003 г. были получены различными центрами данных в Казахстане и мире. Сводка всех определений дана в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 22 мая в 18^h11^m по данным Казахстана в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источ- ник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
СОМЭ МОН РК ИГИ НЯЦ РК	18 11 52.8		42.99		72.77		9		$K_p=12.9$, $MPVA=6.3$, $MLH=5.2$	[3]
MOS	18 11 57.4	1.1	43.00		72.73		33f		$MS=5.5/35$, $MPSP=5.6/31$	[4]
ISC	18 11 52.8	0.5	42.99	0.02	72.77	0.02	2	3	$Ms=5.2/136$, $m_b=5.5/257$	[5]
NEIC	18 11 57.0	0.2	42.95		72.76		33f		$Ms=5.2/84$, $m_b=5.5/153$	[5]
HRVD	18 11 57.4	0.3	42.81		72.81		28	2	$M_w=5.5/49$	[5]
NNC	18 11 57.6	2.3	43.13		72.84		23	16	$MPVA=5.8$	
IDC	18 11 53.8	0.5	42.89		72.74				$Ms=5.0/21$, $m_b=5.0/22$	[5]

Макросейсмическое обследование Луговского землетрясения проведено в ИС МОН РК и СОМЭ МОН РК. Была создана полевая экспедиция в составе двух отрядов [6].

Инженерное обследование разрушенных и поврежденных зданий было выполнено по разработанной программе. Здания представлены в основном жилыми домами и объектами социального назначения. В результате работ была построена карта изосейст в соответствии со шкалой интенсивности MSK–64 [7]. Построенная карта включает в себя замкнутые изосейсты от $I=4$ до $I=7$ баллов (рис. 1).

Наибольшим разрушениям была подвержена железнодорожная станция Луговая. В 7-балльную зону вошли часть территории районного центра Кулан, населенные пункты Абай, Акбулак. Их застройка представлена в основном одноэтажными саманными домами, имелись

также двухэтажные строения из керамического кирпича. Разрушения с полной потерей несущей способности претерпели жилые саманные дома, серьезные повреждения наблюдались и в кирпичных домах. Основной причиной таких разрушений является полное отсутствие антисейсмических мероприятий, очень низкое качество использованного стенового материала – самана (смеси глины с резаной соломой), низкое качество технологии строительства.

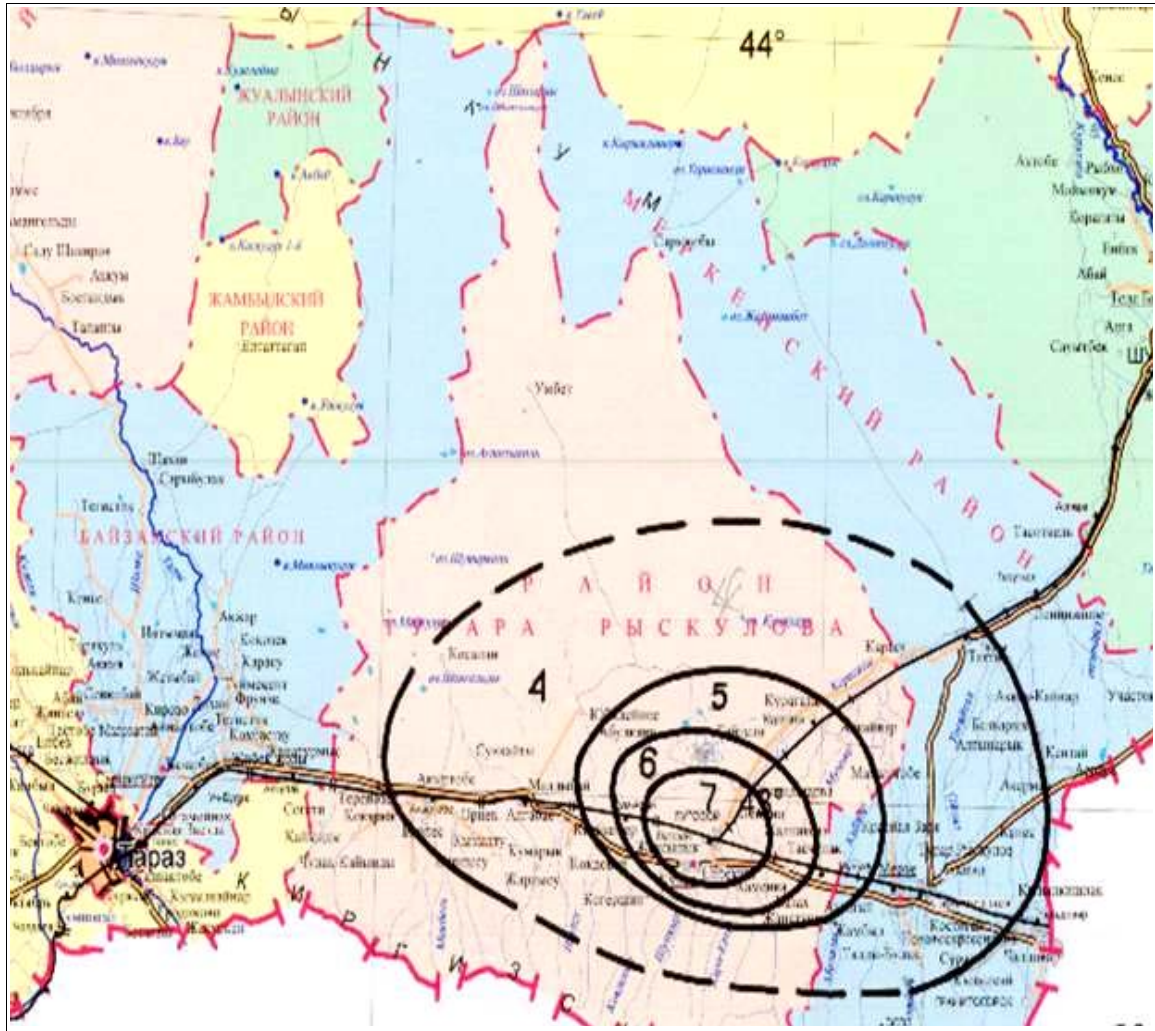


Рис. 1. Карта изосейст землетрясения 22 мая 2003 г. с $M_w=5.5$ на административной карте Жамбылской области Казахстана

При обследовании повреждений зданий школ специалистами Казахского научно-исследовательского и проектно-экспериментального института сейсмического строительства и архитектуры [8] было отмечено, что здания в селах Кызылшарва и Акбулак выполнены с несущими кирпичными стенами с монолитными железобетонными включениями, жестко связанными с антисейсмическими поясами. В этих зданиях были предусмотрены железобетонные сердечники, сейсмопояс, железобетонные обрамления оконных проемов, но, несмотря на это, здания получили умеренные повреждения. Наибольшая концентрация повреждений кирпичных стен в виде вертикальных трещин с шириной раскрытия до 3 мм отмечена в местах примыкания поперечных и продольных кирпичных стен. Горизонтальные трещины отмечены в узких простенках, наклонные трещины с раскрытием до 8 мм – в широких простенках продольных кирпичных стен. Отмечены сквозные контурные трещины отрыва перегородок от смежных конструкций, ширина раскрытия – от 0.1 см до 0.5 см, выпор части перегородок вплоть до их частичного обрушения. Повреждения зданий с несущими кирпичными стенами комплексной конструкции в основном обусловлены общим низким качеством кирпичной кладки и строительных работ. Примеры разрушений жилых домов показаны на фотографиях (рис. 2–4).



Рис. 2. Обрушение угловой части жилого дома на станции Луговая



Рис. 3. Разрушение части жилого дома на станции Луговая



Рис. 4. Обрушение стены дома на станции Луговая

В табл. 2 приведены списки населенных пунктов и соответствующие баллы. С интенсивностью $I=3-4$ балла землетрясение ощущалось на территории городов Бишкек и Алматы, а также, согласно [4], в Ташкенте и Андижане с $I=3$ балла.

Таблица 2. Макросейсмические данные о Луговском землетрясении 22 мая 2003 г. в 18^h11^m с $K_p=12.9$

№	Пункт	Δ , км	№	Пункт	Δ , км
	<u>7–8 баллов</u>			<u>5–6 баллов</u>	
1	станция Луговая	5	12	с. Жанатурмыс	17
	<u>7 баллов</u>		13	с. Курагаты	25
2	с. Кулан	6		<u>5 баллов</u>	
3	с. Абай	7	14	с. Актоган	27
4	с. Акбулак	7	15	с. Абылхаир	30
	<u>6–7 баллов</u>		16	с. Подгорное	32
5	с. Кызылшарва	10	17	с. Алгабас	33
6	с. Тасшолок	10	18	с. Акыртобе	58
7	с. Жалпаксаз	10		<u>4 балла</u>	
8	с. Казах	10	19	с. Кобды	28
	<u>6 баллов</u>		20	с. Бигаш	33
9	с. Каракат	12	21	с. Малдыбай	40
10	с. Кумарык	15	22	Бригада № 3 совхоза «Подгорный»	43
11	с. Ашыбулак	18	23	с. Орнек	53
			24	с. Косыпан	67

Афтершоки последовали сразу же после главного толчка и были многочисленны. Их регистрация в первые дни проводилась стационарной сетью станций СОМЭ МОН РК, а также сейсмической группой НЯЦ РК Каратау. По данным группы Каратау, передающей информацию в реальном времени в г. Алматы, в Центр данных ИГИ НЯЦ РК, удалось оперативно следить за развитием ситуации в эпицентральной зоне. На третий день в очаговой области была развернута сеть временных полевых станций (табл. 3, рис. 5) для уточнения положения эпицентра главного толчка и изучения повторных толчков. Одна из станций была цифровая, три телеметрических – аналоговые.

Таблица 3. Параметры временных сейсмических станций в очаговой области Луговского землетрясения 22 мая 2003 г. с $M_w=5.5$

№	Координаты		h_y , м	Тип станции
	φ° , N	λ° , E		
1	43.06	72.82	651	цифровая
2	42.83	72.49	1155	аналоговая
3	42.87	72.77	794	аналоговая
4	42.97	72.85	694	аналоговая

В результате совместного анализа данных двух сетей наблюдений (СОМЭ МОН РК и НЯЦ РК) составлен каталог афтершоков [9], представленный в разделе VIII (Дополнительные данные) наст. сб., и построена карта их эпицентров (рис. 5). За период с 22 мая по 30 ноября было локализовано более 140 афтершоков.

Размеры афтершоковой области – 37х24 км. Самые глубокие из афтершоков имели глубину $h=15-17$ км, но абсолютное большинство были близповерхностными, около нуля [9].

Механизм очага Луговского землетрясения определен по данным сейсмических сетей СОМЭ МОН РК, ИГИ НЯЦ РК, KNET, ОМСЭ КР. Всего использовано 42 знака первых вступлений P -волн. Расчет параметров механизмов очага выполнен с использованием программы Масаки Накамура [10].

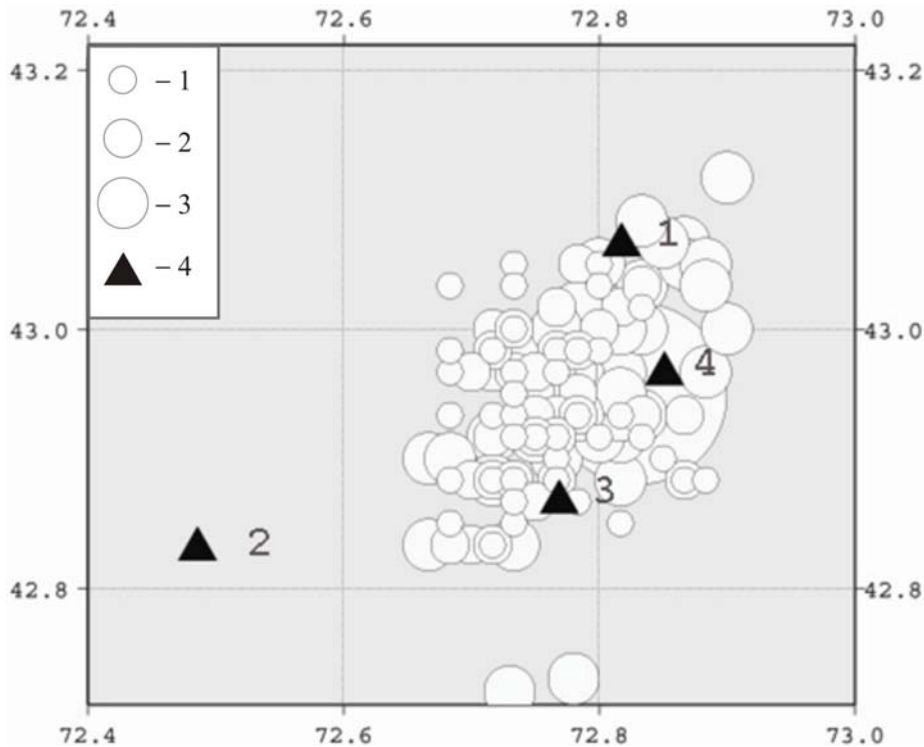


Рис. 5. Карта эпицентров афтершоков Луговского землетрясения

1–3– диапазоны магнитуд MPV (≤ 2 , 2.1–3 и > 3 соответственно); 4 – временная сейсмическая станция.

Распределение наблюдаемых знаков позволило получить решение механизма очага, в котором степень согласованности использованных знаков составляет 95%. В табл. 4 приведены полученные параметры, а на рис. 6 показаны стереограммы механизмов очагов главного толчка и его афтершоков в верхней полусфере.

Таблица 4. Параметры механизмов очагов главного толчка с $K_p=13.9$ и его афтершоков с $K_p=6.9-10.7$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Эпицентр		K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				φ°, N	λ°, E		T		N		P		$NP1$			$NP2$		
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
1	22.05	18 11 57.3	10	42.93	72.85	13.9	41	77	46	283	13	179	47	51	23	303	73	140
2	22.05	19 03 58.5	10	43.03	72.88	10.1	47	78	42	272	7	175	49	53	33	298	64	139
3	22.05	19 34 48.0	2	42.83	72.73	9.8	1	101	22	191	68	8	351	48	-120	211	50	-60
4	22.05	21 10 24.8	5	43.05	72.88	8.9	12	88	50	343	37	187	41	55	-19	142	74	-143
5	23.05	00 16 05.6	8	42.72	72.73	10.7	47	347	22	102	35	209	174	23	164	281	84	68
6	27.05	03 55 00.2	5	42.97	72.88	8	28	133	56	274	18	33	351	56	174	85	84	34
7	27.05	11 20 28.4	5	42.73	72.78	8	34	270	48	132	22	16	237	49	10	141	83	139
8	30.05	07 43 33.0	5	42.90	72.77	6.9	15	120	72	264	10	27	344	72	178	74	87	18
9	31.05	09 38 38.4	0	42.97	72.77	7.7	35	86	55	276	5	179	49	62	23	308	70	151
10	04.06	13 23 44.2	10	43.00	72.90	8.7	62	113	21	250	17	347	288	34	132	60	65	66

Подвижка в очаге главного толчка определена как взбросо-сдвиг по обеим возможным плоскостям разрыва. Одна из плоскостей имеет северо-восточное простирание ($STK=47^\circ$) и падает под углом 51° с горизонтом на юго-восток, вторая плоскость северо-западного простирания ($STR=303^\circ$) круто падает на северо-восток. Ось напряжения сжатия близгоризонтальна и ориентирована субмеридионально ($AZM=47^\circ$). Ось напряжения растяжения имеет субширотное простирание, а угол выхода составляет с горизонтом 41° .

Аналогичный механизм отмечен в очагах семи афтершоков с некоторым разворотом в ориентации осей главных напряжений и нодальных плоскостей, а также изменением в соотношении взбросовой и сдвиговой составляющей подвижки (от чистого взброса в одном очаге) до чистого сдвига (в одном очаге).

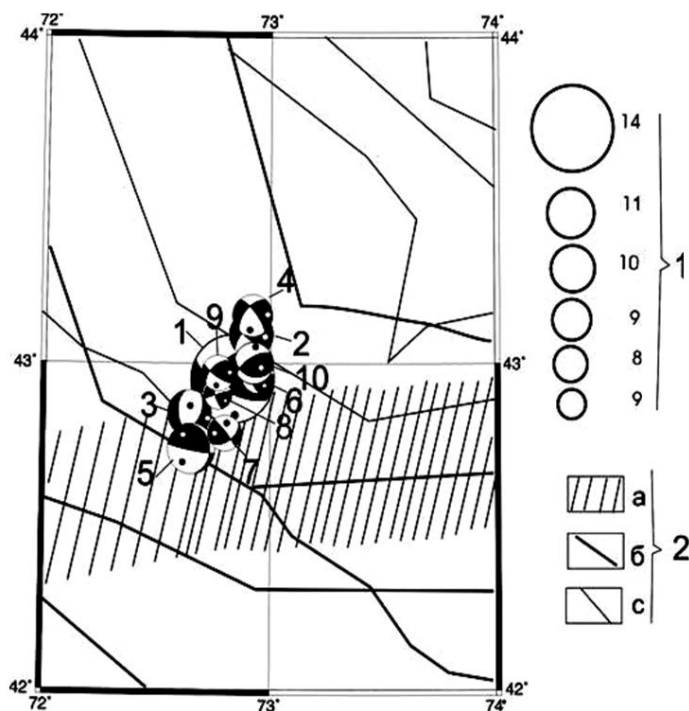


Рис. 6. Стереодиаграммы фокальных механизмов Луговского землетрясения и его афтершоков (в верхней полусфере)

1 – энергетический класс K_p ; 2 – шовная зона (а) и разломы разного порядка (б, с).

Радикально отличаются от описанных фокальные механизмы двух афтершоков (22 мая в $19^{\text{h}}34^{\text{m}}$ с $K_p=9.8$ и в $21^{\text{h}}10^{\text{m}}$ с $K_p=8.9$), в очагах которых снимались близгоризонтальные растягивающие напряжения субширотного простирания. Характер подвижки в этих очагах характеризуется сбросом по ориентированным субмеридионально плоскостям, с незначительной сдвиговой составляющей во втором из них.

Таким образом, можно отметить, что в очагах основного землетрясения 22 мая и семи его афтершоков (табл. 4) направления плоскостей разрывов совпадают с имеющими место в этом районе разломами субширотного, а также северо-западного простирания (рис. 6), подвижка по которым характеризуется взбросо-сдвигом под действием регионального близгоризонтального и субмеридионального напряжения сжатия. Механизм очагов двух афтершоков с подвижкой типа сброс свидетельствует о том, что разрыв в них вызван действием вторичных напряжений.

Сильные движения при Луговском землетрясении исследованы на основе записей прибором сильных движений на территории г. Алматы [11] на расстоянии примерно 340 км на восток от эпицентра. На его территории было расположено 11 цифровых акселерографов «ALTUS-ETNA» локальной сети сильных движений. В местах регистрации интенсивность колебаний при Луговском землетрясении составила $I=3-4$ балла. На рис. 7 показано расположение станций на территории города.

Наибольшие значения пиковых ускорений получены на станциях Нижняя Каменка (NKM) и ВИРГ (VIRG). Их акселерограммы представлены на рис. 8. В табл. 5 даны основные характеристики акселерограмм (максимальное ускорение, соответствующие ему период и относительная длительность на уровне 0.5 от A_{max}^r) и спектров реакции ускорения при затухании 5% от критического (максимальный уровень спектра, резонансный период и логарифмическая ширина спектра на уровне $0.5 A_{\text{max}}^s$). Максимальный уровень спектра реакции, соответствующий ему период и логарифмическая ширина также приведены в табл. 5.

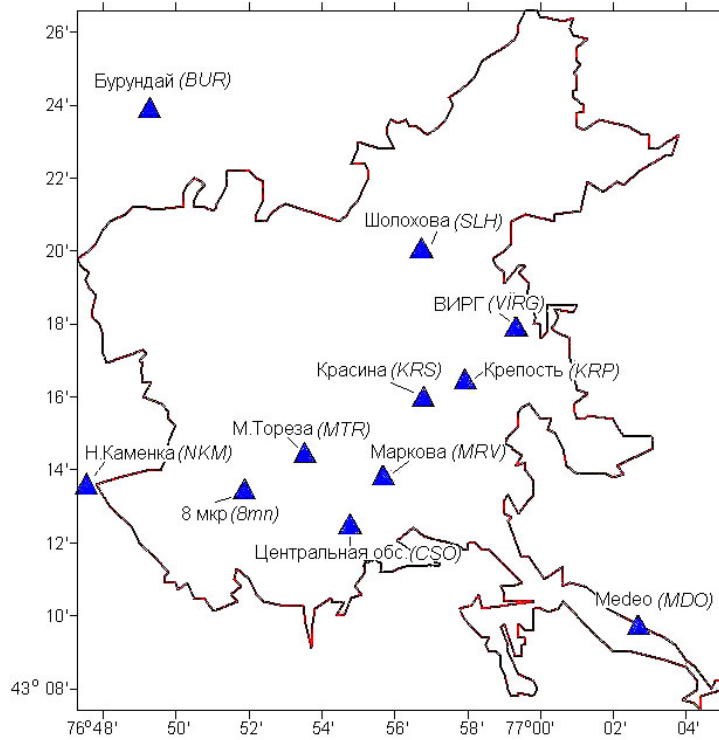


Рис. 7. Расположение станций сети сильных движений на территории г. Алматы, зарегистрировавших землетрясение 22 мая 2003 г. с $M_w=5.5$

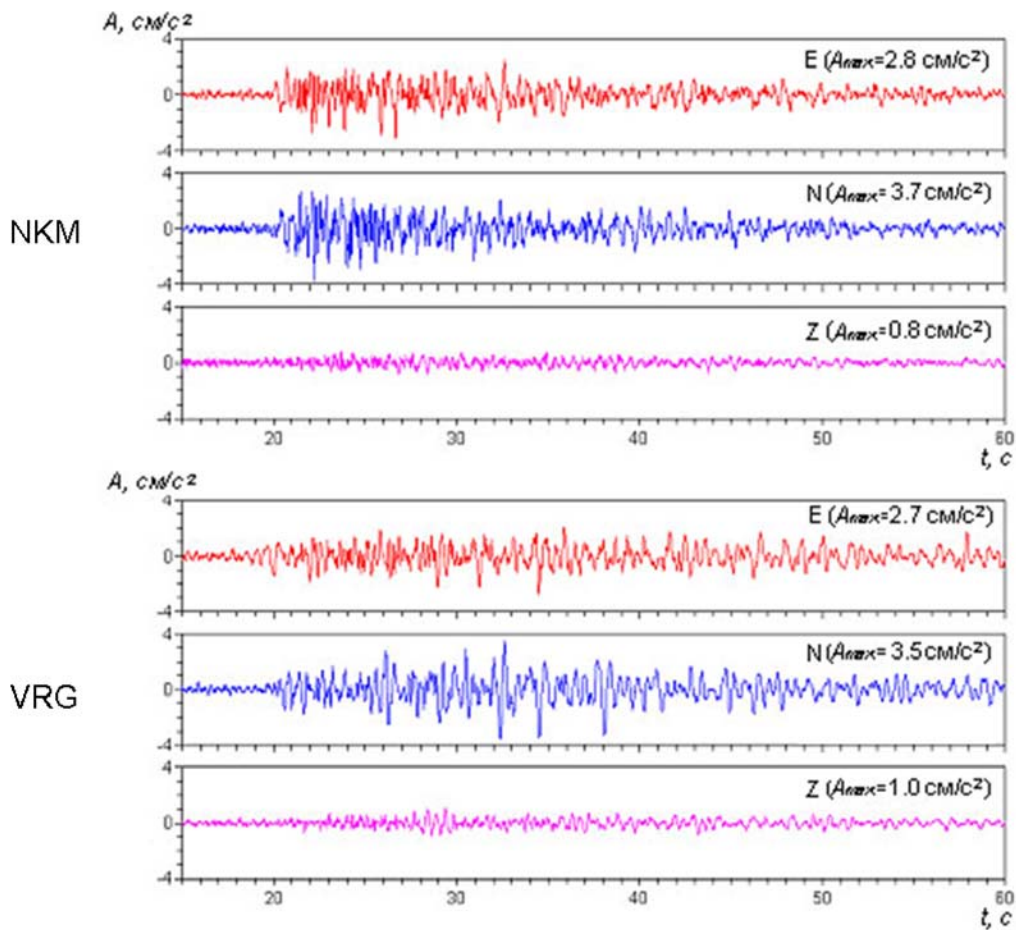


Рис. 8. Акселерограммы Луговского землетрясения, полученные станциями сильных движений NKM и VIRG на территории г. Алматы

Таблица 5. Основные параметры записей и спектров реакции

Станция	Компонента	Параметры записи			Параметры спектра реакции (5%)		
		A^f_{\max} , см/с ²	T , с	d , с	A^s_{\max} , см/с ²	T , с	*0.5 A^s_{\max}
8mn	N	1.413	0.43	13.5	5.339	0.55	0.70
	E	1.530	0.28	13.2	6.021	0.19	0.80
	Z	0.867	0.46	12.4	2.733	0.24	0.60
BUR	N	2.505	0.55	28.0	10.927	0.50	0.70
	E	2.757	0.39	16.0	11.936	0.60	0.60
	Z	1.030	0.39	13.0	3.773	0.20	0.84
CSO	N	0.969	0.41	19.0	3.769	0.20	0.85
	E	1.114	0.54	17.8	4.956	0.46	0.61
	Z	0.712	0.43	10.0	3.326	0.46	0.44
KRP	N	3.014	0.49	17.0	10.829	0.48	0.73
	E	2.872	0.34	20.5	10.466	0.20	0.70
	Z	1.335	0.46	16.8	4.043	0.46	0.91
KRS	N	1.810	0.21	13.5	7.557	0.20	0.47
	E	1.377	0.41	20.5	5.173	0.55	0.72
	Z	0.848	0.37	20.2	2.509	0.30	1.09
KSK	N	1.662	0.50	9.5	5.781	0.50	0.61
	E	1.667	0.75	14.0	7.210	0.55	0.65
	Z	1.021	0.48	4.3	2.831	0.50	0.92
MDO	N	2.434	0.19	5.8	14.141	0.18	0.14
	E	1.864	0.22	10.5	10.809	0.19	0.18
	Z	1.016	0.19	4.0	2.754	0.19	0.48
MRV	N	1.202	0.34	10.1	3.566	0.32	0.91
	E	1.231	0.33	14.8	4.363	0.50	0.98
	Z	0.762	0.22	13.0	2.561	0.22	0.77
MTR	N	1.316	0.53	13.1	4.727	0.55	0.64
	E	1.635	0.52	10.3	6.192	0.55	0.75
	Z	0.698	0.23	13.0	2.963	0.26	0.73
NKM	N	3.684	0.21	6.5	11.927	0.18	0.67
	E	2.799	0.51	15.0	8.715	0.17	0.96
	Z	0.797	0.15	20.1	2.633	0.5	1.00
SLH	N	2.443	0.31	23.4	8.664	0.2	0.82
	E	2.263	0.20	19.2	8.535	0.5	0.85
	Z	1.063	0.61	21.8	3.105	0.48	0.91
VIRG	N	3.549	0.58	15	14.004	0.55	0.63
	E	2.729	0.55	18	8.093	0.55	0.86
	Z	1.039	0.52	18.0	4.690	0.48	0.31

Примечание. * – логарифмическая ширина спектра на уровне $0.5 A^s_{\max}$

Л и т е р а т у р а

1. Курскеев А.К., Тимуш А.В., Шацлов В.И., Сыдыков А., Горбунов П.Н., Садыкова А.Б. Сейсмическое районирование Республики Казахстан. – Алматы: Эверо, 2000 г. – 220 с.
2. Михайлова Р.С., Каток А.П., Матасова Л.М., Джанузаков Л.М., Сыдыков А. (отв. сост.). III. Средняя Азия и Казахстан [300 до н.э. – 1974 г., $M \geq 5.0$, $MPSP \geq 5.6$, $MPVA \geq 5.3$; $I_0 \geq 6.0$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 198–296.
3. Калмыкова Н.А., Неверова Н.П. (СОМЭ МОН РК), Михайлова Н.Н. (ИГИ НЯЦ РК) (отв. сост.); составители: 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). Каталог землетрясений Казахстана за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

4. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2002 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2002–2003.
5. *Bulletin of the International Seismological Centre for 2002.* – Berkshire: ISC, 2003–2004.
6. Нусипов Е.Н, Абаканов Т.Д, Оспанов А.Б., Оспанов А.М., Бейсембаев Р.Т, Ли А.Н, Нысанбаев Т.Е., Михайлова Н.Н. Луговское землетрясение 23 мая 2003 года // Современная геодинамика и сейсмический риск Центральной Азии. Доклады Пятого Казахстанско-Китайского Международного симпозиума, 24–27 сентября 2003 г. – Алматы: ИС МОН РК, 2004. – С. 19–25.
7. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
8. Тулеев Т.Д., Алдаков С.Д., Шокбаров Е.М. Повреждения зданий школ в селах Кызылшаруа и Акбулак по результатам последствий Луговского землетрясения // Современное сейсмостойкое строительство. Тезисы докладов Международной конференции. – Алматы: ИС МОН РК, 2004. – С. 75–77.
9. Калмыкова Н.А., Соколова И.Н. Афтершоки Луговского землетрясения 22 мая 2003 г. (См. раздел VI (Дополнительные данные) в наст. сб. на CD).
10. 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.
11. Михайлова Н.Н., Силачѣва Н.В., Кулбаева У. Сейсмические воздействия на территории г. Алматы при Луговском землетрясении 22 мая 2003 г. // Современная геодинамика и сейсмический риск Центральной Азии. Доклады Пятого Казахстанско-Китайского Международного симпозиума, 24–27 сентября 2003 г. – Алматы: Лем, 2004. – С. 177–183.