

**КАРАГАНДИНСКОЕ (КАРАБАССКОЕ) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 21 июня 2014 г. с $K_p=11.7$,
 $MS=4.0$, $I_0^p=5-6$ (Центральный Казахстан)**

Н.Н. Михайлова, А.Е. Великанов, А.Н. Узбеков, И.Н. Соколова, Н.Н. Полешко

*Институт геофизических исследований Министерства Энергетики Республики Казахстан,
г. Алма-Ата, Казахстан*

mikhailova@kndc.kz, sokolova@kndc.kz

Аннотация. В работе представлены результаты макросейсмического анализа землетрясения с магнитудой $MPVA=5.2$, произошедшего близ г. Караганда 21 июня 2014 г. и зарегистрированного сейсмическими станциями Института геофизических исследований МЭ РК. На основании данных макросейсмического обследования, включавшего сбор и анализ сведений о повреждениях жилых и производственных зданий, определена интенсивность сотрясения в баллах по сейсмической шкале MSK-64 в 34-х населенных пунктах на территории радиусом ≈ 100 км вокруг эпицентра землетрясения. Изучены основные параметры, построен механизм очага, составлена карта изосейст сильного землетрясения из района Карагандинской области, который ранее считался асейсмичным. На основе анализа сейсмических записей, механизма очага и геолого-тектонических особенностей района сделано заключение о большой вероятности того, что землетрясение является природно-техногенным.

Ключевые слова: природно-техногенное землетрясение, механизм очага, результат макросейсмического обследования, Центральный Казахстан.

Введение. 21 июня 2014 г. все сейсмические станции сети Института геофизических исследований МЭ РК зарегистрировали довольно сильное землетрясение в Центральном Казахстане. Землетрясение на север от Алматы – событие редкое, а особенно, если это ощутимое сильное землетрясение. Чаше в Центральном и Северном Казахстане регистрируются промышленные карьерные взрывы, связанные с разработкой полезных ископаемых. Произошедшее землетрясение подтвердило ранее сделанные выводы о возможности возникновения землетрясений в областях, которые считались асейсмичными. Тем самым еще раз продемонстрирована необходимость дополнительных исследований по сейсмической опасности и учета новых данных последних десятилетий по землетрясениям в Западном, Центральном, Северном и Восточном Казахстане при разработке новой карты общего сейсмического районирования территории Казахстана.

Инструментальные характеристики очага. Землетрясение вблизи г. Караганда 21 июня 2014 г. было зарегистрировано сейсмическими станциями Казахстана [1, 2] и мира с $K_p=11.7$ $MPVA=5.2$, $MS=4.0$ [3]. Землетрясение было обработано и в Международных центрах данных [4–8]. Решения разных центров практически совпадают: координаты эпицентра варьируют в пределах сотых долей градуса, магнитуда $m_b=4.4-5.2$, глубина $h=9-23$ км (табл. 1). Ближе всего к эпицентру, на расстоянии примерно 160 км, находилась станция «Ортау». Записи получены также на станциях «Боровое» (432 км), «Курчатов» (426 км), «Маканчи» (755 км) и других (рис. 1, 2), которые входят в мировые глобальные сети станций [9]. Их данные автоматически передаются в международные Центры – Европейский EMSC в Париже, в Американский NEIC, в Международный сейсмологический центр в Англии ISC [4–8].

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 21 июня 2014 г. близ г. Караганда по данным региональных и международных сейсмологических Центров

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Ист.
			φ° , N	$\delta\varphi$, км	λ° , E	$\delta\lambda$, км	h , км	δh км		
инструм			49.59		72.93				$MS=4.0$	Наст. ст.
макрос			49.578		72.922					Наст. ст.
регион	06 30 03.4	0.66	49.56	6	72.97	6	9		$K_p=11.7/31$, $MPVA=5.2/32$	[3]
COME	06 30 03.7		49.55		73.00				$MS=4.0$	[7]
NNC	06 30 03.4	0.66	49.555	7.3	72.968	4.2	9.2	6.4	$K_p=11.65$, $m_b=5.4$, $m_{pv}=5.2$	[7]
MOS	06 30 01.9/03.4	1.0	49.521	4.9	72.908	4.9	23		$MPSP=4.9/44$	[4]
ISC	06 30 03.3	0.33	49.524	3.9	72.933	3.2	10.9 11 _{pp}	2.0	$M_S=(3.5\pm 0.3)/28$, $m_b=(4.8\pm 0.2)/140$	[7]
NEIC	06 30 04.5	1.48	49.558	8.6	72.949	8.1	14.9	3.1	$m_b=(4.8\pm 0.1)/121$	[6]

IDC	06 30 01.7	0.4	49.442	9.1	72.844	6.3	0 f	–	$M_s=(3.3\pm 0.1)/20$, $m_b=(4.4\pm 0.1)/25$ $ML=(3.9\pm 0.2)/20$	[7]
EMSC	06 30 04.3		49.57		72.90		17		$m_b=4.8$	[5]

Примечание. Сведения об агентствах из графы 1 даны в обозначениях к настоящему ежегоднику.

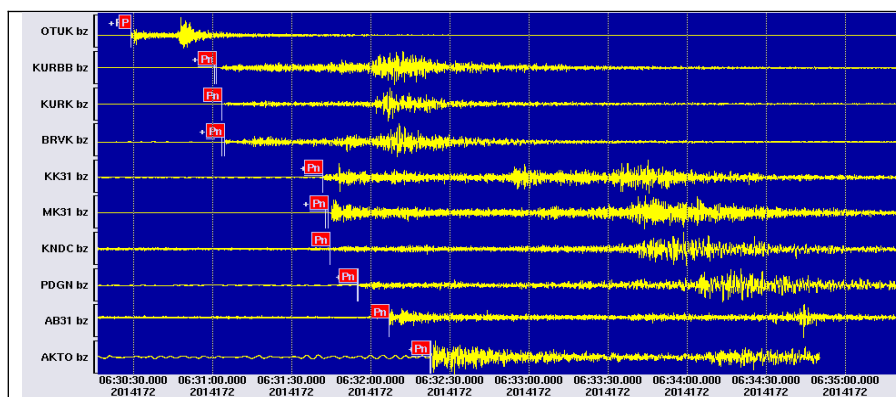


Рис. 1. Записи Карагандинского землетрясения на станциях ИГИ МЭ РК по [1]

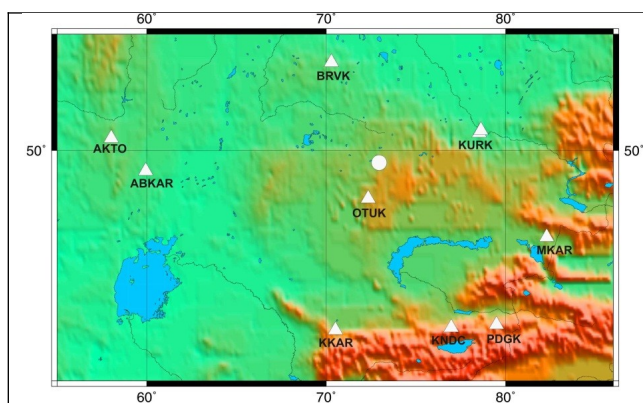


Рис. 2. Расположение сейсмических станций ИГИ (треугольники) относительно эпицентра землетрясения 21 июня 2014 г. (кружок)

Сразу же после события стали поступать сведения о том, что землетрясение ощущалось и в других населенных пунктах. Землетрясение ощущалось в столице Казахстана г. Астане (206 км) с интенсивностью 2 балла [4] по шкале [10]. Из крупных населенных пунктов наиболее близким к эпицентру оказался г. Абай, расположенный в 8 км на северо-запад от эпицентра (см. ниже табл. 4).

Природа землетрясения. Эпицентр землетрясения приурочен к южной границе карагандинского каменноугольного бассейна. Встал вопрос о природе этого реального события. Не связано ли оно с интенсивными в этом районе работами на угольных шахтах? Является оно тектоническим или техногенным?

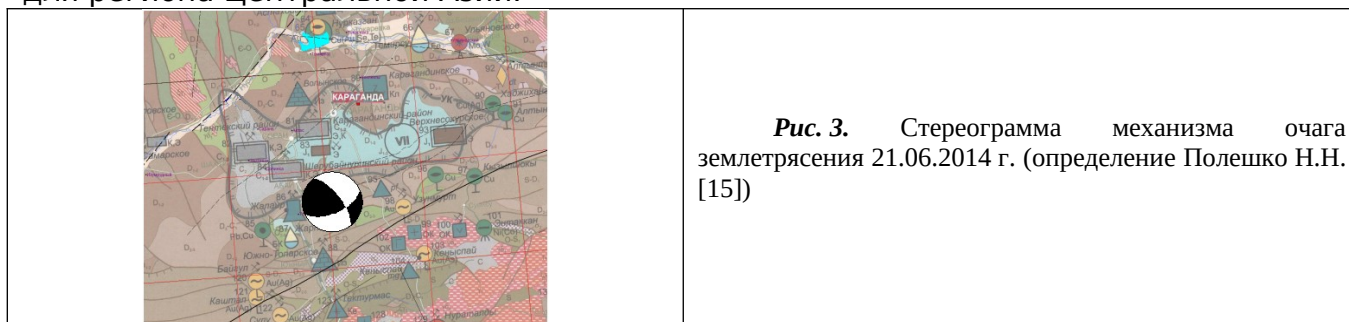
В пользу тектонической природы этого события говорит, во-первых, то, что гипоцентр его находится на глубине 9–23 км (табл. 1), что значительно превышает глубины, на которых происходит выработка на угольных месторождениях. Такие глубины характерны для землетрясений большинства тектонических районов Казахстана. Во-вторых, хоть и редко, но в Центральном Казахстане все-таки и раньше регистрировались землетрясения. Одно из последних – Шалгинское землетрясение 22.08.2001 г., с $M_w=5.2$ в Западном Казахстане [11, 12], которое проявилось в эпицентральной зоне с интенсивностью $I_0=6$ баллов. Оно произошло практически в той же тектонической структуре на расстоянии 330 км на запад от карагандинского очага. Шалгинскому землетрясению посвящено несколько научных публикаций сотрудников нашего Центра. Примерно на таком же расстоянии на восток находится зона концентрации очагов землетрясений хр. Муржик вблизи Семипалатинского испытательного полигона, которые также были изучены в последние годы в нашем Центре [13, 14]. Но именно в этом районе близ г. Караганда, где зарегистрирован толчок 21 июня 2014 г., эпицентры других очагов неизвестны.

Механизм очага. Фокальный механизм очага землетрясения 21 июня 2014 г. (табл. 2) получен по первым смещениям P -волн, зарегистрированным 15 сейсмическими станциями, данные которых в оперативном режиме поступают в Центр данных ИГИ МЭ РК [15]. О надежности решения фокального механизма свидетельствует согласованность знаков, составляющая 100%, а также область разброса определяемых параметров, не превышающая 10° .

Таблица 2. Параметры механизма очага Карагандинского землетрясения 21 июня 2014 г. по данным ИГИ МЭ РК

t_0 , ч мин с	h , км	K_p	M_S	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				T		N		P		NP1			NP2		
				Pl	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	Slip	STK	DP	Slip
06 30 03.4	9	11.7	4.0	29	283	56	140	17	23	246	57	9	151	82	148

Стереограмма фокального механизма показана на схеме месторождений полезных ископаемых Казахстана (рис. 3). По результатам решения механизма очага землетрясение реализовалось в условиях близгоризонтальной и субмеридиональной ориентации оси напряжения сжатия, и субширотной, полого погружающейся оси напряжения растяжения. Такая система напряжений характерна для региона Центральной Азии.



Тип подвижки в очаге характеризуется горизонтальным сдвигом с небольшой взбросовой составляющей по обеим возможным плоскостям разрыва. Ориентация одной из плоскостей согласуется с региональным разломом северо-восточного направления, отмеченного на схеме к югу от эпицентра. Другая возможная плоскость разрыва согласуется с ориентацией локальных разломов, секущих структуры в северо-западном направлении. Отметим, что подобный тип механизма очага является характерным для очагов землетрясений казахского щита (Шалгинского, Жезказганских, близ Семипалатинского полигона).

Форшоки и афтершоки. Предварительное рассмотрение тектонической обстановки района очага этого землетрясения показывает, что очаг землетрясения расположен на северной границе Успенской зоны смятия северо-восточного простирания шириной до 90 км, ограниченной субпараллельными тектоническими разломами (рис. 4). Тщательный ретроспективный анализ сейсмограмм Казахстанской сейсмической сети позволил выявить в этом районе пропущенные слабые сейсмические события, произошедшие до описываемого землетрясения и отнесенные к природным землетрясениям. Одно из них произошло 13 ноября 2005 г. в $12^{\text{h}}03^{\text{m}}54.0^{\text{s}}$ с $\varphi=49.430^\circ$, $\lambda=73.308^\circ$, $MPVA=3.7$, $K_p=9.2$. В этом же районе за два дня до Карагандинского землетрясения (19 июня 2014 г. в $01^{\text{h}}25^{\text{m}}35.9^{\text{s}}$) был зарегистрирован слабый форшок с $\varphi=49.539^\circ$, $\lambda=72.867^\circ$, $MPVA=2.6$, $K_p=6.7$ (табл. 3). К сожалению, оба землетрясения пропущены при обработке сейсмограмм в 2005 г. и 2014 г., поэтому их нет в соответствующих годовых каталогах.

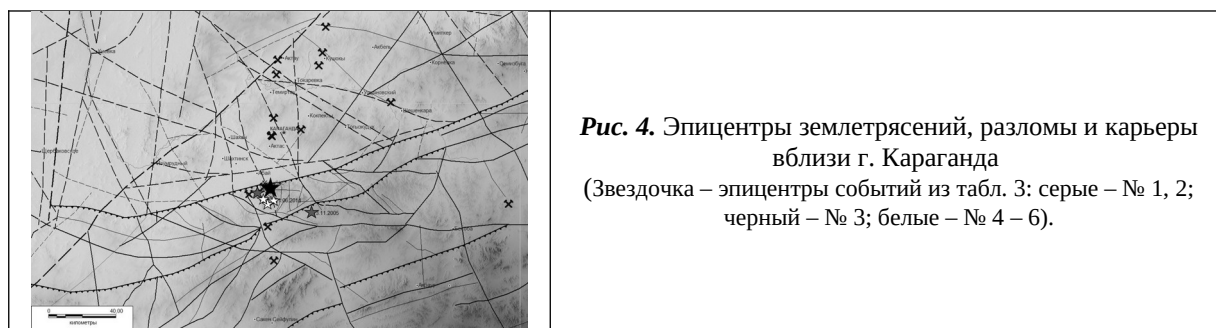
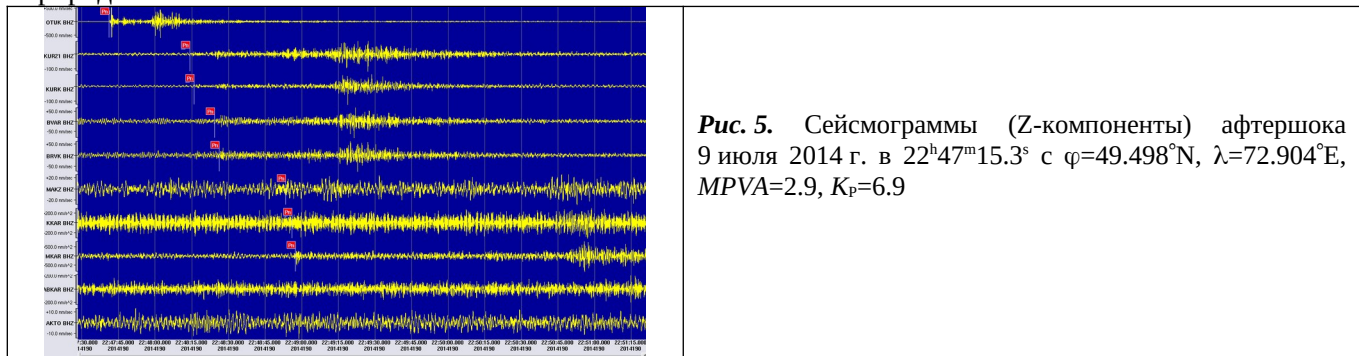


Таблица 3. Параметры сейсмических событий вблизи г. Караганда по данным KNDC и COMЭ МОН РК [16]

№	Дата, дн мес год	t_0 , ч мин с	φ°, N	λ°, E	h , км	$MPVA$	M_S [3]	K_p
1	13.11.2005	12 03 54.0	49.430	73.308	6	3.7		9.2
2	19.06.2014	01 25 35.9	49.539	72.867		2.6		6.7
3	21.06.2014	06 30 03.4	49.555	72.968	9	5.2	4.0	11.7

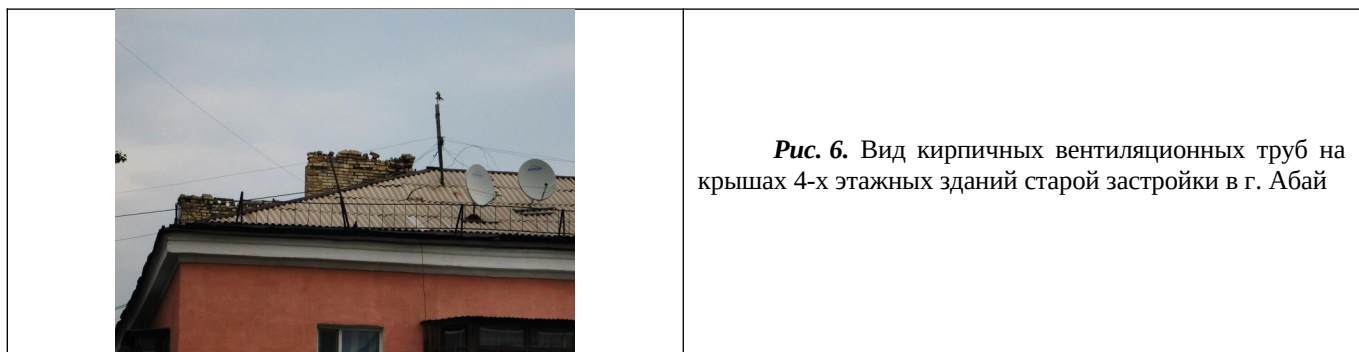
4	21.06.2014	06 47 04.9	49.491	72.999		2.1		5.8
5	09.07.2014	22 47 15.3	49.498	72.904		2.9		6.9
6	28.07.2014	03 13 33.2	49.474	72.951		2.3		4.8

После Карагандинского землетрясения детальный анализ волновых форм позволил выявить 3 афтершока (рис. 4, табл. 4). Сейсмограммы самого сильного афтершока 9 июля 2014 г. в 22^h47^m15.3^s приведены на рис. 5. Наличие форшока и афтершоков свидетельствуют в пользу версии о тектонической природе очага.



Результаты макросейсмического обследования очаговой области. Макросейсмическое обследование эпицентральной территории Карагандинского землетрясения проведено сотрудниками Института геофизических исследований – ведущим геологом А.Е. Великановым и м.н.с. А.Н. Узбековым – через неделю после землетрясения, с 28 июня по 3 июля. Обследование было проведено путем объезда 34 населенных пунктов на территории, радиусом чуть больше 100 км вокруг эпицентра произошедшего землетрясения [17], и составления анкетированных опросов для установления фактической балльности в посещенных пунктах опроса по шкале сейсмической интенсивности MSK-64 [10]. Маршруты объезда населенных пунктов совпадали с основными направлениями автодорожных трасс, расходящихся в различных направлениях от областного центра г. Караганда. В начале исследований основное внимание было уделено эпицентральной области в районе пос. Карабас, где в непосредственной близости от эпицентра было посещено пять объектов, на которых проведены опросы людей, осмотр местности с фотографированием объектов осмотра. Всего посещено 38 пунктов, проведено 50 опросов.

$I_f=5$ баллов. В зоне пятибалльных сотрясений, охватывающих площадь около 500 км², оказались г. Абай, поселки Карабас и Топар, а также полевой лагерь геологической экспедиции. В этой зоне все люди почувствовали толчки, многие приняли толчки за последствия сильного взрыва в шахте или в карьере, многие в домах испугались и стремились покинуть помещение, почти все сумели оценить длительность колебаний (от 5–6^s до 10^s), большинство жителей различили фазы сотрясений: два толчка, «сначала 2–3^s слабый толчок, затем 2–3^s сильный толчок, потом сотрясения». Часть людей, находящихся в одноэтажных домах или в машинах, сильный толчок приняли за удар наехавшей грузовой машины. При этом некоторые слышали нарастающий шум в виде проезжающей мимо тяжелой машины. Землетрясение сопровождалось коротким раскачиванием предметов и мебели. После землетрясения в г. Абай прошел слух, что на крышах 4-х этажных зданий были повреждены и осыпались кирпичные вентиляционные трубы (рис. 6). Но в процессе макросейсмического обследования было установлено, что эти трубы давно стали осыпаться по старости самих зданий.



В эпицентральной зоне, в радиусе примерно 1–2 км, где наиболее сильно ощущались сотрясения, находился пос. *Карабас*, восточнее – гора *Карабас* (рис. 7) с относительной высотой до 130 м (абс. отметка 661 м) и Карабасский каменный карьер на западном склоне горы (рис. 8). Многие люди приняли толчки за последствия сильного взрыва в карьере, хотя был субботний день, когда взрывы в карьере не производятся. В магазине с полок попадали стопки консервных банок. На горе *Карабас* во время землетрясения находился пастух со стадом коров. Коровы очень испугались и сильно мычали в течение примерно одной минуты. Сам пастух тоже сильно перепугался, ему показалось, что со склона горы с грохотом покатались большие камни размерами 0.5–1 м. В процессе последующего осмотра при макросейсмическом обследовании были замечены большие камни в подножии склонов межгорных логов, но следов их перемещения не отмечено.



Рис. 7. Вид юго-западного склона горы *Карабас* с началом каменного карьера с западной стороны



Рис. 8. Карабасский каменный карьер, за ним пос. *Карабас* и далее на горизонте правее в 8 км виден г. *Абай*

На стенах старого административного здания управления Карабасского каменного карьера после недавнего ремонта появились небольшие, до 1–2 мм шириной, свежие трещины между помещениями (рис. 9) и осыпалась штукатурка (рис. 10). С тыльной стороны здания (по словам главного инженера карьера) старые трещины шириной до 1–2 см и более в стенах расширились примерно в два раза (рис. 11).



Рис. 9. Свежие трещины между помещениями после ремонта на стенах административного здания карьера



Рис. 10. Откол штукатурки на стенах административного здания карьера



Рис. 11. С тыльной стороны административного здания старые трещины шириной до 1–2 см и более в стенах расширились примерно в два раза

По рассказу главного инженера карьера, находившегося в момент землетрясения в своем кабинете, подземный толчок был такой силы, что ему показалось, будто бы в административное здание въехал груженный камаз. Шкаф около стены покачнулся, верхняя его часть отошла от стены на 25 см и вернулась обратно. Сверху со шкафа слетела картонная коробка с папками документов, которые рассыпались по полу. Через час после землетрясения в карьер приехали прокурор с начальником полиции г. *Абай* и акимом пос. *Карабас*, чтобы задержать главного инженера за якобы «мощный несанкционированный взрыв в карьере». На следующий день главный инженер обнаружил, что рядом с карьером, на отвале склада временного хранения отсева (продукт дробления щебня в объеме около 200 000 м³), размерами 250×125 м по основанию и нарастающей по длине высотой до 50 м в центральной части образовалась

вертикальная трещина шириной со спичечный коробок – 5 см, вытянутая по длине отвала. В последующие дни трещина была затоптана грузовыми машинами, привозящими отсев.

Исходя из вышеотмеченных характеристик зданий и незначительных их повреждений, ощущений землетрясения людьми и животными, перемещения предметов и следов толчка на дневной поверхности, был определен макросейсмический эпицентр с координатами $\varphi_m=49.578^\circ\text{N}$ и $\lambda_m=72.922^\circ\text{E}$, находящийся близко к месту расположения отвала временного хранения отсева. Таким образом, макросейсмический эпицентр находится практически рядом, в 1.4 км, к югу от инструментального эпицентра с координатами $\varphi_m=49.59^\circ\text{N}$ и $\lambda_m=72.93^\circ\text{E}$.

$I_i=4$ балла. В зоне 4-балльных сотрясений, охватывающих площадь около 8000 км², оказались города *Караганда, Темир-Тау, Актас, Шахтинск*, а также поселки и села *Доскей, Долинка, Жартас, Южный, Кызылкой, Спасск и Жумабек*. В этой зоне многие люди почувствовали толчки (на верхних этажах толчки почувствовали практически все, ощущалось колебание предметов и мебели), часть из них приняла толчки за последствия взрыва в шахте, некоторые люди стремились покинуть помещение, многие люди различили два толчка и длительность колебаний в 5–10^с. Никто из опрошенных не слышал гула до и после толчков.

$I_i=3$ балла. В зоне 3-балльных сотрясений, охватывающих площадь около 20000 км², оказались г. *Актау, Кушокинский угольный разрез*, поселки и села *Кушоки, Токаревка, Байкадам, Ботакара (Ульяновский), Шешенкара, Тогызкудук, Аксу, Аюлы, Сакен Сейфулин, Изумрудный и Шагынды (Красный Круж)*. В этой зоне только некоторые люди, находившиеся в покое, почувствовали два толчка в течение 5–10^с, единичные люди заметили колебания мебели, настенных зеркал или лампочек. Те, кто почувствовал толчки, также подумали, что это сотрясения от взрыва в близко находящемся карьере. На Кушокинском угольном карьере (в 84 км от эпицентра землетрясения на северо-восток) в этот день взрывные работы не проводились и несколько рабочих, сидящих в вагончике на территории карьера в обеденный перерыв, почувствовали волнообразные движения дневной поверхности в течение нескольких секунд, похожие на толчки.

$I_i=2$ балла. Границы 2-балльной зоны в северной части исследованной территории достоверно установлены по ощущениям и по отсутствию сотрясений в посещенных населенных пунктах. Положение границы двухбалльной зоны в южной части территории носит условный характер из-за отсутствия населенных пунктов за расстоянием 80–100 км от эпицентра. Предположительно двухбалльным сотрясениям подверглась территория более 35000 км². В зоне двухбалльных сотрясений большинство опрошенных не ощутили землетрясения. Слабые толчки почувствовали единичные люди, находившиеся в состоянии полного покоя. Так в пос. Осакаровка (по трассе в сторону г. Астаны в 112 км от эпицентра землетрясения) два толчка почувствовали трое лежащих больных на втором этаже районной поликлиники.

$I_i=1$ балл. В поселке Киевка, в селах Алгабас и Ынтылы сотрясения уже никто не ощутил.

По результатам макросейсмического обследования составлена табл. 4 макросейсмических данных [17].

Таблица 4. Макросейсмические данные о Карагандинском землетрясении 21 июня 2014 г. с $K_p=11.7$, $MS=4.0$, $h_{p,p}=11$ км с эпи- и гипоцентрными расстояниями от макросейсмического эпицентра: $\varphi_m=49.578^\circ\text{N}$, $\lambda_m=72.922^\circ\text{E}$

№	Пункт	φ°, N	λ°, E	$\Delta,$ км	$r,$ км
<i>5–6 баллов</i>					
1	админ. здание Карьера	49.579	72.911	0.8	11.0
2	гора Карабас	49.564	72.922	1.6	11.1
<i>5 баллов</i>					
3	дома ГУЛАГ	49.581	72.922	0.4	11.0
4	п. Карабас, сев-вост.	49.588	72.922	1.1	11.0
5	п. Карабас, запад	49.576	72.889	2.3	11.2
<i>4–5 баллов</i>					
6	Геологич. экспедиция	49.588	73.002	5.8	12
7	г. Абай	49.638	72.859	8	13
8	п. Топар	49.519	72.829	9	14
9	п. Долинка	49.679	72.676	21	24
10	г. Актас	49.779	72.966	23	25
<i>4 балла</i>					
11	п. Жартас	49.529	72.676	18	21
12	с. Жумабек	49.598	73.218	22	25
13	п. Южный	49.358	72.906	24	26
14	п. Спасск (в/ч)	49.537	73.281	27	29

№	Пункт	φ°, N	λ°, E	$\Delta,$ км	$r,$ км
15	г. Шахтинск	49.718	72.588	28	30
16	мкр. Юго-Восток	49.793	73.131	29	31
17	г. Караганда (Нов. Город)	49.830	73.085	31	32
18	мкр. Майкудук	49.856	73.185	36	38
19	п. Доскей	49.856	73.260	40	41
20	г. Темир-Тау	50.048	72.986	52	53
21	с. Кызылкой	49.210	73.397	55	56
<i>3–4 балла</i>					
22	п. Изумрудный	49.687	72.038	64	65
23	п. Ботакара (Ульяновский)	50.058	73.716	78	79
<i>3 балла</i>					
24	п. Байкадам	50.015	73.389	59	60
25	с. Тогызкудук	49.881	73.585	59	60
26	п. Токаревка	50.113	73.159	62	63
27	г. Актау	50.229	73.069	73	74
28	п. С. Сейфулин	48.859	72.835	81	82

№	Пункт	φ°, N	λ°, E	Δ, км	r, км
29	с. Шагынды (Крас. Круг)	50.314	72.725	83	84
30	Кушокинский карьер	50.264	73.395	84	85
31	с. Шешенкара	49.964	74.040	92	93
32	п. Аксу-Аюлы	48.771	73.681	105	105
	<i>2-3 балла</i>				
33	п. Кушожы	50.230	73.403	80	81
	<i>2 балла</i>				
34	с. Майозек	50.245	73.315	80	81
35	п. Осакаровка	50.561	72.563	112	112 5
	<i>Не ощущалось</i>				
36	с. Алгабас	49.900	71.616	99	99.6
37	с. Ынтагы	49.691	74.369	105	106
38	п. Киевка	50.262	71.551	123	123

На основе табл. 4 построена карта изосейст (рис. 12)

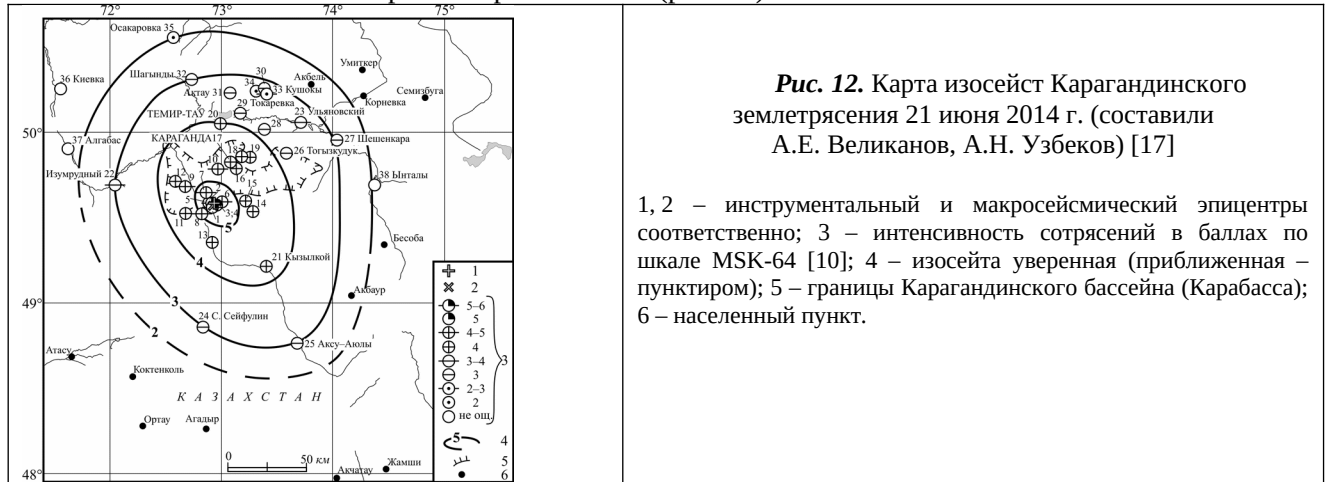


Рис. 12. Карта изосейст Карагандинского землетрясения 21 июня 2014 г. (составили А.Е. Великанов, А.Н. Узбеков) [17]

1, 2 – инструментальный и макросейсмический эпицентры соответственно; 3 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64 [10]; 4 – изосейта уверенная (приближенная – пунктиром); 5 – границы Карагандинского бассейна (Карабасса); 6 – населенный пункт.

Согласно полученным результатам, землетрясение ощущалось с интенсивностью сотрясений от 2 до 5 баллов по шкале MSK-64 на площади 230×190 км. Изосейсты землетрясения имеют форму, близкую к эллипсу, вытянутому в север–северо-западном направлении.

Таблица 4. Основные параметры макросейсмического поля Карагандинского землетрясения 21 июня 2014 г. с $K_p=11.7$, $M_S=4.0$

I_i , баллы	Геометрические параметры поля изосейст, км				Площадь S_i зоны, км ²
	l_a	l_b	l_{cp}	l_a/l_b	
5	33	25	29	1.3	500
4	116	81	97	1.4	8000
3	185	144	163	1.3	20000
2	233	185	208	1.3	43000

Примечание. l_a и l_b – продольная и поперечная полуоси эллипсов; l – геометрическая средняя, равная $l = \sqrt{l_a \cdot l_b}$.

Интерпретация природы очага землетрясения. Таким образом, из проведенного исследования следует:

- землетрясение 21 июня не было спровоцировано взрывом, поскольку взрывы в карьере в это время не производились;
- по данным механизма очага, землетрясение не является результатом простого обрушения, поскольку знаки первых смещений P -волн, зарегистрированных в разных азимутах от эпицентра, имеют квадрантное распределение, свойственное тектоническим землетрясениям, реализующимся под действием двойной пары сил (сжатия и растяжения);
- система напряжений, под действием которых произошло землетрясение, согласуется с полем напряжений, в котором реализовались и другие сильные землетрясения западной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника [13, 14].

Все эти факторы свидетельствуют о том, что очаг Карагандинского землетрясения имеет тектоническую природу происхождения. Для выбора из двух возможных плоскостей истинной плоскости разрыва, данные механизма очага сопоставлены со сведениями о главной сети разломов исследуемого района, а также сведениями, полученными в результате макрообследования землетрясения. На рис. 13 отражены все имеющиеся сведения: направления нодальных плоскостей механизма очага, большой оси эллипса изосейст и диапазоны азимутов главной сети разломов.

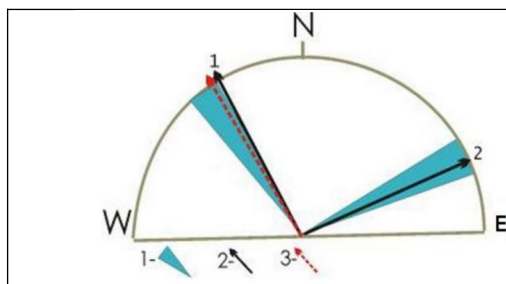


Рис. 13. Сводные направления азимутов большой оси эллипса изосейст, нодальных плоскостей землетрясения и главной сети разломов 1 – диапазон азимутов главной сети разломов; 2 – азимуты нодальных плоскостей очага; 3 – азимут большой оси изосейст

Из анализа рисунка можно отметить:

- согласованность азимутов обеих нодальных плоскостей очага с направлением системы разломов, т.е. по этому признаку выбрать наиболее вероятную плоскость разрыва невозможно;
- хорошую согласованность азимута большой оси эллипса изосейст как с нодальной плоскостью север–северо-западного направления, так и с север–северо-западным направлением тектонических разломов исследуемой территории.

Результаты анализа свидетельствуют, что с наибольшей вероятностью истинной плоскостью разрыва является плоскость север–северо-западного простирания с азимутом 331° (обратный азимут 151°).

Таким образом, рассматриваемое землетрясение произошло в результате взбросовой подвижки с некоторой сдвиговой составляющей по крутопадающей (82°) плоскости разрыва север–северо-западного направления, что согласуется с динамикой региональных разломов этого направления.

Закключение. Поскольку из приведенных данных следует, что землетрясение 21 июня не является следствием взрыва или простого обрушения пород, а реализовалось в условиях регионального поля напряжения, под действием которого в очаге произошел разрыв, согласующийся с динамикой и ориентацией главных линеаментов региона, можно сделать вывод, что это тектоническое землетрясение. В то же время, не исключено, что реализация землетрясения могла быть спровоцирована активной взрывной деятельностью в рядом расположенном карьере [18].

Литература

1	Казахстанский Национальный Центр Данных. – Сети наблюдений. – URL: http://www.kndc.kz , свободный.
2	Сейсмологическая опытно методическая экспедиция. – URL: http://www.some.kz , свободный.
3	Неверова Н.П., Михайлова Н.Н. (отв. сост.); Проскурина Л.П., Бектурганова Б.Б., Проскурина А.В., Далебаева Ж.А., Досайбекова С.К. (СОМЭ МОН РК); Мукамбаев А.С. (РГП ИГИ МЭ РК) (сост.). Каталог землетрясений Казахстана за 2014 г. (N=559) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD_ROM.
4	Российская Академия Наук геофизическая служба. – URL: http://www.ceme.gsras.ru , свободный.
5	Европейско-Средиземноморский сейсмологический Центр. – URL: http://www.emscsem.org , свободный.
6	Геологическая служба США. – URL: http://neic.usgs.gov/ , свободный.
7	Международный сейсмологический Центр. – URL: http://www.isc.ac.uk , свободный.
8	Международный Центр данных ДВЗЯИ. – URL: http://www.ctbto.org/ , авторизованным пользователям.
9	Mikhailova N.N., Sokolova I.N. Monitoring system of the Institute of Geophysical Research of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan // Summary of the Bulletin of the International Seismological Centre 2016 January-June. – 2019. – V. 53. – Issue 1. – P. 27–38.
10	Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
11	Михайлова Н.Н., Неделков А.И., Соколова И.Н., Казаков Е.Н., Беляшов А.В. Шалгинское землетрясение в Центральном Казахстане 22.08.2001 г. // Вестник НЯЦ РК. – 2002. – Вып. 2(10). С. 78 – 87.
12	Михайлова Н.Н., Неделков А.И., Соколова И.Н., Казаков Е.Н., Беляшов А.В., Полешко Н.Н. Шалгинское землетрясение 22 августа 2001 года с $M_w=5.2$, $I_0=6$ (Центральный Казахстан) // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 317–330.
13	Михайлова Н.Н., Неделков А.И., Соколова И.Н., Полешко Н.Н. Исследование сейсмичности территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) и его окрестностей // Геофизика XXI столетия: Сборник трудов Восьмых геофизических чтений им. В.В. Федьинского, ГЕОН, Москва (2–4 марта, 2006 г., Москва). Тверь: ГЕРС, 2007. – С. 179–190.
14	Неверова Н.П., Гессель М.О., Михайлова Н.Н., Соколова И.Н. Казахстан // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 124–131.
15	Досайбекова С.К., Полешко Н.Н. (отв. сост.) Каталог механизмов очагов землетрясений Казахстана за 2014 г. ($N_{земл}=32$) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). –

	Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD_ROM.
16	Соколова И.Н. (сост.). Форшоки ($N=1$) и афтершоки ($N=3$) Карагандинского землетрясения 21 июня 2014 г. с $K_p=11.7$ // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD_ROM.
17	Михайлова Н.Н., Великанов А.Е., Узбеков А.Н. О землетрясении близ Караганды 21 июня 2014 года // Вестник НЯЦ РК. – 2015. – Вып. 3. – С. 94–100.
18	Соколова И.Н., Михайлова Н.Н., Великанов А.Е., Полешко Н.Н. Техногенная сейсмичность на территории Казахстана // Вестник НЯЦ РК. – 2017. – Вып. 2. – С. 47–58.