

УДК 550.341(574.3)

**ШАЛГИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ 22.08.2001 Г****Михайлова Н.Н., Неделков А.И., Соколова И.Н., Казаков Е.Н., Беляшов А.В.***Институт геофизических исследований НЯЦ РК*

Приведены результаты изучения землетрясения, происшедшего 22.08.2001 г в Центральном Казахстане – в районе, традиционно считавшемся несейсмичным. Получены инструментальные и макросейсмические характеристики гипоцентра, каталог афтершоков. Представлено геолого-тектоническое описание эпицентральной области землетрясения. Сделаны выводы о реальной точности оценок координат эпицентра события различными Центрами данных.

22 августа 2001 г. в 22 часа 58 минут местного времени в Центральном Казахстане, в 198 км юго-восточнее г. Жезказган вблизи поселка Шалгинский, произошло землетрясение интенсивностью в эпицентре порядка 6 баллов по шкале MSK-64. Землетрясение было зафиксировано сетью сейсмических станций НЯЦ РК, Института сейсмологии МОН РК, российскими сейсмическими станциями, станциями Международной сети мониторинга (ISC). Основные параметры главного толчка по данным из этих источников приведены в таблице 1.

Событие вызвало большой резонанс у специалистов-сейсмологов, поскольку оно произошло в районе, необычном в сейсмическом отношении, где, согласно сейсмическому районированию территории Казахстана [1,2], проявление землетрясений не ожидалось. На современной карте сейсмического районирования, входящей составной частью в Сейсмические нормы и правила для Республики Казахстан [1], очаговая область происшедшего землетрясения находится в так называемой асейсмичной зоне.

Таблица 1. Основные параметры главного толчка

№ п/п	Дата	Время в очаге, T <sub>0</sub>	Широта, N	Долгота, E	Глубина, км	Магнитуда, Ms	Энергетический класс	Автор определения
1.	22.08.01	15 58 01.82	47.16	70.20	3/К	5.0	-	NEIC
2	22.08.01	15 57 59.24	47.112	69.950	0 (фикс)	4.7	-	REB
3	22.08.01	15 57 58.8	47.20	70.14	3/К	5.0	-	OBNINSK
4	22.08.01	15 57 57.70	47.20	70.20	19	5.0 (M <sub>pv</sub> =5.4)	13.2	KNDC
5	22.08.01	15.57.59.0	47.13	70.33	15	5,4 (M <sub>pv</sub> =5,8)	14,2	ИС МОН

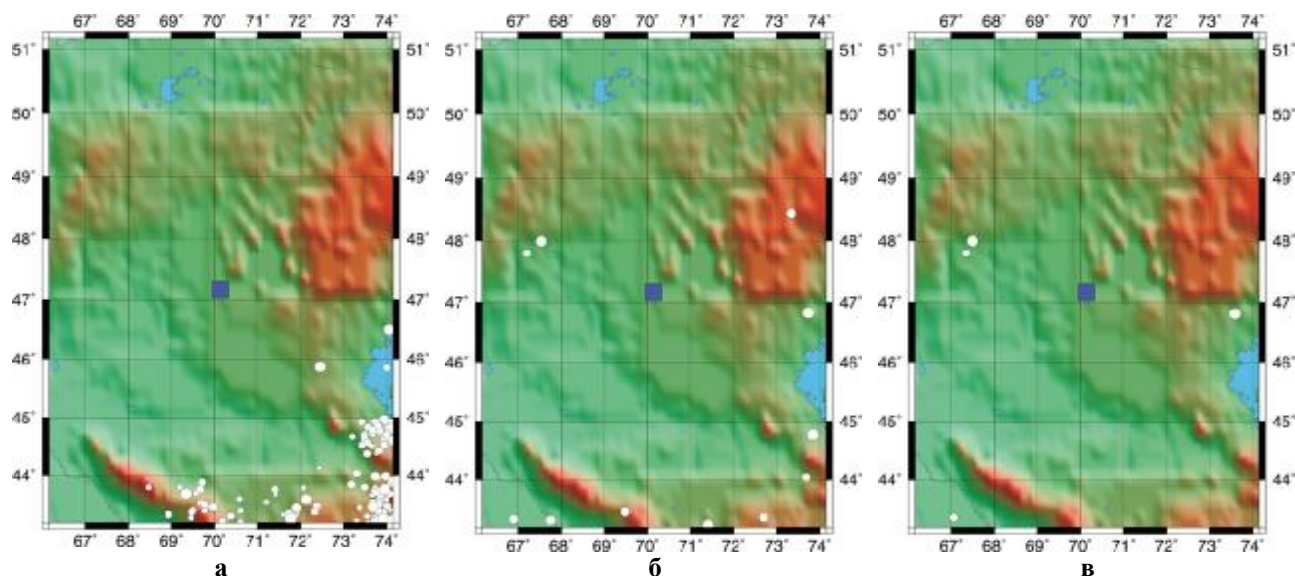
Событие представляет также большой методический интерес для технологий сейсмического мониторинга ядерных испытаний. Во-первых, оно важно для отработки методики инспекции на месте, целью которой является выяснение природы регистрируемого события и уточнение его локализации. Во-вторых, это событие дает возможность оценить реальную точность локализации эпицентра события при использовании методик обработки данных различной степени оперативности применительно к району, который ранее не исследовался в данном аспекте.

В связи с этим Институт геофизических исследований НЯЦ РК организовал и провел экспедицию в эпицентральный район Шалгинского землетрясения. Её основными задачами были макросейсмическое

обследование и регистрация афтершоков сетью полевых станций. Результаты полевых и камеральных работ по изучению этого землетрясения приведены в настоящей статье.

**ИСТОРИЧЕСКАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ**

Исторические сведения о сильных местных землетрясениях в изучаемом районе отсутствуют, в течение долгого времени регион не привлекал внимания сейсмологов Казахстана. На рисунке 1а приведена карта эпицентров землетрясений по каталогу, составленному в Институте сейсмологии МОН РК за период с 250 г. до н.э. и до 2000 г. Согласно карте в районе эпицентра Шалгинского землетрясения эпицентров других землетрясений не отмечено.



Синий квадрат – эпицентральная зона Шалгинского землетрясения

Рисунок 1. Историческая сейсмичность Центрального Казахстана по каталогам:

а - Института сейсмологии МОН РК (период с 250 г. до н.э. и до 2000 г.); б - по каталогу ISC - Международного Центра данных (1964-1998 гг.); в - по каталогу Геологической службы США - NEIC (1638-2000 гг.)

Таблица 2. Землетрясения в районе г. Жезказгана по данным станций сети НЯЦ РК

№	Дата и время в очаге	Координаты		Глубина	M <sub>PVA</sub>	Энергетический класс, К
		Широта, j °	Долгота, l °			
1	8/01/1994 04:15:39.7	47.83	67.45	20	4.6	12.2
2	7/17/1995 19:08:33.6	47.94	67.55	22	3.9	9.9
3	6/23/1996 18:28:26.7	47.91	67.57	0-5	4.2	11.0
4	8/01/1996 00:06:04.5	47.90	67.54	0-5	4.3	10.2

Анализ каталогов Международного сейсмологического центра ISC (Рис.1б) и Геологической службы США NEIC (Рис. 1 в), показал, что в районе г. Жезказган в 1994 г. и 1996 г. близко друг к другу произошло два землетрясения на расстояниях порядка 2.5 градуса от эпицентра Шалгинского землетрясения. По записям цифровых станций НЯЦ РК, сделанным, начиная с 1994 г., в районе г. Жезказган также удалось обнаружить четыре события, данные о которых приведены в таблице 2. Таким образом, удалось установить, что в исследуемом районе существует естественная сейсмичность, не отраженная в каталогах землетрясений Казахстана.

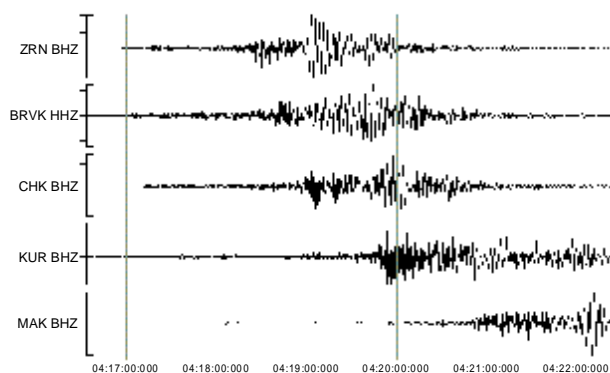


Рисунок 2. Запись землетрясения в районе г. Жезказган станциями НЯЦ РК. 01.08. 1994 г., 04-15-39.7

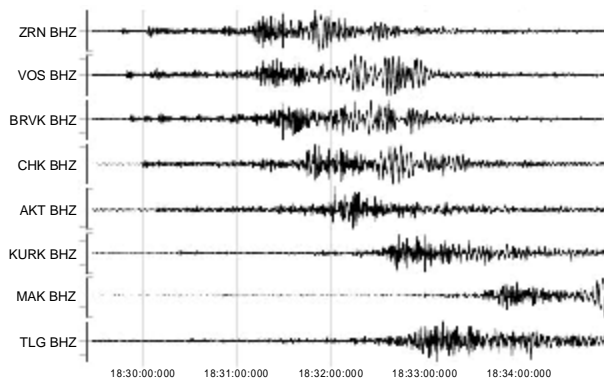


Рисунок 3. Запись землетрясения в районе г. Жезказган станциями НЯЦ РК. 23.06.1996г, 18-28-26.7

В подтверждение сказанного, на рисунках 2 и 3 приведены фрагменты записей двух жезказганских землетрясений - 1994 и 1996 гг.

Первые сведения о местоположении эпицентра главного толчка Шалгинского землетрясения в ЦСОССИ получены через несколько минут после землетрясения благодаря данным, поступившим в режиме реального времени от двух станций НЯЦ РК – «Курчатов» (сейсмическая группа KURK) и «Маканчи» (сейсмическая группа MKAR). Результаты автоматической локализации события по этим данным приведены в таблице 3 (вариант 1) - эпицентр

землетрясения получился в Центральном Казахстане примерно в 130 км на юг от г. Жезказган, что сразу же вызвало интерес к событию. В соответствии с технологией, принятой в ЦСОССИ, данные станций, полученные в режиме реального времени («Курчатов», «Маканчи» и «Боровое») пересмотрены оператором в интерактивном режиме. Было установлено, что при автоматической обработке сигналов не очень точно выделены вступления волны Pn и определены времена вступлений этой фазы, а фазы Sn и Lg выделены с ошибкой приблизительно в 20 с. После введения соответствующих корректировок в тот же день была проведена перелокализация эпицентра события.

Для этой цели были использованы два программных пакета, имеющихся в ЦСОССИ, – DATASCOPE (dbloc\_2) и Geotool. Новые полученные результаты - вариант 2, приведены в таблице 3 и на рисунке 6. По результатам применения обеих программ положение эпицентра сместилось почти на 150 км на северо-восток. Однако разница между двумя решениями двух использованных программ оказалась значительной и составила примерно 20 км. Расхождение обусловлено использованием разных вариантов годографов IASPEI, заложенных в каждую из программ, разной детальностью задания этих годографов и различием алгоритмов определений.

Таблица 3. Координаты эпицентра Шалгинского землетрясения

№ варианта	Способ определения или источник	j	l	h
1	Автоматическое определение ЦСОССИ (по данным 2 станций НЯЦ РК)	46.46	68.21	
2	Интерактивное определение ЦСОССИ (по данным 3 станций НЯЦ РК). Программа DATASCOPE	47.18	70.36	0 (фикс.)
3	Оперативное определение. Информационный сейсмологический центр «Обнинск»	47.11	69.93	з/к
4	Международный Центр Данных. Бюллетень REB	47.11	69.95	28
5	Определение ЦСОССИ по сети НЯЦ РК	47.22	70.38	26
6	Определение ЦСОССИ по сетям НЯЦ РК и KNET	47.22	70.41	19
7	Информационный сейсмологический центр «Обнинск». Сейсмологический бюллетень	47.20	70.14	10
8	Геологическая служба США. Бюллетень NEIS	47.16	70.20	33
9	Макросейсмическое определение эпицентра	47.22	70.30	
10	Окончательные координаты эпицентра	47.20	70.20	19

Срочная обработка данных двух казахстанских станций, проведенная Информационным сейсмологическим Центром Российской геофизической службы (г. Обнинск), дала результаты, приведенные как вариант 3: эпицентр разместился примерно в 20 км от варианта, полученного по программе DATASCOPE и по другую сторону от варианта, полученного по программе Geotool. Большой разброс определений обусловлен, помимо указанных ранее причин, отсутствием в районе эпицентра события сейсмических станций. Ближайшей, на расстоянии около 700 км от очага, была станция «Боровое». В таких условиях хорошее решение может быть получено при достаточном азимутальном окружении эпицентра станциями наблюдения.

В последующие дни были собраны данные других станций НЯЦ РК и по Internet - станций киргизской сети KNET [3]. Была повторена обработка данных этого события с интерпретацией всех записей оператором. Результаты новой локализации события приведены в таблице 3 как варианты 5 и 6. В новых определениях участвовали данные 9 трехкомпонентных станций и одной сейсмической группы сети НЯЦ РК, а также 10 станций сети KNET. Результаты получились довольно близкими между собой и практически совпадающими с оперативным определением в ЦСОССИ по программе DATASCOPE.

Примерно через две недели был получен вариант решения Международного центра данных в Вене – бюллетень REB, в котором участвовали данные 36 станций Международной сети сейсмического мони-

торинга. Решение Международного центра данных (Табл. 3, вариант 4) практически совпало с оперативным определением Информационного сейсмологического Центра Российской геофизической службы (г. Обнинск), но существенно (на 30 км) отличалось от решений ЦСОССИ.

В более поздний период, спустя несколько месяцев, были получены уточненные данные Российской геофизической службы (каталог и сейсмологический бюллетень) и Геологической службы США. В получении результатов участвовали данные около 100 станций мира. Результаты приведены в таблице 3 как варианты 7 и 8. Они достаточно близки между собой и отличаются примерно на 15 км от решения, полученного в ЦСОССИ. Именно эти результаты оказались наиболее близкими к истинному эпицентру, положение которого было уточнено путем полевой регистрации афтершоков.

Таким образом, применительно к обсуждаемому событию, все определения с участием человека по разным службам лежат в области с апертурой 30 км ( $\pm 15$  км от истинного эпицентра), что, по всей видимости, является реальной точностью определения эпицентра события для этого района.

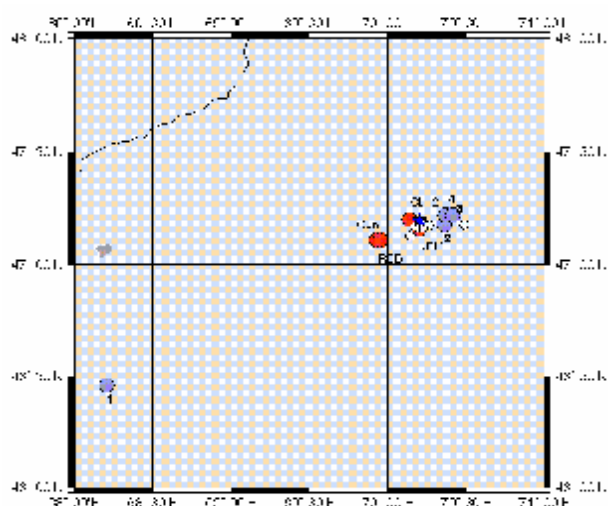
Магнитуда события по разным источникам определена в следующих диапазонах:  $m_b = 4.6 - 5.8$ ,  $M_s = 4.7 - 5.4$ ,  $K=13.6 - 14.2$ . Полные данные об использованных временах вступлений региональных фаз на станциях НЯЦ РК и KNET для Шалгинского землетрясения приведены в таблице 4.

ШАЛГИНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ 22.08.2001 г.

Таблица 4. Времена вступления основных региональных фаз на записях Шалгинского землетрясения

Станция	D, км	Времена вступления основных сейсмических фаз						
		Pn	P2	Pg	Sn	Lg1	Lg	Rg
USP	552	15:59:14.523	15:59:26.619		16:00:11.795		16:00:31.967	
EKS2	577	15:59:18.351			16:00:18.548	16:00:38.341	16:00:43.752	
CHM	588	15:59:19.112		15:59:33.133			16:00:42.108	
AAK	610	15:59:22.225		15:59:40.061	16:00:24.760		16:00:46.932	
VOS	621	15:59:23.382	15:59:27.075	15:59:44.622	16:00:25.783		16:00:57.924	
AML	626	15:59:25.006	15:59:29.953		16:00:31.814		16:00:52.819	
KBK	628	15:59:24.689		15:59:43.734		16:00:50.782	16:00:58.446	
TKM2	638	15:59:24.707		15:59:39.206		16:00:49.227	16:00:58.782	
UCH	649	15:59:27.877			16:00:34.717		16:01:01.534	
ZRNK	649	15:59:27.032	15:59:30.686	15:59:47.372	16:00:32.984		16:01:02.062	16:01:27.321
BRVK	656	15:59:27.913			16:00:33.672		16:01:03.803	16:01:37.216
KZA	695	15:59:34.627			16:00:47.585			
TLG	706	15:59:33.428			16:00:43.067		16:01:17.981	
CHKZ	725	15:59:36.282		15:59:58.789	16:00:49.246		16:01:21.224	16:01:58.955
ULHL	729	15:59:38.292		16:00:00.057		16:01:22.793	16:01:26.139	
KURK	735	15:59:36.784	15:59:40.210	16:00:01.636	16:00:47.940		16:01:24.108	16:01:52.704
PDG	848	15:59:50.450					16:01:55.954	
MAKZ	900	15:59:55.996			16:01:26.354		16:02:09.595	
MK05	924	15:59:59.138						
MK06	924	15:59:59.157						
MK31	924	15:59:59.163			16:01:30.304		16:02:18.122	16:03:27.654
MK01	925	15:59:59.176						
MK04	925	15:59:59.100						
MK02	926	15:59:59.270						
MK07	927	15:59:59.270						
AKTK	964	16:00:05.106			16:01:40.734		16:02:32.591	16:03:17.619

Эллипсы ошибок, рассчитанные по данным станций IMS в Международном центре данных (REB), а также по данным станций НЯЦ РК и KNET в ЦСОСЦИ, приведены на рисунке 5. Звездочкой показано положение реального эпицентра землетрясения.



Крест – макросейсмический эпицентр землетрясения. Незалитые кружки – афтершоки. Определения в ЦСОСЦИ: 1 - автоматическое; 2 - оператором по данным, поступившим в режиме реального времени; 3 - по сети станций НЯЦ РК; 4 - по сетям станций НЯЦ РК и KNET. Определения в ИСЦ «Обнинск»: Обп1 – срочная обработка Обп2 – окончательная обработка; REB – данные Международного сейсмологического Центра (IDC); NEIC – данные Геологической службы США

Рисунок 4. Результаты различных определений эпицентров главного толчка и афтершоков

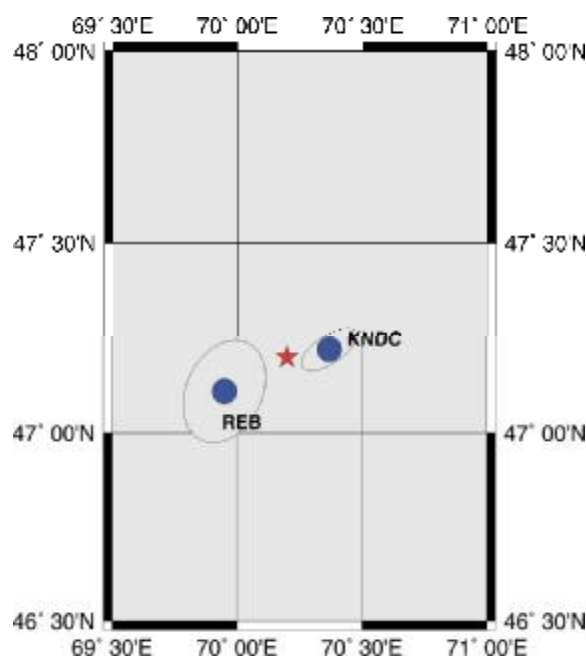


Рисунок 5. Эллипсы ошибок определения эпицентра Шалгинского землетрясения по данным IDC (REB) и USGS (KNDC)

**ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ЭПИЦЕНТРА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ**

Геолого-тектоническая характеристика района эпицентра землетрясения рассмотрена по материалам исследований Чу-Илийского региона, проведенным под руководством А. А. Абдулина, В. М. Волкова и Г. Н. Щербы [4-10].

Пространственно эпицентр события располагается в северо-западной части Бурунтауского антиклинория, входящего в северо-восточное Прибалхашское крыло Чу-Илийского мегантиклинория (Рис. 6).

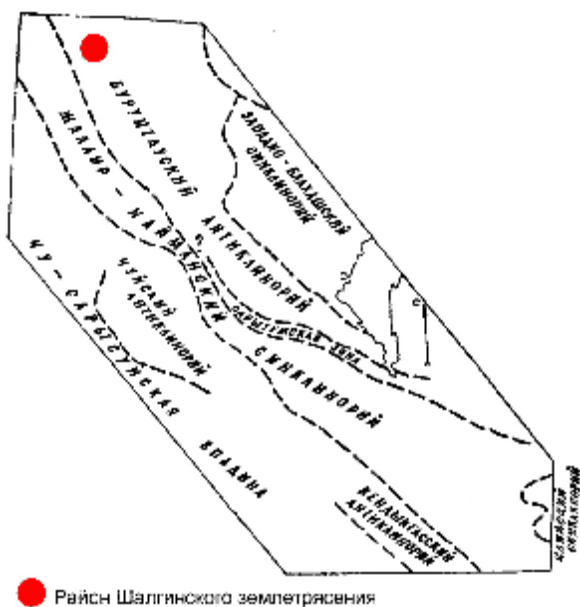


Рисунок 6. Схема районирования Чу-Илийского региона (геологические структуры I порядка)

Глубинное строение земной коры Прибалхашского крыла сложное и включает юго-западные склоны двух региональных структур – Центрально-Казахстанского минимума и Балхашского выступа (переходная Моинтинская седловина). Мощность земной коры колеблется от 40 до 52 км, а в районе эпицентра Шалгинского землетрясения составляет примерно 50 км. Системой продольных, поперечных и диагональных разломов, составляющих ортогональную систему, Прибалхашское крыло расчленено на отдельные блоки. Многие разломы являются естественными границами между геологическими структурами разного порядка.

Бурунтауский антиклинорий на западе граничит с Жалаир-Найманским синклинорием по крупной региональному Сарытумскому разлому (северная ветвь Жалаир-Найманского разлома). На северо-востоке он граничит с Атасу-Моинтинским антиклинорием по Атасу-Моинтинскому (Атасу-Балхашскому) разлому. В строении Бурунтауского антиклинория принимают участие смятые в складки различной ориентировки метаморфические сланцы, кварциты, мраморы и яшмы, а также основные вулканиты допалеозоя и кембро-ордовика, относящиеся к ранним

каледонидам, и вулканогенные образования нижнего, среднего и первой половины верхнего девона, на которых несогласно залегают карбонатные отложения фаменского яруса и нижнего карбона. Вулканогенные образования создают систему крупных линейных и куполовидных поднятий и пологих прогибов. Эти отложения прорывают гранитоидные интрузии девона и нижней перми. Бурунтауский антиклинорий делится на две более мелкие тектонические структуры, Приатасуйский прогиб, который занимает северную часть антиклинория, и Каиб-Жалгызский антиклинорий, занимающий его южную часть. Эти две структуры граничат между собой по Бектаутинскому региональному разлому северо-восточного простирания.



Рисунок 7. Схема основных разломов Чу-Илийского региона (Паталаха Е.И., Абдулин А.А. и др.)

Структура Бурунтауского антиклинория разбита разрывными нарушениями различной ориентировки, как это показано на рисунке 7. Выделяется несколько систем разломов. Первая – генеральная система северо-западного простирания (Жалаир-Найманский (Сарытумский), Атасу-Балхашский, Шалгия-Караобинский, Мунлинский и другие параллельные им разломы). Вторая - поперечная система разломов северо-восточного простирания (Пстанский надвиг,

Бектаутинский и ряд других, параллельных им разломов). Эти разломы создают ортогональную систему. Встречаются также диагональные субширотные и запад-северо-западные разломы, которые оперяют Жалаир-Найманскую зону разломов.

Непосредственно в районе эпицентра Шалгинского землетрясения (Рис. 8) проходят следующие крупные разломы: Сарытумский (2), являющийся северной ветвью Жалаир-Найманского разлома, Мунглинский (4), Шалгия-Караобинский или Шал-

гинский (5) - разломы северо-западного генерального направления, поперечный разлом северо-восточного направления (8), параллельный Пстанскому (6) и Бектаутинскому разломам, разломы близмеридианального направления - Костақырский (3), Ушкольский и другие (7). Краткая характеристика наиболее крупных разломов этого района приводится по данным Т. А. Акишева, С. Б. Абулгзина и А. Ф. Метленкова [8].

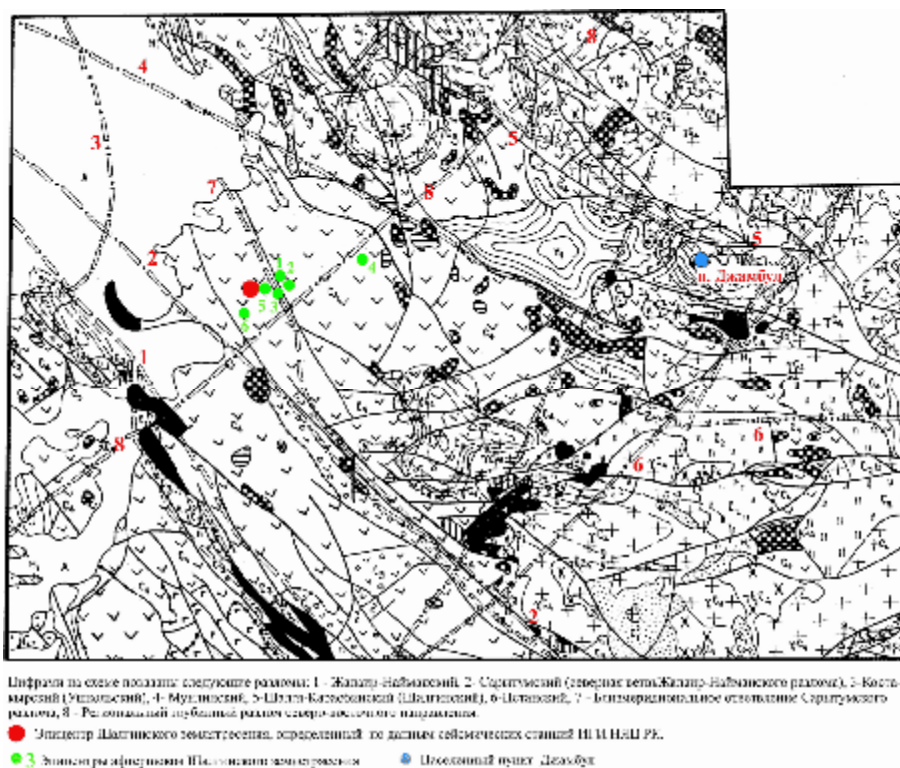


Рисунок 8. Геолого-структурная схема северо-восточной части Чу-Илийского региона

*Жалаир-Найманский глубинный (мантийный) разлом (1)* северо-западного направления протяженностью более 500 км простирается от гор Койжарылган на юго-востоке через весь Чу-Илийский регион, примыкая на северо-западе к Чуйскому разлому. Жалаир-Найманский разлом был заложен в байкальскую эпоху тектогенеза и неоднократно подновлялся. В отношении направления падения Жалаир-Найманского разлома существует несколько точек зрения, наиболее вероятным признано крутое юго-западное падение с возможным изменением на северо-восточное в пределах глубины 1-5 км.

*Сарытумский глубинный разлом (2)* протягивается в северо-западном направлении более чем на 500 км от южного окончания озера Балхаш до гор Шибанды (район эпицентра Шалгинского землетрясения), где он примыкает к Жалаир-Найманскому разлому и отделяет Приатасуйский прогиб от Жалаир-Найманского синклинория. Сарытумский разлом имеет крутое падение, близкое к вертикальному.

Вертикальная амплитуда перемещения пород по разлому составляет около 3 км.

*Шалгия-Караобинский глубинный разлом (5)* прослеживается в северо-западном направлении на 170 км от гранитного массива Матуртубек через Шалгинский массив габброидов, затухая в районе крупного гранитного массива, не выходящего на дневную поверхность за пределы описываемого района. Имеет крутое юго-западное падение плоскости сместителя. Вертикальная амплитуда перемещения пород по разлому составляет около 3 км. Разлом затухает в базальтовом слое.

Все эти разломы имеют надвиговый характер [9].

Как видно из рисунка 8, область эпицентра Шалгинского землетрясения приурочена к пересечению поперечного разлома (8) северо-восточного направления и разлома (7), имеющего близмеридианальное направление. Южнее, в 20-25 км, разлом близмеридианального направления сочленяется с Сарытумским разломом (2) и, скорее всего, является одним из ответвлений Сарытумского глубинного разлома,

относясь к генеральной системе разломов северо-западного направления. Поперечный разлом (8) северо-восточного направления параллелен Пстанскому (6) и Бектаутинскому глубинным разломам и относится к другой главной системе разломов региона. Поперечный разлом пересекается с крупными глубинными разломами: Жалаир-Найманским (1) и Сарытумским (2) - юго-западнее эпицентра землетрясения, Мунлинским (4) и Шалгинским (5) - северо-восточнее эпицентра землетрясения.

Эпицентр главного толчка землетрясения располагается с северной стороны поперечного разлома (8), что может указывать на то, что этот разлом имеет северо-западное направление падения плоскости сместителя. Предполагаемый угол падения разлома, приблизительно 50 градусов, рассчитан по координатам и глубине толчков (главного и афтершоков). Близмеридианальный разлом имеет, скорее всего, более крутое юго-западное падение (примерно

70 градусов), что согласуется с направлением падения разломов генерального направления (Жалаир-Найманского, Сарытумского и других).

#### МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

Макросейсмическое обследование проведено спустя 6 суток после землетрясения. Обследовано более 10 населенных пунктов по маршруту: г. Алматы – г. Сарышаган – г. Балхаш – п. Акчатау – п. Агадырь – п. Кызылтау – п. Атасу – г. Каражал – п. Шалгинский – место расположения эпицентра – г. Жайрем. Наиболее близко от эпицентра - в 43 км, расположен поселок Шалгинский. Однако эпицентр события находится в малонаселенном районе Казахстана, что сказалось на объеме обследования. Документировались последствия землетрясения и интенсивность сотрясений определялась по шкале MS-64. Результаты макросейсмических определений сведены в таблицу 5.

Таблица 5. Макросейсмические данные о землетрясении 22.08.2001 г.

№ п/п	Баллы по шкале MSK-64	Пункт	D, км	№ п/п	Баллы по шкале MSK-64	Пункт	D, км
1	6	Шалгинский	43.244	7	4	Жайрем	122.417
2	5	Агадырь	238.126	8	3	Балхаш	367.379
3		Кызылтау	165.879	9		Жезказган	198.078
4		Каражал	107.742	10		Алматы	685.519
5	4	Акчатау	302.604	11	2	Тараз	483.640
6		Атасу	202.016	12		Астана	458.095

В поселке Шалгинский 6 - балльные толчки ощутило большинство жителей, находившихся как в помещениях, так и вне них. Основная часть поселковых построек представлена деревянными сборно-щитовыми, рубленными, шлакоблочными одноэтажными домами. В помещениях ощущалась сильная вибрация, качалась мебель, звенела посуда, качались люстры, в некоторых домах качались стены и полы, на крышах некоторых домов стучал шифер. В части построек образовались трещины, как правило, на стыке двух стен. Вибрация была сильной, сопоставимой с работой тяжелого грузовика, толкающего дом. Длительность вибраций 5-15 секунд. Люди слышали подземный гул, сопровождавший вибрацию и прекратившийся с окончанием колебаний. Гул и колебания, по словам очевидцев, пришли в поселок с юго-запада. Люди, находившиеся во дворах домов, видели волну высотой 5-6 см, распространяющуюся по земле, также с юго-запада.

В ряде населенных пунктов (Агадырь, Кызылтау, Каражал) землетрясение вызвало 5 балльные колебания. Землетрясение ощутили многие жители поселков. В помещениях ощущалась вибрация. Качались люстры, вибрировала мебель и оконные стекла, звенела посуда. Вибрация была сопоставима с движением тяжелого транспорта. Вибрация длилась от нескольких секунд до минуты. В поселках имеются постройки различных конструкций. В большей степени колебания ощущались на верхних этажах 5-этажных домов. В постройках повреждений не на-

блюдалось. Многие очевидцы перед колебаниями слышали гул, в г. Каражал они указывали, что колебания и гул пришли с южного, юго-западного направления. В п. Агадырь в магазинах с полок падали заполненные полные пластиковые бутылки.

В населенных пунктах Акчатау, Атасу, Жайрем землетрясение вызвало 4-х балльные колебания. В этих населенных пунктах преобладают одно-двухэтажные каменные постройки. В п. Жайрем колебания особенно ощущали люди, находившиеся в 5-ти этажных домах. В п. Акчатау колебания ощущали люди, находившиеся на 2-3 этажах. Вибрация длилась меньше минуты, качались люстры, позвякивала посуда. В п. Атасу вибрацию ощутили многие люди, находившиеся в помещении (качались люстры, в некоторых случаях покачивались предметы мебели, звенела посуда). Повреждения в домах и хозяйственных постройках отсутствуют.

В г. Балхаш землетрясение вызвало 3 - балльные колебания. В городе преобладают пятиэтажные дома. Землетрясение ощутили многие люди, живущие выше 2-3 этажа как слабую вибрацию, длившуюся короткое время. Люстры, посуда, мебель оставались в покое. Люди, находившиеся на улице, вибрации и колебаний не ощутили.

Хотя число обследованных пунктов было относительно небольшим, по полученным данным построена карта изосейст землетрясения, которая приведена на рисунке 9. Отмечается четкая вытянутость изосейст в северо-восточном направлении, что согласу-

ется с направлением разлома северо-восточного простираения (Рис. 8), ортогональным к разломам главного северо-западного направления в Чу-Илийском регионе, да и для всей Казахстанской складчатости. По результатам макросейсмического обследования положение макросейсмического эпицентра может быть описано следующими координатами:  $47.17^\circ$  северной широты и  $70.30^\circ$  восточной долготы.



○ изосейсты 3–6 - Баллы по шкале MSK – 64

Рисунок 9. Карта изосейст Шалгинского землетрясения 22.08.2001 г.

#### АФТЕРШОКИ ШАЛГИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Через три часа после основного толчка автоматическим детектированием в ЦСОССИ по данным сейсмической группы «Маканчи» было обнаружено ещё одно сейсмическое событие из района эпицентра Шалгинского землетрясения. Это был первый афтершок. Его основные параметры приведены в таблице 6. Наличие афтершока позволило, во-первых, надеяться на регистрацию полевыми станциями других последующих толчков, а, во-вторых, утверждать с большей уверенностью, что произошедшее сейсмическое событие является землетрясением.

Для уточнения основных параметров главного толчка и регистрации других возможных афтершочков в район эпицентра выехала экспедиция с полевой сейсмической аппаратурой. Пять сейсмических станций «КАРС» с трехкомпонентными сейсмоприемниками были установлены по ортогональной сети с расстоянием 10 км между станциями – центральной и радиальными. Координаты мест установки полевых сейсмических станций приведены в таблице 7. Положение площадок и мест размещения сейсмических станций показано на рисунке 10. Продолжительность цикла наблюдений составила 5 суток. Всего было проведено два цикла измерений – с 30.08.01 по 03.09.01 и с 04.09.01 по 09.09.01.

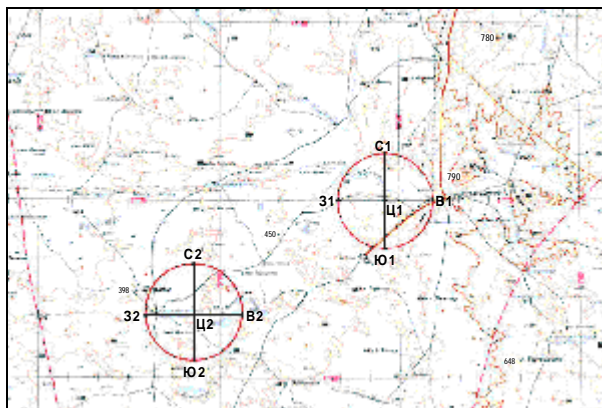
Таблица 6. Основные параметры афтершочков Шалгинского землетрясения

№	Месяц, дата, год	Время в очаге	Широта, $\varphi^\circ$ с.ш.	Долгота, $\lambda^\circ$ в.д.	Глубина, км	мрва	К
1	8/22/2001	18-37-01.0	47.18	70.24	15	3.0	6.8
2	8/31/2001	05-18-21.4	47.1754	70.2631	11.5		
3	8/31/2001	22-53-59.8	47.1648	70.2264	5		
4	9/01/2001	19-53-47.6	47.1782	70.4873	15		
5	9/04/2001	22-35-56.4	47.1711	70.1780	7		
6	9/07/2001	08-53-24.8	47.1273	70.1393	10		

Таблица 7. Координаты полевых сейсмических станций

№ пункта	№ станции	Название пункта	Северная широта	Восточная долгота
1	91	С1	$47^\circ 25' 12''$	$70^\circ 27' 36''$
2	28	Ю1	$47^\circ 14' 24''$	$70^\circ 27' 36''$
3	95	З1	$47^\circ 19' 48''$	$70^\circ 19' 15''$
4	32	В1	$47^\circ 19' 48''$	$70^\circ 35' 57''$
5	77	Ц1	$47^\circ 19' 48''$	$70^\circ 27' 36''$
6	77	С2	$47^\circ 12' 00''$	$69^\circ 55' 48''$
7	91	Ю2	$47^\circ 01' 12''$	$69^\circ 55' 48''$
8	32	З2	$47^\circ 06' 36''$	$69^\circ 47' 27''$
9	28	В2	$47^\circ 06' 36''$	$70^\circ 04' 09''$
10	95	Ц2	$47^\circ 06' 36''$	$69^\circ 55' 48''$





Номера сейсмических станций соответствуют таблице 7.

Рисунок 10. Положение площадок наблюдения и мест расстановки сейсмических станций.

Всего за это время было зарегистрировано 5 афтершоков. Их очаги находились в непосредственной близости от станций регистрации. Координаты гипоцентров афтершоков приведены в таблице 6, а расположение показано на рисунке 4 (незалитые кружки). Эпицентр афтершока № 4 расположен отдельно от группы эпицентров других афтершоков. В целом же направление облака афтершоков совпадает с направлением от инструментального эпицентра к макросейсмическому и с направлением разлома, с которым

связывается разрыв в очаге землетрясения. Диапазон глубин афтершоков составляет 5 - 15 км.

Энергетические характеристики афтершоков определить не удалось. Можно лишь сказать, что энергетический класс самого сильного из афтершоков, единственного, зарегистрированного станцией стационарной сейсмической группы «Маканчи», составил 6.8. Остальные афтершоки не были записаны станциями стационарной сети, следовательно, их энергетические классы <6.8.

Координаты афтершоков определены достаточно точно, поскольку сеть станций расположена в непосредственной близости от их очагов. Времена первых вступлений S-P волн на некоторых станциях составляет 1.65 – 2.5 с, т.е. станции практически находились над гипоцентрами афтершоков. Это позволяет предположить, что гипоцентр Шалгинского землетрясения расположен именно в области концентрации афтершоков. Полученные координаты эпицентра события близки к определенным в окончательных каталогах NEIC и ISC «Обнинск», несколько дальше находятся эпицентры по данным ЦСОССИ и REB.

Таким образом, с помощью полевых наблюдений удалось более точно определить координаты эпицентра, сопоставить с ними решения разных центров и служб, сделать вывод о реальной точности оценок.

Таблица 7. Основные параметры афтершоков Шалгинского землетрясения

#	Дата, мес., дата, год	Время в очаге	Широта, φ° с.ш.	Долгота, λ° в.д.	Глубина, км	mpva	К
1	8/22/2001	18-37-01.0	47.18	70.24	15	3.0	6.8
2	8/31/2001	05-18-21.4	47.1754	70.2631	11.5		
3	8/31/2001	22-53-59.8	47.1648	70.2264	5		
4	9/01/2001	19-53-47.6	47.1782	70.4873	15		
5	9/04/2001	22-35-56.4	47.1711	70.1780	7		
6	9/07/2001	08-53-24.8	47.1273	70.1393	10		

### Выводы

1. Шалгинское землетрясение 22 августа 2001 года является исключительно интересным событием. Оно показало, что, несмотря на довольно длительный период инструментальных наблюдений в Казахстане и многочисленные исследования в области сейсмической опасности различных регионов Республики, представление об активности всей территории далеко неполное. Так, оставшийся долгое время «белым пятном» на карте сейсмической активности район Центрального Казахстана, по всей вероятности, таковым не является. Можно предположить, что и в ряде других районов полное отсутствие землетрясений – явление кажущееся, результат отсутствия полноценных инструментальных наблюдений.
2. Кроме того, это событие свидетельствует о недостатках современных методов оценки сейсмической опасности. На карте сейсмогенерирующего Казахстана и карте сейсмогенерирующих зон [2] в районе Шалгинского землетрясения не было показано никаких структур, свидетельствующих о возможном происхождении здесь зем-

летрясений. По-видимому, пока только детальные инструментальные наблюдения могут дать информацию о сейсмической активности исследуемого района. Без них любые заключения на основе только лишь геолого- тектонических данных не могут считаться достаточными.

3. Для целей ядерного мониторинга изучение Шалгинского землетрясения позволило оценить реальную точность оценок локализации событий в этом районе, как по данным ЦСОССИ, так и Международного центра данных (Вена). Отмечено, что эллипсы ошибок с 90 % уровнем доверия не всегда адекватно характеризуют точность локализации. Как по оценкам REB, так и по решению ЦСОССИ эпицентр находится вне этих эллипсов. Однако требуемая точность для проведения работ по инспекции на местах (покрытие эпицентра площадью в 1000 км<sup>2</sup>) все-таки было обеспечено, хотя и на пределе. Повышение точности локализации событий в данном районе может быть достигнуто усовершенствованием скоростных моделей и внедрением их в практику обработки.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Строительство в сейсмических районах (СНиП РК В. 1.2-4.48). Комитет по жилищной и строительной политике Министерства энергетики, индустрии и торговли РК. Алматы, 1998, 39 с.
2. Сейсмическое районирование Республики Казахстан. Изд-во «Эверо». Алматы., 2000. 219 с.
3. Vernon F. Kyrgyzstan seismic telemetry network. IRIS Newslett. 1992, Vol. 11, № 1, p. 7-9.
4. Чу-Илийский рудный пояс. Научные руководители и редакторы: А. А. Абдулин, В. М. Волков, Г. Н. Щерба (главный редактор), в 3-х томах, Алма-Ата, 1980, «Наука».
5. Абдулин А. А. Геология Казахстана, Алма-Ата, 1981.
6. Абдулин А. А., Шлыгин А. Е., Жуков П. К. «Важнейшие черты геологии и металлогении Урало-Монгольского складчатого пояса», Алма-Ата, 1987.
7. Абдулин А. А., Паталаха Е. И. «Геодинамика земной коры Казахстана», Алма-Ата, 1980.
8. «Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых» в 10 томах Главный редактор Е. А. Козловский, Том 6 «Казахстан и Средняя Азия» под редакцией Н. П. Лаверова, С. П. Максимова, Н. П. Михайлова, Ленинград, «Недра», 1989. 3 книги: Книга 1 «Казахстанская складчатая область» под ред. Н. П. Михайлова, ВСЕГЕИ, Ленинград, Недра, 1989; Книга 2 «Складчатые системы Средней Азии» отв. Ред. Лаверов Н. П., САИГИМС, Ташкент, 1989. Книга 3 «Геологическое строение и закономерности размещения полезных ископаемых Средней Азии и Казахстана» отв. Ред. Максимов С. П., ВНИГНИ, Москва, 1989.
9. Щерба Г. Н. И другие. «Геотектоногены и рудные пояса», Алма-Ата, Наука, КазССР, 1970.
10. Геология СССР том XX, кн. 1,2 Москва, Недра, 1972.

**2001 Ж. 08. 22-ГІ ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАНДА ШАЛҒЫДАҒЫ ЖЕР СІЛКІНУІ**

**Н.Н. Михайлова, А.И. Неделков, И.Н. Соколова, Е.Н. Казаков, А.В. Беляшов**

*ҚР Ұлттық ядрлық орталығының Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов қ.*

Орталық Қазақстанда – сейсмкалық емес болып саналатын ауданда, 2001 ж. 08.22-гі болған жер сілкінудің зерделеу нәтижелері келтірілген. Ішкіндіктің құрал-сайманды және макросейсмикалық сипаттамалары, кейінгі дүмп каталогі келтірілген. Жер сілкінудің эпицентрлі облысының геоло-гия-тектоникалық саралама сипаттауы көрсетілген. Әр бір Деректер орталықтарымен бағаланған эпицентр координаттарының нақтылы дәлдігі туралы тұжырымдар жасалған.

**SHALGINSK EARTHQUAKE IN CENTRAL KAZAKHSTAN OF AUGUST 22, 2001**

**N. N. Mikhailova, A.I. Nedelkov, I.N. Sokolova, E. N. Kazakov, A.V. Belyashov**

*Institute of Geophysical Research, Kurchatov*

The results of study of earthquake, which occurred in Central Kazakhstan on August 22 2001 in the region which traditionally was considered to be aseismic, are presented in the paper. Instrumental and macroseismic hypocenter parameters and a catalog of aftershocks are given. Geological and tectonic description of the earthquake epicentral region is shown. The conclusions were made about the actual accuracy of epicenter coordinates estimates by different data processing centers.