

УДК 550.34

КАПЧАГАЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 1 МАЯ 2011 ГОДА

Михайлова Н.Н., Полешко Н.Н.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Рассмотрен вопрос параметризации основного толчка землетрясения 1 мая 2011 г. с магнитудой $m_b=5.6$. Изучены пространственные характеристики очага, механизм и тензор момента центра (СМТ), закономерности афтершоковой деятельности. С большой вероятностью установлена плоскость разрыва в очаге.

1 мая 2011 г. в 08 часов 31 минуту по местному времени жители г. Алматы ощутили землетрясение, интенсивность которого на территории города составила 4 – 5 баллов. Событие такой интенсивности последний раз на территории города отмечалось более трех лет назад. Особенностью землетрясения 1 мая 2011 г. явилось то, что после него в течение всего дня и последующей ночи неоднократно повторялись ощутимые толчки небольшой интенсивности. Так, уже через 34 минуты после первого толчка повторились колебания с интенсивностью 2 – 3 балла, через шесть часов – с интенсивностью 3 – 4 балла. К вечеру 1 мая 2011 г. колебания от землетрясений жители почувствовали не менее 6 раз. Сведения о регистрируемых толчках, аналитические обзоры о происходящем сейсмическом событии и его афтершоках в круглосуточном режиме оперативно предоставлялись на веб-сайте Центра данных РГП ИГИ (www.kncd.kz). Посещение веб-сайта жителями Алматы за эти сутки было рекордным и достигало десятков тысяч. Однако избежать паники в городе не удалось. К ночи многие люди с вещами вышли на улицу с намерением ночевать там в ожидании более сильного землетрясения. Только после полуночи, после выступления по телевидению представителей Министерства по чрезвычайным ситуациям и Института сейсмологии РК, удалось успокоить людей. Следует отметить, что землетрясению 1 мая 2011 г., несмотря на его небольшую силу по меркам глобальной сейсмологии, уделялось особое внимание и в мировых центрах данных, что объясняется его близостью к крупнейшему мегаполису Казахстана. Так, в Европейском средиземноморском Центре данных (EMSC) этому землетрясению был посвящен специальный отчет, представленный на веб-сайте www.emsc-csem.org. В настоящей статье приводится подробный отчет о землетрясении 01 мая 2011 г. по казахстанским данным (КНЦД – Ка-

захстанский национальный центр данных, СОМЭ – сейсмологическая опытно-методическая экспедиция) и материалам ряда зарубежных Центров обработки данных: EMSC, USGS (United States Geological Survey, США), ГС (Геофизическая служба) РАН.

Координаты гипоцентра и магнитуда землетрясения по разным источникам приведены в таблице 1.

Как следует из таблицы 1, различие в положении гипоцентра землетрясения по разным источникам не превышает 0.2° по широте, 0.07° по долготе и 3 км по глубине. По инструментальным данным РК гипоцентр землетрясения расположен (рисунок 1) южнее Капчагайского водохранилища в Алматинской впадине на глубине 22 км и приурочен к узлу пересечения разломов высших порядков, выделенных по результатам дешифрирования космоснимков. Один из разломов субпараллелен Капчагай-Чиликскому сдвигу, другой – имеет северо-восточное простирание.

Алматинская впадина является слабосейсмичной зоной, разделяющей Северо-Тянь-Шаньскую и Жонгарскую сейсмоактивные зоны Казахстана. Кристаллический фундамент каледонской консолидации перекрыт здесь толщами мезо-кайнозойских пород. По данным сейсмического районирования Казахстана [1] сейсмopotенциал ближайшей сейсмогенерирующей (Алтынэмельской) зоны на севере составляет 6.5. На юге, в Алматинской сейсмогенерирующей зоне, максимально сильными могут быть землетрясения с магнитудой 7.0. Основная масса слабых землетрясений, зарегистрированных ранее, приурочена к Алматинскому прогибу, небольшая их часть трассирует Капчагай-Чиликский разлом. Южнее этого разлома 23.08.1960 г. было зарегистрировано событие с $M_s=4$, которое до землетрясения 01.05.2011 г. являлось самым сильным в Алматинской впадине (рисунок 2).

Таблица 1. Характеристики Капчагайского землетрясения 1 мая 2011 года по инструментальным данным

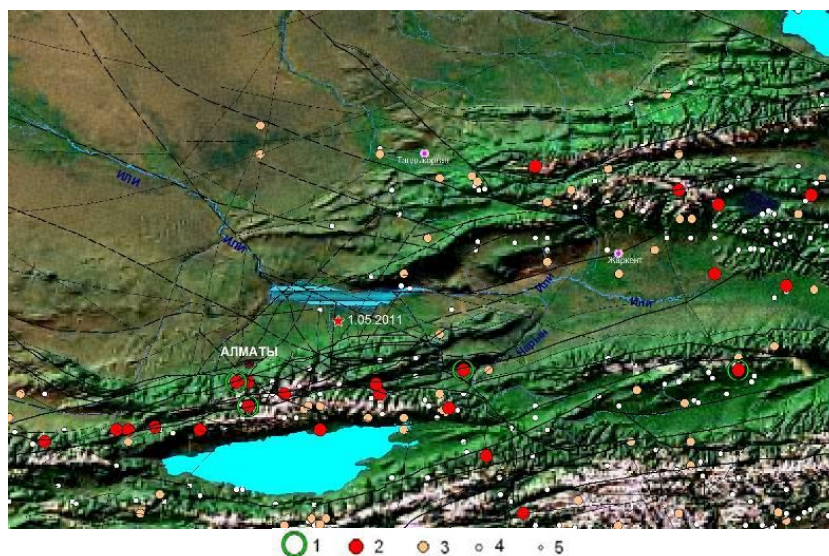
Источник	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	Время t_0 , ч:м:с	Магнитуда m_b	Глубина H , км
USGS(США)	43.543	77.737	2:31:29	5.4	20
EMSC(Франция)	43.63	77.76	2:31:29	5.4	23
ГС РАН (Россия)	43.75	77.69	2:31:28.3	5.1	20
РК (КНЦД+СОМЭ)	43.62	77.70	2:31:28.6	5.6	22

КАПЧАГАЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ
1 МАЯ 2011 ГОДА



(1 – 4) – эпицентры: 1- землетрясения 01.05.2011, 2 – афтершоков с $M \geq 4$, 3- афтершоков с $M < 4$; 4 – землетрясения 1960 г.; 5 – разлом

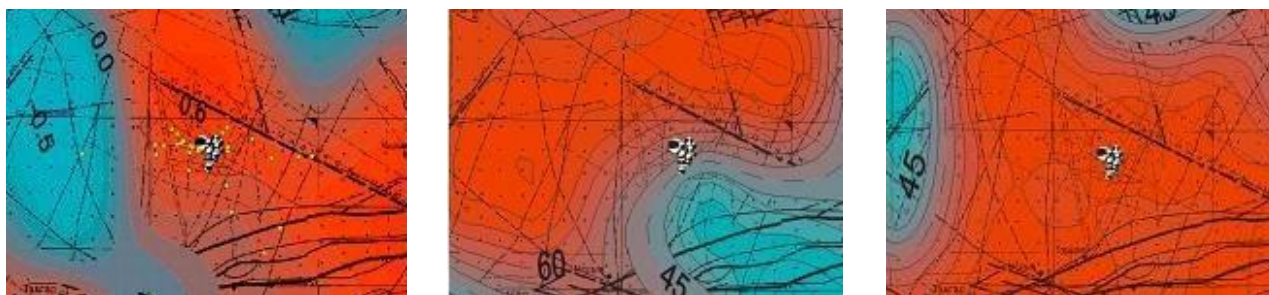
Рисунок 1. Эпицентры главного толчка Капчгайского землетрясения и его афтершоков, стереограммы механизма очага главного толчка, определенного по стандартной методике (МО) и СМТ (определение GFZ)



1 – катастрофические землетрясения с магнитудой $M_s \geq 7.1$; 2 – $M_s \geq 6$; 3 – $M_s \geq 5$; 4 – $M_s \geq 4$; 5 – $M_s \geq 3$,
звездочка – эпицентр землетрясения 1.05.2011 г.

Рисунок 2. Схема расположения эпицентров землетрясений в Северном Тянь-Шане и Джунгарии за весь исторический период

**КАПЧАГАЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ
1 МАЯ 2011 ГОДА**



а – коэффициент Лодде-Надаи

б – угол погружения оси максимального удлинения

в – угол погружения оси максимального укорочения

Рисунок 3. Характер сейсмоструктурного деформирования за два года до Капчагайского землетрясения и стереограммы фокальных механизмов главного толчка и наиболее сильных афтершоков на схеме разломов (желтые точки – слабые афтершоки)

Таблица 2. Параметры механизма очага Капчагайского землетрясения по данным регионального и СМТ (GFZ) каталогов

№	Каталог	AzP	eP	AzT	eT	AzN	eN	STR1	DIP1	SLIP1	STR2	DIP2	SLIP2	N
1	МО (КНЦД)	182	14	118	61	85	25	122	38	135	252	64	62	51
2	СМТ(GFZ)	175	15	121	65	79	19	110	34	125	249	63	69	12

На рассматриваемой территории Капчагай-Чиликский разлом относится к наиболее крупным (трансрегиональным) сдвигам, он протягивается от хребтов Кокшаал-Тау под кайнозойские отложения Южно-Прибалхашской впадины. Простираение разлома СЗ 300° – 305°, падение плоскости разлома крутое, почти вертикальное. По существующим представлениям вдоль субтрансформных сдвигов в результате субмеридионального сжатия происходит движение литопластин верхней части земной коры в виде конвейера и образование асимметричных (вергентных) чешуйчато-надвиговых складчато-глыбовых морфоструктур. Капчагай-Чиликский сдвиг является границей между Жонгаро-Кетменской и Кунгей-Заилийской разнонаправленными системами морфоструктур. В первой из них движение деформируемых блоков земной коры происходит в юго-восточном направлении, во второй – в северо-западном направлении [1]. Фоновое сейсмоструктурное деформирование (СТД) в рассматриваемом районе Алматинской впадины характеризуется условиями одноосного горизонтального укорочения и вертикального удлинения [2]. С 2007 г. наблюдалось противофазное изменение параметров СТД в соседних ячейках указанного района, и уже в 2009 г. сформировались участки с контрастными параметрами сейсмоструктурного деформирования, вблизи границ которых 1 мая 2011 г. реализовалось землетрясение. На рисунке 3 показано распределение по площади параметров СТД: коэффициента Лодде-Надаи (а), характеризующего тип деформирования, и углов погружения (с горизонталью) осей максимального удлинения (б) и укорочения (с). Фоновый характер деформирования – одноосное горизонтальное укорочение при вертикальном максимальном удлинении – сохранился юго-восточнее очага.

Севернее очага деформирование среды одноосным укорочением происходило при горизонтальном максимальном удлинении в субширотном направлении. К западу и северо-востоку от очаговой зоны сформировался контрастный тип деформирования – одноосное горизонтальное удлинение, причем ориентация максимального укорочения изменяется на близвертикальную. Как известно, рассогласованность параметров СТД в соседних точках области компенсируется дополнительными внутренними упругими деформациями и напряжениями и может инициировать разрушение [3, 4], что и произошло вблизи границ контрастно деформированных зон в Алматинской впадине 1.05.2011 г.

Фокальный механизм главного толчка получен двумя методами: по методу тензора центроида сейсмического момента (СМТ) с использованием данных 12 станций в Центре геофизических исследований (GFZ) ФРГ и по первым смещениям Р-волн, зарегистрированных сейсмическими сетями РК (ИГИ и СОМЭ), KNET, CAREMON. О надежности решения фокального механизма по первым вступлениям объемных волн свидетельствует использование 51 равномерно распределенных знаков, согласованность которых составила 98%, а вариации параметров не превысили 1 – 2°. Параметры фокального механизма, определенные по двум методам: МО – и СМТ – приведены в таблице 2, а стереограммы показаны на карте эпицентров главного толчка и его афтершоков (рисунок 1).

Видно, что решения по двум методам хорошо согласуются, максимальная разница в значениях параметров не превышает 12°. По результатам решения механизма очага землетрясение реализовалось под действием системы напряжений, характеризуемой близгоризонтальной и субмеридиональной ориента-

цией оси напряжения сжатия, и субширотной, круто погружающейся оси напряжения растяжения. Одна из нодальных плоскостей имеет северо-восточное простирание (STR2) и крутое падение (64°) в северо-западном направлении, подвижка по этой плоскости характеризуется взбросом. Другая плоскость северо-западного простирания (STR1) полого падает на юго-запад. Висячее юго-западное крыло смещено по простиранию этой плоскости в северо-западном направлении и вверх. Подобие решений по стандартной методике и по методу СМТ, отражающих, соответственно, первое движение по разрыву и характер разрыва в главной фазе, свидетельствует, что характер подвижки и ориентация разрыва при его развитии не изменяется. Найденная ориентация разрывов в очаге согласуется с направлением разломов высшего порядка, к пересечению которых приурочен эпицентр землетрясения. В результате подвижки по одному из них и произошло снятие возникших в блоке напряжений.

Для установления истинного направления разрыва протяженного очага применена методика Горбуновой И.В. [5], основанная на построении и анализе азимутального годографа. Годограф построен с использованием материалов станций СОМЭ. По вертикальной шкале приведены значения $\delta t = (t_{p_{\max}} - t_{p_1})$, где $t_{p_{\max}}$ – время наступления максимума в цуге Р-волн, t_{p_1} – время первого вступления Р-волны (рисунок 4).

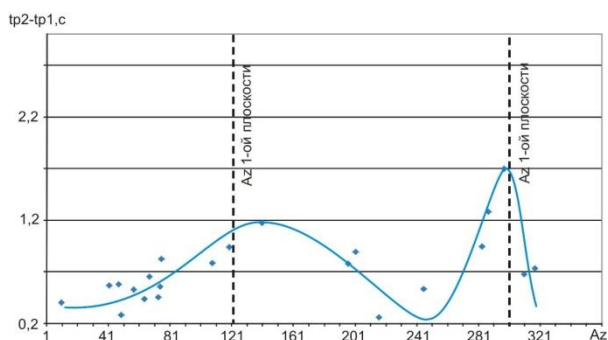


Рисунок 4. Азимутальный годограф для землетрясения 1.05.2011 г.

Из рисунка 4 видно, что годограф имеет два четко выраженных максимума, разнесенных на $\approx 180^\circ$, что характерно для двунаправленного разрыва. Однако, на основании того, что максимумы годографа выражены слабо, можно предположить, что распространение разрыва происходило как по простиранию плоскости в обе стороны, так и по падению плоскости. Сопоставление с механизмом очага показывает соответствие максимумов азимутам простирания первой нодальной плоскости (на рисунке 4 – пунктирные линии). Из такого вида азимутального годографа следует, что ориентация плоскости разрыва близка к 301° (121°), вдоль этой плоскости разрыв распространялся как в северо-западном, так

и юго-восточном направлении и вверх по падению плоскости.

Главное событие предварял слабый форшок с $K=5.8$, зарегистрированный за 2.5 часа. После землетрясения последовала серия афтершоков, аномально высокая как по общему числу повторных толчков для такого сравнительно несильного главного толчка, так и по количеству относительно сильных афтершоков с $K \geq 9$. Всего в каталог и сейсмологические бюллетени включено более 200 афтершоков этого землетрясения, большая часть из которых была зарегистрирована в первые 10 дней. Распределение афтершоков по энергии и во времени характеризует рисунок 5: тринадцать наиболее сильных толчков с $K \geq 9$ произошли в первые 4 дня. Через месяц, 2 июня, был зарегистрирован еще один афтершок с $K=9$.

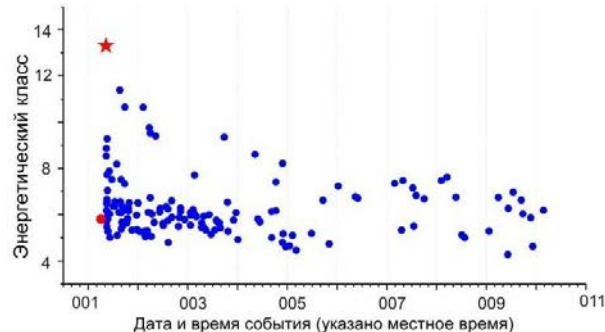
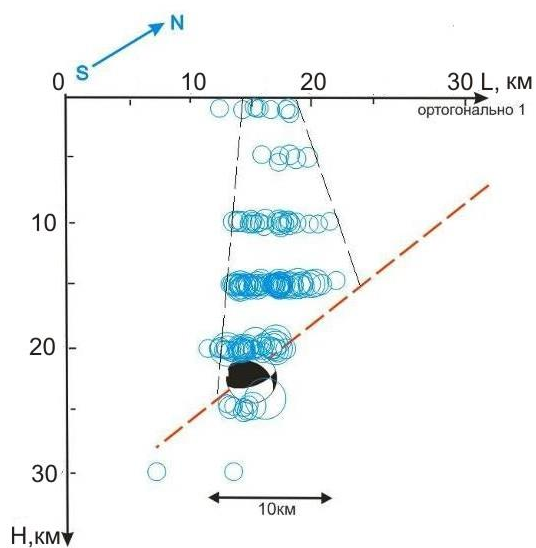


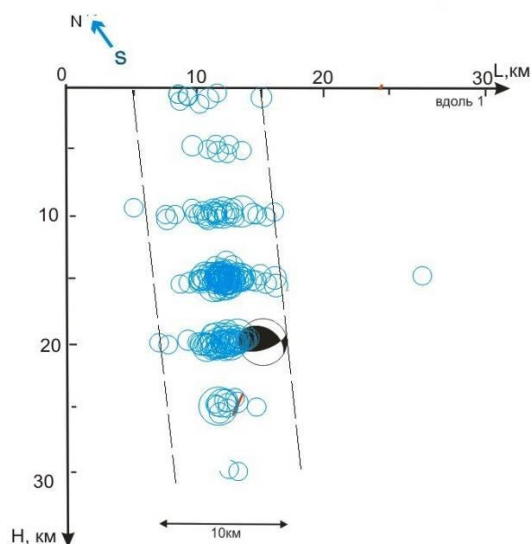
Рисунок 5. Затухание афтершоковой деятельности в очаге Капчагайского землетрясения

Афтершоковая активизация происходила в компактном объеме геологической среды изометричной формы, ограниченном со всех сторон разломами высокого порядка – субпараллельными и секущими Капчагай-Чиликский сдвиг. Все наиболее сильные повторные толчки с $K \geq 9$ сконцентрированы в области еще меньших размеров (рисунок 1). Линейные размеры основного облака афтершоков в плане составляют $10 \text{ км} \times 10 \text{ км}$. Примерно в 10 км западнее основной афтершоковой области, в равновеликом блоке, расположен эпицентр землетрясения 1960 г. Следует отметить приуроченность очага этого землетрясения, как и очага землетрясения 2011 г., к узлу пересечения разрывов, ориентированных субпараллельно и вкрест Капчагай-Чиликскому сдвигу.

Известно, что только по положению облака афтершоков в плане нельзя делать выводы о направлении и размерах разрыва в главном толчке. Необходимо проанализировать объемную модель очага в земной коре. Поэтому было рассмотрено распределение проекций гипоцентров афтершоков на вертикальные плоскости, ориентированные по простиранию и ортогонально первой и второй нодальным плоскостям главного толчка (рисунок 6).



а – ортогональная плоскость



б – простираение первой нодальной плоскости

Рисунок 6. Облака афтершоков по глубинным разрезам, ориентированным ортогонально и по простираению первой нодальной плоскости главного толчка землетрясения 1 мая 2011 г.

Анализ глубинного распределения афтершоков показал, что большинство гипоцентров распределено в земной коре на глубине 20 – 10 км, а наиболее сильные толчки – на глубине не менее 15 км. Выше отметки 10 км зафиксированы только единичные очаги. Наилучшим образом распределению афтершоков в разрезе соответствует ориентация первой нодальной плоскости главного толчка (STR1). Все афтершоки расположены в южном висячем крыле первой нодальной плоскости (рисунок 6а), глубины их гипоцентров уменьшаются вдоль пологой плоскости с удалением от главного толчка на север. Выше глубины 15 км распределение гипоцентров изменяется, они выстраиваются вдоль крутой плоско-

сти, составляющей клинообразную структуру с плоскостью 1 главного толчка. Такой же крутой плоскостью ограничено распределение афтершоков к югу от очага. Полученное распределение афтершоков на разрезе, ортогональном простираению первой нодальной плоскости, позволяет предположить, что имеющиеся в этой зоне тектонические разрывы, субпараллельные Капчагай-Чиликскому сдвигу, круто падают в противоположные стороны и являются естественным ограничением очага с юга и севера. Вдоль простираения плоскости 1 (рисунок 6-б) распределение афтершоков с востока и запада ограничено крутыми плоскостями, которые в плане соответствуют разрывам, ориентированным вкост Капчагай-Чиликскому сдвигу. Геометрические размеры очага, оцененные по вертикальным разрезам распределения афтершоков (рисунок 6), составляют: 20 км × 10 км × 10 км. Такие размеры очага по существующим зависимостям [6], связывающим размеры очага с магнитудой, соответствуют $M=5$ и фиксированы размерами блока между разломами высокого порядка. Одинаковые вертикальные и горизонтальные размеры очага свидетельствуют об одинаковом развитии разрыва по падению плоскости вверх и по ее простираению, что подтверждает сделанные выше выводы.

Для 14 наиболее сильных афтершоков найдены решения фокальных механизмов. Анализ простираения нодальных плоскостей (рисунок 7) и характера подвижек показал подобие их главному толчку.

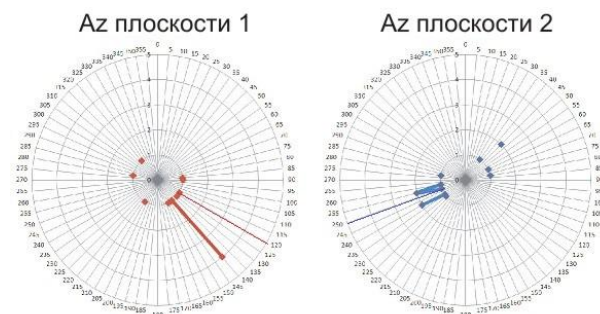


Рисунок 7. Диаграммы распределения азимутов простираения нодальных плоскостей афтершоков Капчагайского землетрясения 01.05.2011 г.

Вероятно, повторные толчки, как и главное событие, генетически связаны с имеющимися в очаговой зоне разломами, субпараллельными Капчагай-Чиликскому сдвигу, либо с секущими его разрывами. Очаги пяти афтершоков, как и главного толчка, реализовались в условиях регионального поля напряжений, характеризующегося горизонтальным сжатием в субмеридиональном направлении и вертикальным растяжением. Восемь афтершоков, в том числе июньский с $K=9$, произошли под действием близгоризонтально ориентированных осей напряжений сжатия и растяжения, чем обусловлены сдвиговые подвижки по простираению обеих плоскостей.

**КАПЧАГАЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ
1 МАЯ 2011 ГОДА**

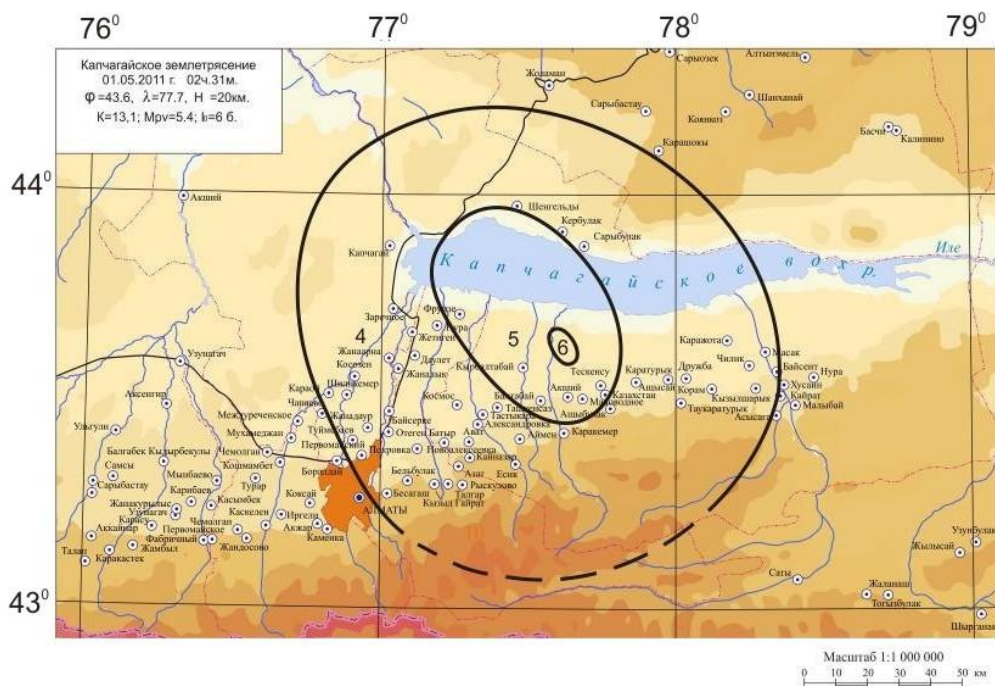


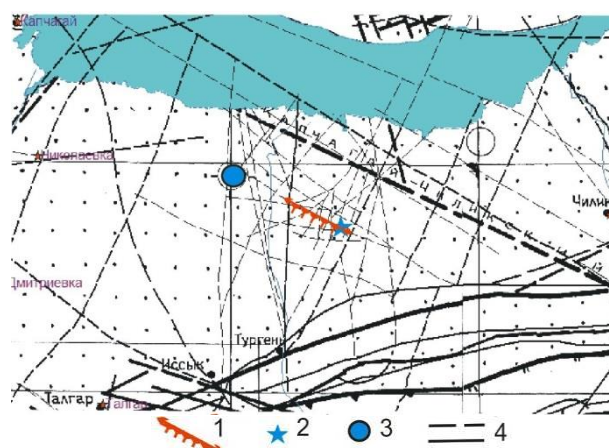
Рисунок 8. Изосейсты землетрясения 01.05.2011 г. [7]

Такой характер напряжений, снимаемых в вторичных толчках, соответствует ситуации различных типов сеймотектонического деформирования к северу и к югу от очага, сформировавшейся перед землетрясением (рисунок 4). Только один афтершок, со сбросовым типом механизма, реализовался, видимо, под действием вторичных напряжений. Полученные результаты анализа инструментальных наблюдений не противоречат данным макросейсмического обследования, проведенного сотрудниками СОМЭ и НПК «ПРОГНОЗ» [7]. Изосейсты этого события показаны на рисунке 8. Область шестибалльных сотрясений, небольшая по размеру, слегка вытянута, как и пятибалльная область, в северо-восточном направлении по азимуту (319 – 322°), близкому к простиранию 1-ой плоскости разрыва.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ РАЗРЫВА В ОЧАГЕ КАПЧАГАЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Анализ совокупности разнородных сейсмологических материалов позволяет сделать вывод, что землетрясение 01.05.2011 г. произошло под действием регионального близгоризонтального напряжения сжатия в субмеридиональном направлении, в ослабленной среде с контрастными параметрами сеймотектонического деформирования. Предлагаемая интерпретация процесса в очаге Капчagaiского землетрясения отражена на рисунке 9 (надо иметь в виду, что разрыв, показанный на рисунке, находится на глубине 20 км). Очаг главного толчка и облако афтершоков располагались в блоке между разломом высокого порядка, ориентированными субпараллельно и вкрест простирания Капчagai-Чилик сдвига, и генетически связаны с этими разломами.

Геометрические размеры очага ограничены размерами: $L \approx 10$ км, $W \approx 10$ км, $H = 20$ км, что достаточно хорошо согласуется с магнитудой землетрясения. По пологому разрыву северо-западного простирания (STR1) произошло смещение южного крыла вверх и на северо-запад. Вспарывание разрыва, вероятнее всего, развивалось одновременно по падению плоскости вверх и в обе стороны по ее простиранию. На всем протяжении разрыва сохраняется ориентация смещений, зафиксированная в начальной стадии. Вся афтершоковая активизация сосредоточена в висячем юго-восточном крыле разрыва.



1 – пологий взбросо-сдвиг на глубине 20 км, генерировавший землетрясение (стрелки показывают направление разрыва в горизонтальной плоскости, зубцы – падение разрыва); 2 – эпицентр землетрясения 2011 г.; 3 – эпицентр землетрясения 1960 г.; 4 – линии разломов

Рисунок 9. К интерпретации очага Капчagaiского землетрясения 01.05.2011 г.

В процессе афтершоковой деятельности снимались напряжения, сформировавшиеся в очаговой зоне перед землетрясением. Релаксация напряжений происходила в результате взбросо-сдвиговых и сдвиговых подвижек по плоскостям либо северо-восточного, либо северо-западного направления, согласующегося с простиранием имеющихся в зоне разломов высокого порядка, преимущественно на глубине $H > 10$ км. Следует отметить, что рассматриваемая зона Алматинской впадины расчленена разломами высокого порядка на примерно равновеликие блоки, что хорошо видно из рисунка 9.

В дизъюнктивных узлах двух таких блоков произошли землетрясения 1960 и 2011 гг. с $M=4 - 5$. В условиях следующей активизации подобные блоки вдоль Капчагай-Чиликского сдвига можно рассматривать как места будущих землетрясений с аналогичными геометрическими размерами и $M \approx 5$.

ПАРАМЕТРЫ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Для анализа использованы записи ускорений колебаний грунта в двух пунктах: на станции KNDC в г. Алматы (главного толчка и девяти афтершоков) и на станции Подгорная (главного толчка). Станция KNDC находилась на расстоянии 79 км от эпицентра, станция Подгорная – 153 км. Оценены характеристики записей и соответствующих им спектров реакции. На рисунке 10 приведены акселерограммы землетрясения 1 мая в 02^h31^m, зарегистрированные станцией KNDC, а на рисунке 11 – станцией Подгорная (PDGN).

При главном толчке пиковые ускорения грунта в

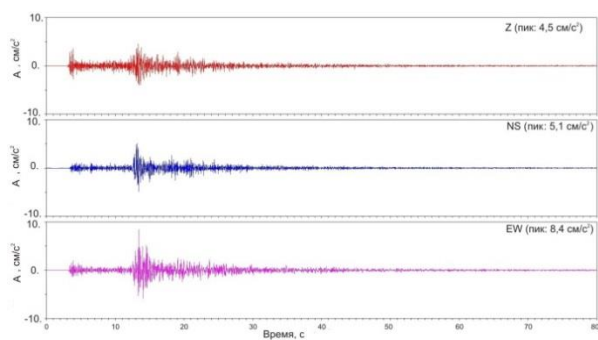


Рисунок 10. Акселерограммы главного толчка. Станция KNDC

пункте KNDC составили 8.4 см/с^2 . По шкале интенсивности землетрясений MSK-64 (K) [8] такие значения характеризуют интенсивность 4 балла. Станция KNDC расположена в южной части города. Сильнее это землетрясение ощущалось в северной части г. Алматы, где интенсивность могла достигать 5 баллов. Как следует из значений амплитуд, приведенных в таблице 3, афтершок в 20^h29^m 1 мая 2011 г. имел такие же амплитуды ускорений, как и при главном толчке – на уровне 8 см/с^2 .

Однако магнитуда этого афтершока была намного меньше, чем у главного толчка ($m_p v=4.25$ против $m_p v=5.34$). На самом деле, при этом афтершоке высоких значений достигла амплитуда только одного колебания (рисунок 12), чем и объясняется его меньшая интенсивность по сравнению с главным толчком.

По каждой акселерограмме были построены спектры реакций, позволившие оценить преобладающие периоды колебаний при землетрясении и его афтершоках. На рисунке 13 представлены результаты обработки акселерограмм главного толчка с использованием программы View Wave (автор Т. Кашима). Спектры реакции строились для наиболее интенсивной части акселерограммы, включающей S-волну. Максимальные воздействия при горизонтальных колебаниях были достаточно высокочастотны. Преобладающие периоды составляют 0.13 с. На вертикальной компоненте отмечаются несколько большие периоды колебаний – 0.22 с. Максимальные ускорения спектров реакции достигают значений 25 см/с^2 .

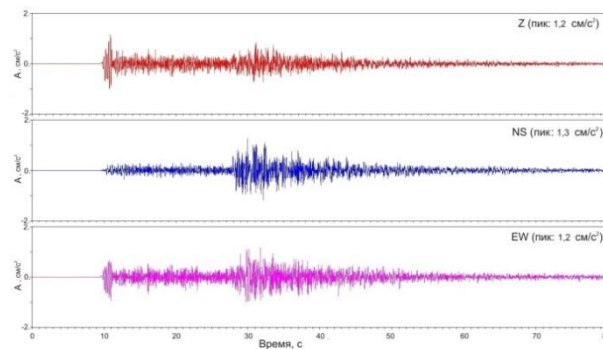


Рисунок 11. Акселерограммы главного толчка. Станция PDGN

Таблица 3. Параметры сильных движений (максимальные амплитуды ускорений)

Дата	Время, ч. м.	KNDC			PDGN		
		$A_N, \text{ см/с}^2$	$A_E, \text{ см/с}^2$	$A_Z, \text{ см/с}^2$	$A_N, \text{ см/с}^2$	$A_E, \text{ см/с}^2$	$A_Z, \text{ см/с}^2$
1.05.2011	02-31	5,1	8,4	4,5	1,3	1,2	1,2
1.05.2011	03-05	0,6	0,3	0,2			
1.05.2011	09-13	2,2	2,1	1,3			
1.05.2011	11-37	3,7	1,8	1,1			
1.05.2011	20-29	8,7	8,7	1,6			
1.05.2011 (двойной толчок)	23-27	1,4	1,0	0,3			
1.05.2011	23-52	1,3	1,2	0,3			
2.05.2011	02-31	1,1	0,7	0,3			

**КАПЧАГАЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ
1 МАЯ 2011 ГОДА**

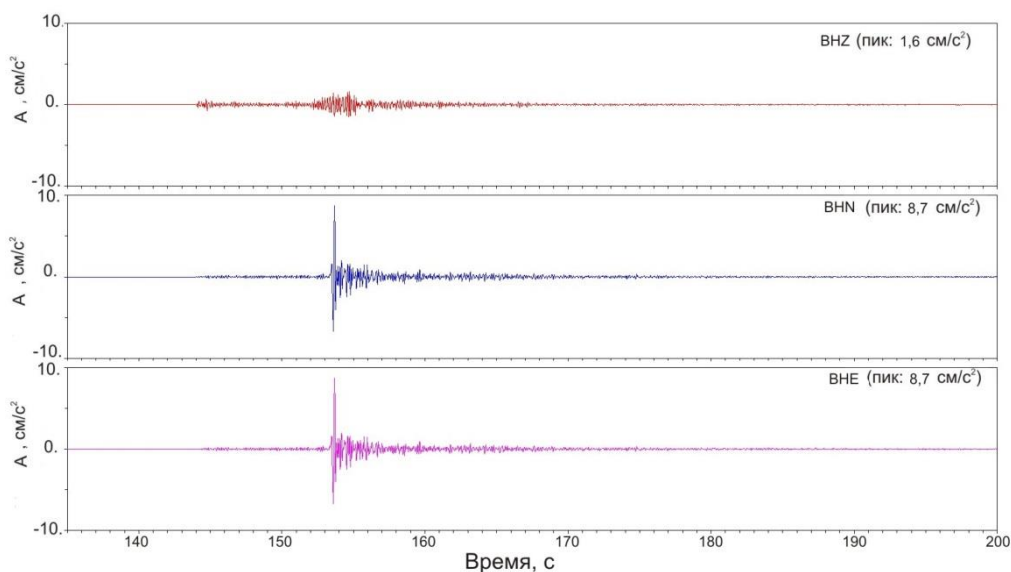
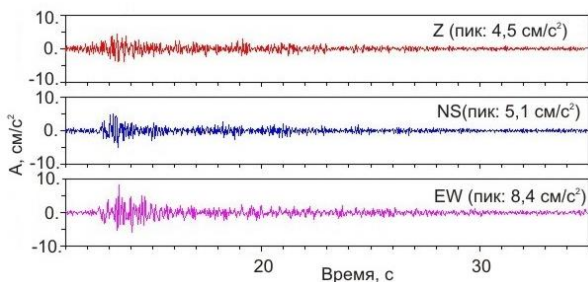
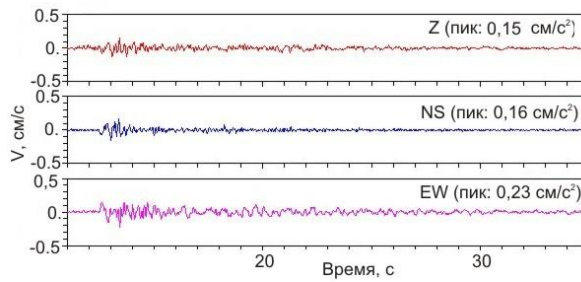


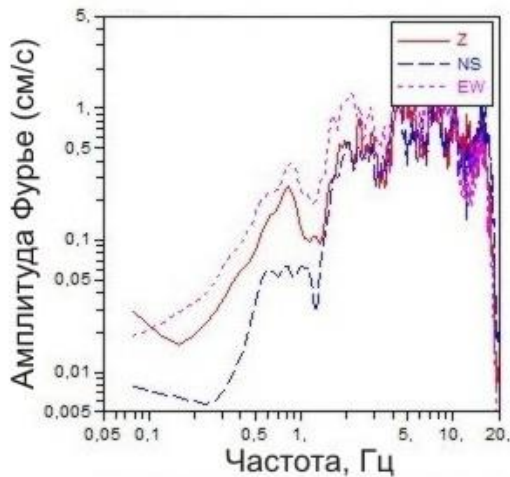
Рисунок 12. Акселерограммы афтершока землетрясения 1 мая 2011 г. в 20^h 29^m



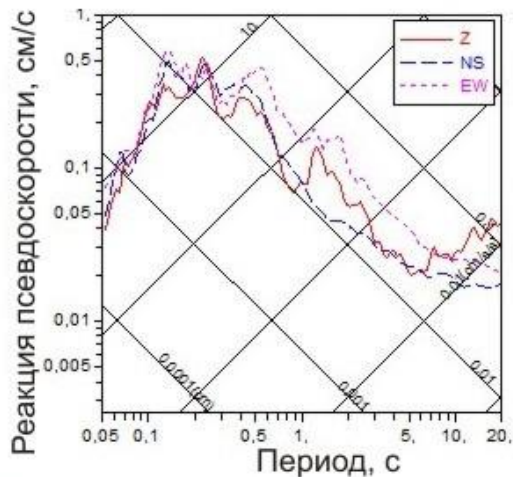
а – записи ускорений S-волн некорректированные



б – расчетные трассы скоростей колебаний грунта



в – спектр Фурье (время: 11-35 с)



г – спектры реакции ($h=5\%$)

Рисунок 13. Результаты обработки акселерограмм главного толчка по записям станции KNDC

Выводы

Капчагайское землетрясение реализовалось под действием регионального напряжения сжатия в субмеридиональном направлении вблизи границ зон с контрастными параметрами сеймотектонического деформирования.

Гипоцентры главного и повторных толчков располагались в блоке между разломами высокого порядка, ориентированными субпараллельно и вкрест простираения Капчагай-Чиликского сдвига и генетически с ними связаны. Геометрические размеры очаговой зоны ограничены размерами блока и соответ-