

УДК 550.344

ОЧАГ И АФТЕРШОКОВАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 28.01.2013 г. НА СЕВЕРНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ

Рябенко П.В., Узбеков Р.Б.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Приведены результаты параметризации основного толчка землетрясения в Северном Тянь-Шане, произошедшего 28 января 2013 г. с магнитудой $m_b=6.6$. Определено пространственное положение очага, геолого-тектонические особенности района, механизм и тензор момента (СМТ), закономерности афтершоковой деятельности, проведено сравнение параметров основного толчка, полученных различными сейсмологическими центрами. Для афтершоковой последовательности проведена перелокализация гипоцентров с использованием метода двойных разностей. По результатам расчета изучена закономерность пространственного распределения афтершоков.

ВВЕДЕНИЕ

Самым сильным землетрясением 2013 г. на территории Казахстана было, землетрясение в Алматинской области 28 января 2013 года в 22 часа 38 минут по времени Астаны (28 января в 16 часов 38 минут по Гринвичу). Интенсивность сотрясений в г. Алматы составила 4–5 баллов. Эпицентр землетрясения находился в 230 км к востоку от г. Алматы близ населенного пункта Нарынкол. После землетрясения 28 января в течение суток регистрировались повторные ощутимые толчки. На веб-сайте Центра данных РГП ИГИ www.kndc.kz в круглосуточном режиме оперативно представлялись сведения о регистрируемых толчках.

По данным агентства «Синьхуа» в результате этого землетрясения 28.01.2013, на северо-западе КНР в приграничном Синьцзян-Уйгурском автономном районе имеются пострадавшие и разрушения. Наиболее значительные разрушения отмечены в Или-Казахской автономной области и округе Аксу СУАР КНР: повреждены 5681 жилых домов, пострадали 20421 человек, полностью разрушены 216 квартир в 78 жилых домах. В уезде Чжаосу, согласно данным властей Синьцзяна, повреждены 4062 жилых дома, пострадало 14217 человек, эвакуировано 379 человек из 93 жилых зданий.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Сведения об основных параметрах землетрясения по разным источникам приведены в таблице 1.

Виден важный вклад данных станций ИГИ РК в определении параметров землетрясения всех мировых Центров. На рисунке 1 показано положение эпицентра в плане по всем имеющимся данным. Из рисунка и табличных данных видно, что различие в положении гипоцентра по разным источникам не значительно: оно не превышает $0,11^\circ$ и $0,13^\circ$ по широте и долготе соответственно и 5 км по глубине. Вариации в значениях магнитуды m_b составляют 1,2.

На рисунке 2 приведено положение эпицентра рассматриваемого землетрясения по инструментальным данным сетей Казахстана на карте тектонических разломов, уточненных А.Е. Великановым по данным дешифрирования космоснимков. Исследуемый район землетрясения характеризуется сложной тектонической обстановкой. Здесь преобладают региональные тектонические разломы северо-восточного простирания, ограничивающие горные цепи Северного Тянь-Шаня. Наблюдаются также тектонические разломы северо-западного и субмеридионального направления. Как видно из рисунка, очаг землетрясения расположен в восточном крыле регионального Капчагай-Чиликского сдвига, простирающегося в северо-западном направлении ($300^\circ-305^\circ$) от хребтов Кокшаал-Тау в платформенные зоны. Гипоцентр находится на глубине 10–15 км, южнее Баянкольского разлома северо-восточного простирания, здесь выходят на поверхность породы палеозойского фундамента. По данным сейсмического районирования Казахстана, в этой зоне Тянь-Шаня возможны землетрясения с максимальной магнитудой $M \leq 7,5$ [3].

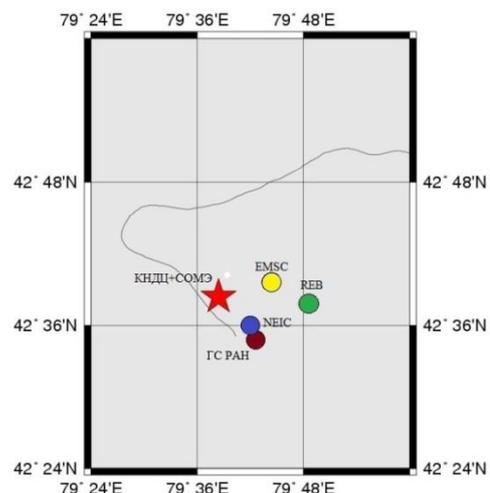
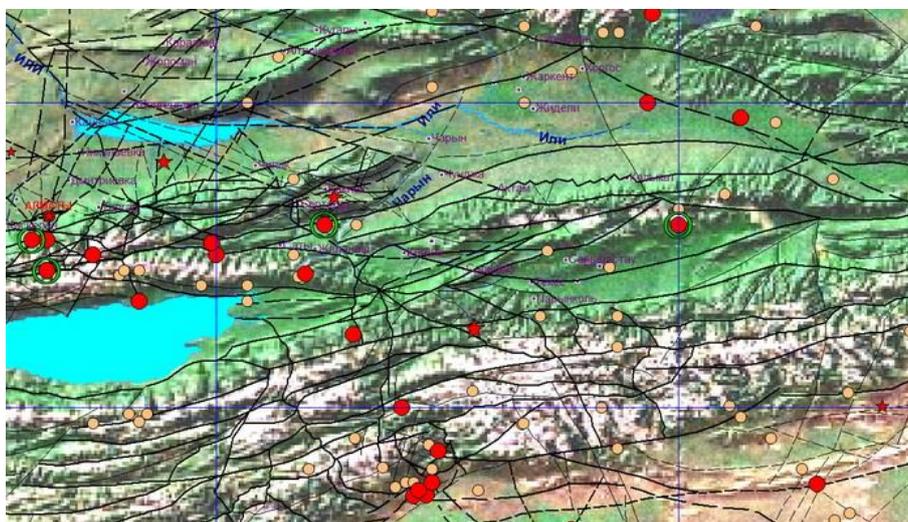


Рисунок 1. Карта эпицентров землетрясения по данным сети РК и международных центров

**ОЧАГ И АФТЕРШОКОВАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 28.01.2013 г.
НА СЕВЕРНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ**

*Таблица 1. Инструментальные характеристики землетрясения 28.01.2013 г.
по данным разных международных центров*

Источник	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	to, ч : м : с	mb	Mw	Н, км	Станции ИГИ РК, участвующие в решении
EMSC (Франция)	42.63	79.81	16:38:53		6.1	10	AAK, PDG, TKM MAKZ, ABKAR, MNAS KKAR, OTUK, KURK, BVAR, MKAR
REV (СВТО)	42.55	79.71	16:38:55	5.4		12	AAK, PDG, TKM MAKZ, ABKAR, MNAS KKAR, OTUK, KURK, BVAR, MKAR
ГС РАН (Россия)	42.66	79.74	16:38:51	6.1		10	AAK, PDG, TKM MAKZ, ABKAR, MNAS KKAR, OTUK, KURK, BVAR, MKAR
NEIC (США)	42.60	79.70	16:38:53		6.1	15	AAK, PDG, TKM MAKZ, ABKAR, MNAS KKAR, OTUK, KURK, BVAR, MKAR
КНЦД+СОМЭ(РК)	42.52	79.67	16:38:52	6.6		10	AAK, PDG, TKM MAKZ, ABKAR, MNAS KKAR, OTUK, KURK, BVAR, MKAR



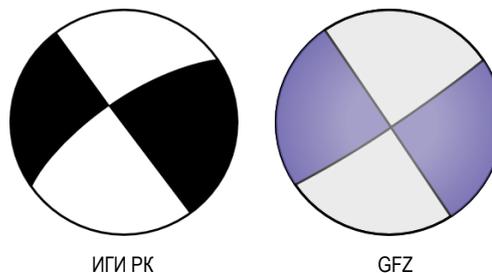
○ – катастрофические землетрясения с магнитудой $M_s \geq 7$; ● – $M_s \geq 6$; ● – $M_s \geq 5$;
★ – эпицентры землетрясений последних лет

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

Проведенный анализ имеющихся каталогов землетрясений показывает, что с исторических времен до настоящего времени в радиусе около 1° от эпицентра не было зарегистрировано ни одного сейсмического события с $M \geq 6$, а очаги с $M \geq 5$ находятся на расстоянии около 0.5° (рисунок 2).

Фокальный механизм главного толчка получен двумя методами: по методу тензора центраида сейсмического момента (СМТ) в Центре Геофизических исследований (GFZ) ФРГ и по первым знакам вступлений Р- волн, зарегистрированных сейсмическими сетями РК (ИГИ и СОМЭ), KNET, CAREMON, международных сетей IRIS, полученный Полешко Н.Н. О надежности решения фокального механизма по первым вступлениям объемных волн свидетельствует использование 43 равномерно распределенных знаков, согласованность которых составила 100%, а

вариации определяемых параметров не превышали $1-2^\circ$. Стереогаммы фокального механизма, полученного по данным двух методов, приведены на рисунке 3.



*Рисунок 3. Решение механизма очага
по данным ИГИ РК и GFZ*

Видно, что решения по двум методам хорошо согласуются между собой, максимальная разница в значениях параметров не превышает 5° . Поскольку решения по первым вступлениям объемных сейсмических волн характеризуют первое движение по разрыву, а решение СМТ относится к главной фазе разрыва, то согласованность этих двух решений свидетельствует о том, что разрыв в очаге землетрясения был простым скольжением по плоскости под действием двойной пары сил [4]. По данным механизма очага следует, что в очаге землетрясения произошел горизонтальный сдвиг по близвертикальной плоскости. Одна из возможных плоскостей разрыва имеет северо-восточное направление, она хорошо согласуется с ориентацией Боянкольского разлома. Другая возможная плоскость разрыва простирается в северо-западном направлении, субпараллельном Капчагай-Чиликскому сдвигу. Оси главных напряжений сжатия и растяжения, снимаемых в очаге, близгоризонтальны, ось напряжения сжатия ориентирована субмеридионально, ось напряжения растяжения – субширотно. Такая ориентация напряжений соответствует системе напряжений, действующих в данном регионе [5].

Решение фокального механизма дает два варианта ориентации разрыва, чтобы выбрать наиболее вероятную плоскость разрыва необходимо привлекать другие независимые данные. Анализ имеющейся сети тектонических разломов показывает, что обе nodальные плоскости в решении механизма, а также характер подвижки по ним, находят ясное структурное объяснение и соответствуют крутым сдвигам, субпараллельным либо северо-западной ориентации Капчагай-Чиликского сдвига, либо северо-восточному простиранию Боянкольского разлома. Поэтому использование сведений о тектонике района не позволяет установить истинную плоскость разрыва.

ИССЛЕДОВАНИЕ АФТЕРШОКОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Другим способом выявить наиболее вероятную действующую плоскость является изучение пространственного положения облака афтершоков, которое может дать представление об объемной модели очага в земной коре [6]. Афтершоковая активизация после главного толчка проявлялась в очень компактной области с радиусом 12 км (рисунок 4). Из положения афтершоков в плане видно равномерное распределение их эпицентров в восточном и западном направлениях от главного толчка, и некоторая вытянутость в северном направлении. Все облако афтершоков расположено в тектоническом блоке ограниченном двумя субпараллельными разломами северо-западного простирания и двумя разломами северо-западного простирания.

Всего в течении месяца после главного толчка в каталог и сейсмологические бюллетени включено более 900 афтершоков этого землетрясения, большая часть из которых была зарегистрирована в первые 3 дня. Распределение афтершоков по энергиям и во времени характеризует рисунок 5: большинство наиболее сильных толчков с $M \geq 4$, в том числе с $M=5$, произошли в первые 2 дня. Через 20 дней, 19 февраля, был зарегистрирован еще один афтершок с $M=5$, положение эпицентра которого практически совпало с положением главного толчка.

Для того, чтобы получить более точное положение афтершоков в пространстве был применен метод двойных разностей, реализованный в программе huroDD [1, 2], позволяющий минимизировать ошибки определения гипоцентров афтершоковой последовательности. По уточненным данным с использованием программы “zmap (matlab)” построена трехмерная модель очага (рисунок 6), которая позволяет изучить закономерность пространственного распределения афтершоков. Из рисунка видно, что положение гипоцентров по долготе и широте после перелocalизации стало более компактным, однако в целом не изменилось. Вся афтершоковая активизация происходила в компактном объеме геологической среды практически изометричной формы, со всех сторон ограниченном разломами. Линейные размеры основного облака афтершоков в плане составляют 10×15 км.

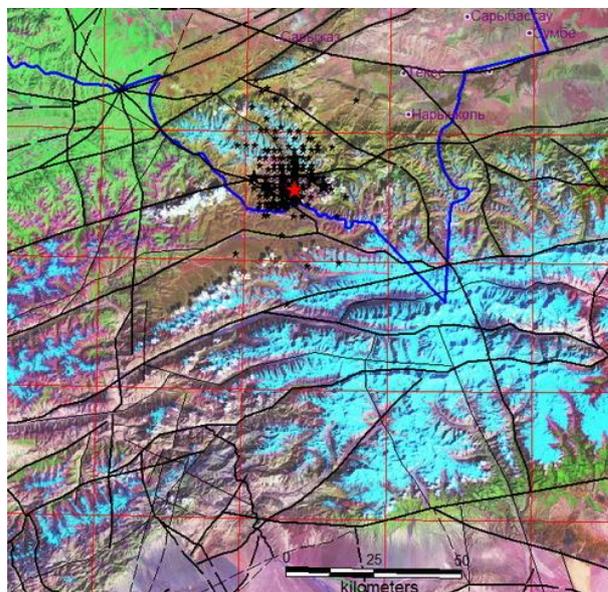


Рисунок 4. Эпицентры главного толчка землетрясения и его афтершоков и тектонические разломы Северного Тянь-Шаня на основе космоснимка

ОЧАГ И АФТЕРШОКОВАЯ АКТИВНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 28.01.2013 г.
НА СЕВЕРНОМ ТЯНЬ-ШАНЕ

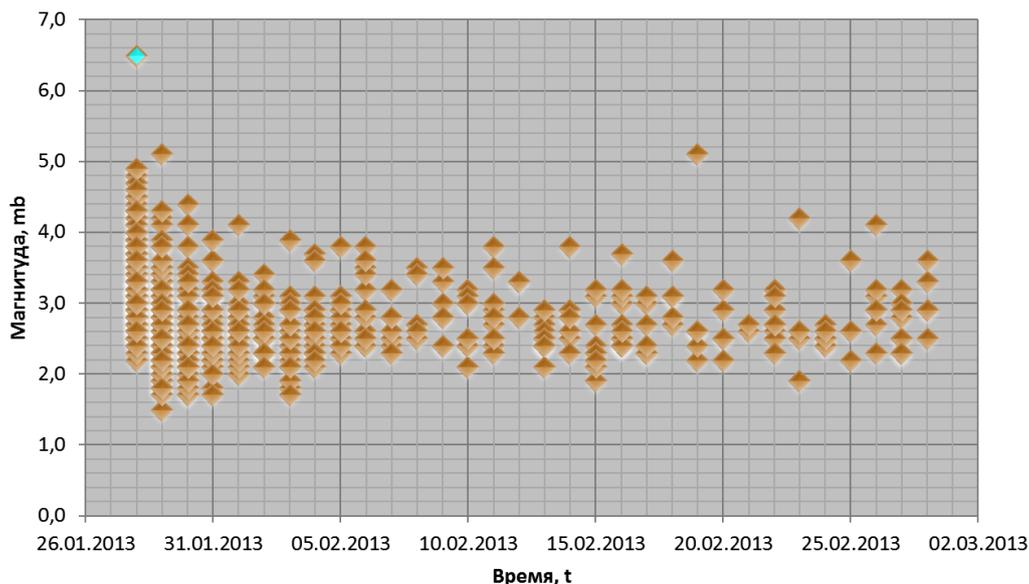


Рисунок 5. Затухание афтершоковой деятельности в очаге землетрясения

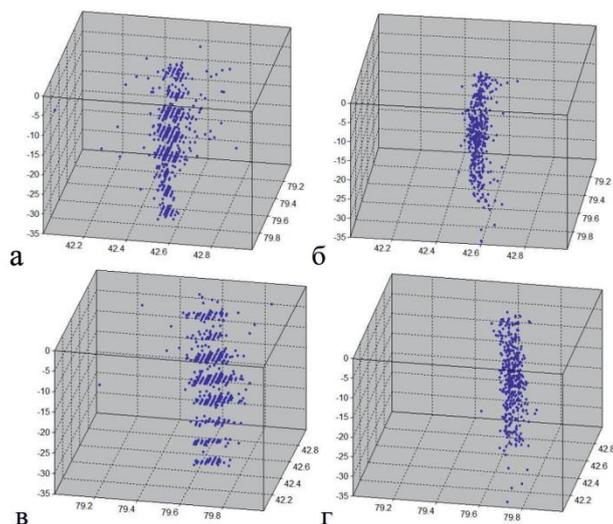


Рисунок 6. Трехмерная модель очага землетрясения по данным СОМЭ (а, в) и по уточненным данным (б, г)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очаг землетрясения 28.01.2013 г. реализовался под действием регионального напряжения сжатия в субмеридиональном направлении и субширотного растяжения.

Гипоцентры главного и повторных толчков располагались в тектоническом блоке, ограниченном со всех сторон разломами, ориентированными в северо-западном и северо-восточном направлениях. Геометрические размеры очаговой зоны ограничены размерами блока и соответствуют средним размерам очагов землетрясений с магнитудой $M=6$.

Одна из возможных плоскостей разрыва согласуется с ориентацией и кинематикой Капчагай-Чиликского трансрегионального сдвига, другая с Боянкольским разломом.

Принимая во внимание наиболее значительные разрушения в Или-Казахской автономной области и округе Аксу СУАР КНР, можно предположить, что в очаге землетрясения произошел горизонтальный сдвиг по плоскости субпараллельной Боянкольскому разлому северо-западного простирания. На всем протяжении разрыва сохранялась ориентация смещений, зафиксированная в начальной стадии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Waldhauser, F. A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the Hayward Fault, California/ F.Waldhauser, W.L.Ellworth // Bull.Seism. Am., 90. 2000. – P. 1353–1368.
2. Рябенко, П. В. Капчагайское землетрясение 1 мая 2011 года по данным региональной сети сейсмических станций./ П. В. Рябенко, Н.А. Сейнасинов, Н.Н. Михайлова // Актуальные вопросы мирного использования атомной энергии. Доклады международной конференции молодых ученых и специалистов. 6-8 июня 2012 г. Алматы. 2012. – С. 149 – 159
3. Сейсмическое районирование Республики Казахстан. Алматы, изд-во Эверо, 2000. 219 с.
4. Михайлова, Н.Н. Сопоставление региональных определений механизмов очагов землетрясений Центральной Азии с решениями тензора момента центра по данным глобальных сейсмических сетей/ Н.Н Михайлова, Н.Н Полешко. // Вестник НЯЦ РК. – 2007. – Вып.2. – С.96 – 103.
5. Полешко Н.Н. Механизмы очагов землетрясений и сеймотектоническое деформация земной коры Северного Тянь-Шаня и Жонгарии. Автореферат дисс. канд. геол.-мин.наук. Алматы, 2009. – 21 с.
6. Михайлова, Н.Н. Текелийское землетрясение в Казахстане в 2009: очаг и воздействия / Н.Н Михайлова, Н.Н Полешко // Вопросы инженерной сейсмологии. ISSN 0132-2826. 2010. – Т.37. №2. – С. 20 – 33.

СОЛТҮСТІК ТЯНЬ-ШАНЬДАҒЫ 2013 Ж. 01.28-ІНДЕГІ ЖЕРСІЛКІНУДІҢ ОШАҒЫ МЕН АФТЕРШОҚТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ

Рябенко П.В., Узбеки Р.Б.

Геофизикалық зерттеулер институты РМК, Курчатова, Қазақстан

Солтүстік Тянь-Шаньда 2013 ж. қаңтардың 28-інде болған жерсілкінудің магнитудасы $m_b=6.6$ бірінші соққысын параметрлеу нәтижелері келтірілген. Ошақтың кеңістік орны, ауданның геология-тектоникалық ерекшеліктері, механизмы мен мезет тензоры (СМТ), афтершоқтық әрекетінің заңдылықтары анықталған, әр түрлі сейсмикалық орталықтарымен алынған бірінші соққының параметрлерін салыстыруы жүргізілген. Афтершоқтың реттілігі үшін қос айрмашылық әдісін пайдаланып гипоорталықтарды қайта жергіліктеуі жүргізілген. Есептеу нәтижелері бойынша афтершоқтардың кеңістік таратылу заңдылығы зерделенген.

FOCUS AND AFTERSHOCK ACTIVITY OF THE EARTHQUAKE OF 28.01.2013 AT NORTHERN TIEN SHAN

P.V. Ryabenko., R.B. Uzbekov

Institute of Geophysical Researches, Kurchatov, Kazakhstan

The paper considers the issue of the main shock parametrization of the earthquake occurred at Northern Tien Shan on January 28, 2013 with magnitude $m_b=6.6$. Spatial location of the focus, geological and tectonic features of the region, mechanism and CMT, regularities of aftershock activity were investigated, the main shock parameters obtained by different seismological Centers were compared. Aftershock sequence hypocenters were relocated using double-difference method. Regularities of aftershocks spatial distribution was studied using calculation results.