

УДК 550.34(575.2)

Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С.
*Институт сейсмологии НАН КР,
Бишкек, Кыргызстан*

МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ЗА 2014 ГОД

Аннотация. В статье приведены результаты поиска решения фокального механизма для 71 землетрясения ($K_R \geq 9.0$), которые произошли на территории Кыргызстана и прилегающих регионов в 2014 г. Каталог механизмов очагов землетрясений Кыргызстана и Центральной Азии пополнен новыми определениями. Проведено картирование параметров механизма очагов землетрясений для выявления их пространственных особенностей.

Ключевые слова: землетрясение, механизм очага, каталог, нодальные плоскости, вектор подвижки, оси сжатия и растяжения, Тянь-Шань.

2014-ЖЫЛДАГЫ КЫРГЫЗСТАНДЫН ЖАНА АНЫН ЧЕКТЕШ АЙМАКТАРЫНДАГЫ ЖЕР ТИТИРОО ОЧОКТОРУНУН МЕХАНИЗМДЕРИ

Кыскача мазмуну: Макалада 2014-жыл ичинде Кыргызстанда жана ага чектеш аймактарда болуп өткөн 71 жер титирөөлөр үчүн ($K_R \geq 9.0$) фокалдык механизмдин чыгаруудагы издөөнүн жыйынтыктары келтирилген. Кыргызстандагы жана Борбордук Азиялык аймактагы жер титирөөнүн очокторунун механизмдеринин каталогдору жаңы аныктамалар менен толукталган. Алардын мейкиндик өзгөчөлүктөрүн аныктоо үчүн очоктордун механизмдеринин параметрлерин картирлөө жүргүзүлгөн.

Негизги сөздөр: жер титирөө, очок механизми, нодалдык тегиздик, каталог, жылышуу вектору, кысуу жана чоюу октору, Тянь-Шань.

FOCAL MECHANISMS OF EARTHQUAKES IN KYRGYZSTAN AND SURROUNDING AREAS FOR 2014

Abstract: The paper presents the results of the focal plane solutions for 71 earthquakes of $K_R \geq 9.0$, occurred in Kyrgyzstan and the surrounding regions in 2014. The catalog of earthquake focal mechanisms for Kyrgyzstan and Central Asia has been updated with new definitions. The mapping of the parameters of the focal mechanisms for identification of their space distribution was made.

Keywords: earthquake, focal mechanism, catalog, nodal planes, displacement vector, compression and extension axes, Tien Shan.

Введение

В последние годы необходимость в исследовании механизмов очагов (МО) землетрясений резко возросла, особенно в связи с изучением современных тектонических движений. Отметим, что задача по поиску решения фокального механизма землетрясений очень трудоёмка и имеет специфический характер, связанный с наличием особенностей волновой картины землетрясений. Достоверность определения кинематических и динамических параметров очагов землетрясений, прежде всего, зависит от наблюдений в ближней и дальней зоне. Территория Кыргызстана и его сейсмоактивные зоны «окружены» как местными, так и сейсмическими станциями Казахстана, Узбекистана, Таджикистана, Китая. Это

позволило при определении МО землетрясений использовать достаточное количество данных от сейсмических станций не только Кыргызстана, но и сейсмических станций указанных соседних государств региона. Обмен сейсмологическими данными производится в рамках международного научного сотрудничества на основе соответствующих Договоров.

Описание технологии создания базы данных фокальных механизмов землетрясений Тянь-Шаня (Кыргызстана и прилегающих регионов) приведено в [1]. Сведения о механизмах землетрясений Кыргызстана и Центральной Азии можно найти в ежегодном сборнике «Землетрясения Северной Евразии» [2]. Основная цель нашей статьи – дать читателю информацию о существовании уникального сейсмологического материала - каталога МО землетрясений Кыргызстана в 2014 г., и использовании его для дальнейшего развития сейсмологических исследований.

Исходные данные и методика определения

Механизмы очагов землетрясений Кыргызстана и Центральной Азии определены по известной методике А.В. Введенской [3]. Практическая работа проведена путем сопоставления поля смещения, которое вызвано двойной парой сил без момента (модель механизма очага) с наблюдаемым полем смещения при конкретном землетрясении. В качестве исходных данных использованы направления смещения при вступлении продольных Р-волн, снятых непосредственно с цифровых записей дисплея компьютера. Если эпицентр землетрясения попадает в приграничные районы, то в определении механизма очага использованы данные сейсмических станций соседних государств. Массовое определение фокальных механизмов землетрясений Кыргызстана и Центральной Азии проведено на основе двух, не зависимо друг от друга, компьютерных программ: программой «FPFIT», разработанной специалистами из Гарвардского Университета США [4], и японской программой «Source mechanism» [5]. Эти программы прошли адаптацию в условиях Кыргызстана, т.е. в них была введена осреднённая скоростная модель строения земной коры и верхней мантии Тянь-Шаня и по ней вычислены углы выхода сейсмических лучей. Можно отметить, что полученные результаты (решение механизма землетрясений по указанным компьютерным программам) достаточно хорошо согласуются между собой [6]. Кроме того, решение механизма сильных землетрясений ($M_p \geq 12.0$) сопоставлено с решением других Международных сейсмологических центров (GCMT, NEIC, ISC и др.). В случае несогласованности этих решений, данные тщательно проверяются заново и при этом большое внимание уделяется наличию данных с близких сейсмических станций. Выбор решения опирается на максимальное количество и хорошее окружение пунктами наблюдений очага рассматриваемого землетрясения. После всех исследований принимается окончательное решение, которое и вносится в каталог механизмов очагов землетрясений. При определении каждого индивидуального механизма землетрясения 2014 г. мы располагали сведениями о знаках первых вступлений не более 60 и не менее, чем с 10 сейсмических станций, в зависимости от силы землетрясения и оперативности поступления данных со станций.

Точность определения индивидуальных механизмов землетрясений, как на территории Кыргызстана, так и на территории Центральной Азии, зависит от многих факторов: 1) числа станций, зарегистрировавших землетрясение; 2) взаимного расположения эпицентра землетрясения и системы станций; 3) изученности внутреннего строения Земли на пути сейсмического луча от очага до каждой станции и других. Оценка влияния каждого указанного фактора на определение механизма землетрясений составляет предмет специального изучения. Отметим только то, что при определении механизмов очагов землетрясений мы старались учитывать все известные

локальные годографы и исключали из дальнейшего рассмотрения механизмы, положение нодальных плоскостей которых определялось с ошибкой более 25° .

Итак, в каталог механизмов землетрясений (см. табл.) были введены следующие классы точности: $A = \pm 0 - 5^{\circ}$, $B = \pm 6 - 15^{\circ}$ и $C = \pm 16 - 25^{\circ}$ [7]. После этого компьютер создаёт стереограмму фокального механизма очага для каждого индивидуального землетрясения. На стереограмме можно увидеть положение двух ортогональных нодальных линий, которые отражают положение плоскости разрыва, направление подвижки по ним и ориентации осей главных напряжений сжатия и растяжения, действующих в очаге землетрясения. Положение нодальных плоскостей определяется тремя угловыми характеристиками (простираем - strike°), углом погружения - dip°) и вектором подвижки-slip $^{\circ}$), а ориентация осей сжатия - P и растяжения T- азимутом(Azim°) и углом горизонталью (plunge°). Численные значения этих параметров записываются в каталог в международном формате (таблица 1).

Обсуждение результатов

На рисунке 1 представлены результаты картирования фокальных механизмов 67 землетрясений ($M_p \geq 9.0$) Кыргызстана и прилегающих территорий 2014 г. Общее количество сейсмических событий в 2014 г. составляет 114.

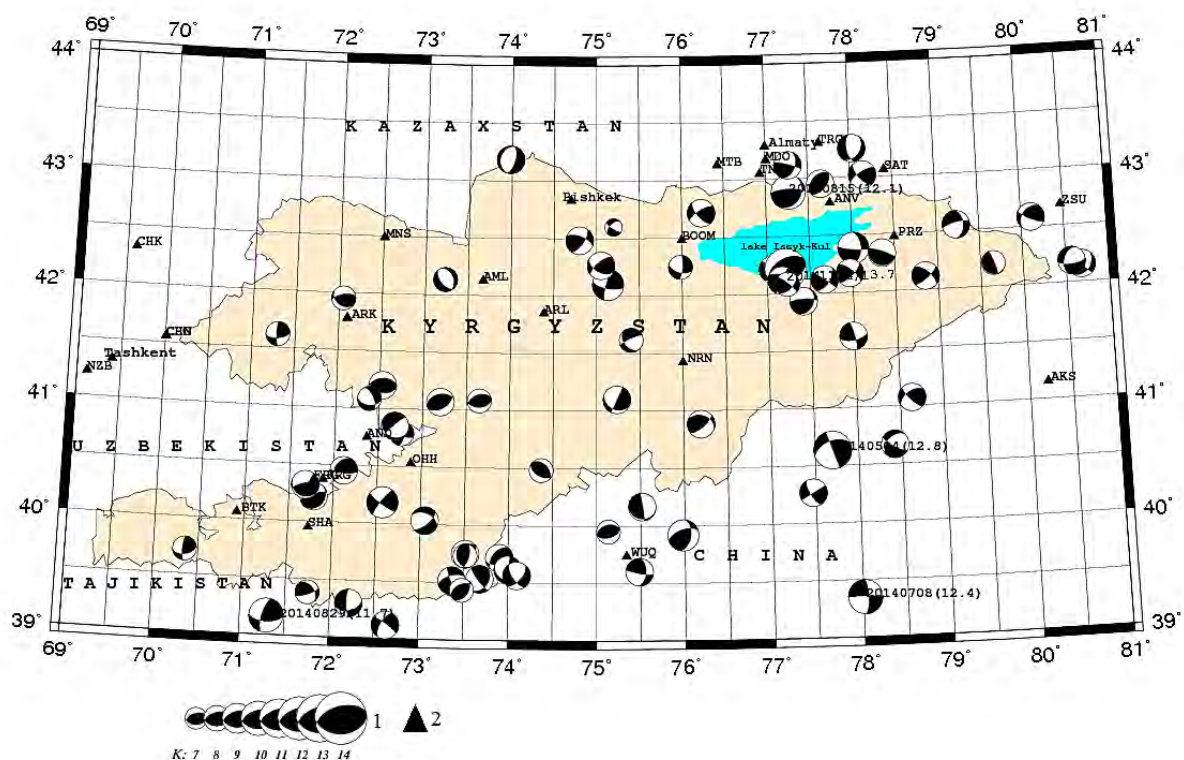


Рисунок 1. Карта-схема механизмов очагов землетрясений, произошедших в 2014 г. на территории Кыргызстана и прилегающих районов. 1 – стереограммы механизмов очагов землетрясений в проекции нижней полусферы (зачернена область сжатия); 2 – сейсмическая станция.

Из рисунка 1 видно, что диаграммы фокальных механизмов показывают в определённой степени особенности современных тектонических движений. Положение нодальных плоскостей достаточно хорошо согласуется с простираем основных геологических структур. Это достаточно отчётливо видно на карте в районе сейсмической станции «Ош», где севернее её проходит Южно-Ферганская флексурно-

разрывная зона северо-восточного простирания. Следует отметить, что в очагах исследованных землетрясений преобладают «сдвиго-надвиговые» и «взбросовые» типы подвижек. Очень мало сбросовых типов землетрясений.

В 2014 г. на территории Кыргызстана произошло 4 ощутимых землетрясения ($K_p \geq 12.0$), механизмы двух из них показаны на рисунках 2 и 3.

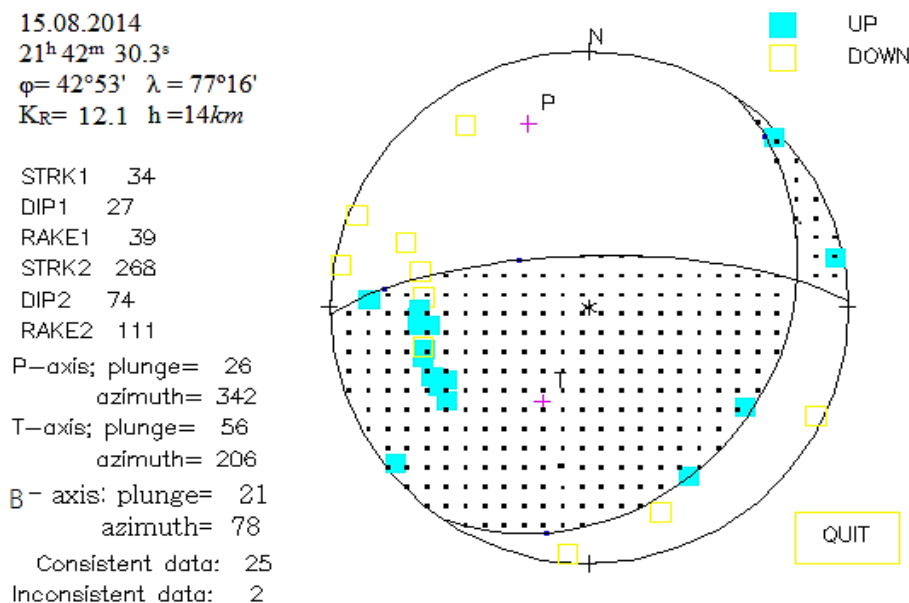


Рисунок 2. Диаграмма фокального механизма землетрясения 15 августа 2014 г. ($K_p=12.1$), проекция нижней полусферы.

На левой стороне рисунка приведены: дата, время в очаге, координаты гипоцентра, энергетический класс, взятые из Центра обработки данных Института сейсмологии НАН КР, а также наше определение параметров механизма очага (нодальных плоскостей (strk, dip, rake), выхода осей главных напряжений сжатия P, растяжения, T и промежуточного, N (plunge, azimuth), количество согласующихся и несогласующихся данных. На правой стороне (верху) – обозначена волна сжатия (UP) и разрежения (DOWN).

Землетрясения 15 августа 2014г., $K_p = 12.1$ - произошло в районе сейсмической станции «Ананьево», его зафиксировала вся действующая сеть сейсмических приборов региона. С 27 сеймостанций были собраны знаки первых вступлений P-волн, что позволило провести решение по механизму очага землетрясения. При этом, нужно отметить, что имеются два несогласующиеся знака, которые отнесены к классу точности А.

Нодальные линии проведены по расположению знаков P-волн, которые определены во всех квадрантах стереографической проекции.

На рисунке 3 показана диаграмма МО землетрясения, которое произошло 14 ноября 2014 г., $K_p=13.7$. Его очаг локализован в районе сейсмической станции «Каджи-Сай». Подробное описание о МО этого сейсмического события и его афтершоках приведено в работе [8].

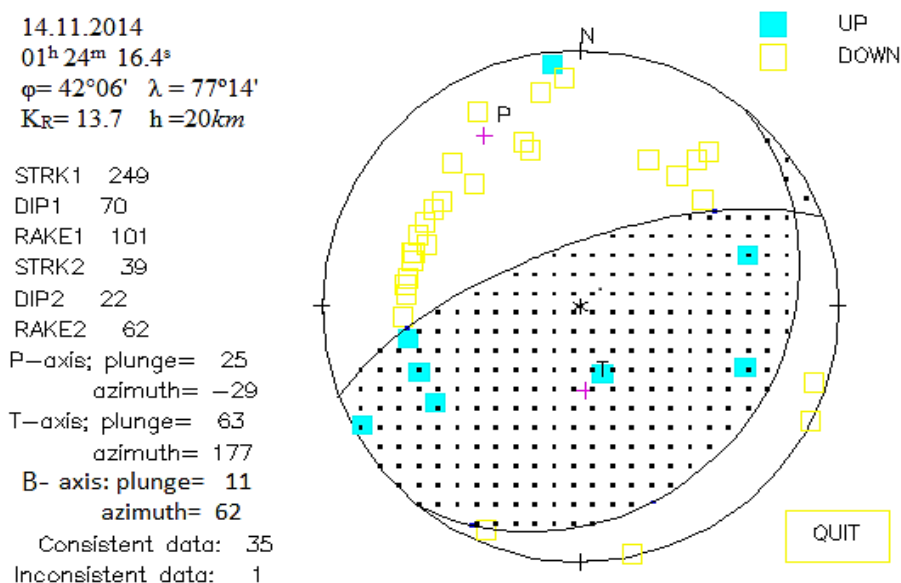


Рисунок 3. Диаграмма фокального механизма землетрясения 14 ноября 2014 г., проекция нижней полусферы. Условные обозначения - на рисунке 2.

Согласно решению фокального механизма, плоскость разрыва в очаге имеет субширотный характер, ось главного напряжения сжатия ориентирована в близгоризонтальном и близмеридиональном направлении (наклонно), ось растяжения имеет близвертикальное направление. При таком напряженно-деформированном состоянии в очаге землетрясения ($K_R = 13.7$) произошёл взбросовый тип подвижки.

На рисунке 4 представлена карта ориентации осей главных напряжений сжатия в очагах исследованных землетрясений 2014 г. Её (карту) можно рассматривать как некоторые особенности ориентации осей сжатия в очагах землетрясений в поле упругих напряжений Тянь-Шаньского региона. В целом ориентация осей напряжения сжатия в очагах землетрясений имеют близмеридиональное направление. Однако, имеется ряд мест (например, в пределах государственной границы с Китаем, в районе сейсмостанции «Ош», в очаговой зоне известного Кеминского землетрясения 1911 г., $M=8.2$ и др.), где направление осей сжатия отличается от регионального. Эти особенности являются предметом дальнейшего исследования.

Выводы

1. Благодаря развитию сети сейсмического мониторинга в регионе, качество определения механизмов очагов землетрясений в Кыргызстане значительно повысилось.
2. Непрерывное наращивание каталога механизмов очагов землетрясений, произошедших на территории Кыргызстана и Центральной Азии, открывает реальную возможность по развитию изучения напряжённо-деформированного состояния горных масс, ответственного за подготовку землетрясений различного класса.
3. Каталог механизмов очагов землетрясений - это уникальный сейсмологический материал, необходимый для изучения современной геодинамики и разработки методов прогноза сильных землетрясений.

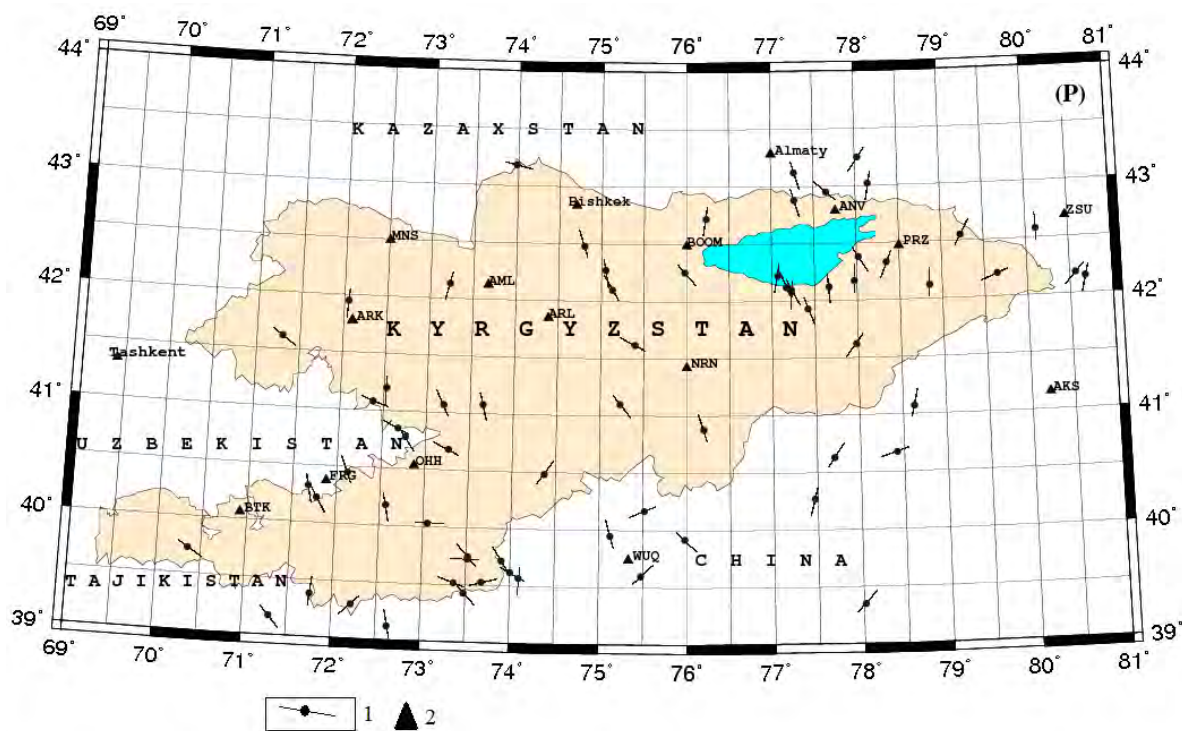


Рисунок 4. Карта-схема ориентации осей главных напряжений сжатия в очагах исследованных землетрясений в 2014 г. на территории Тянь-Шань. 1 – ось сжатия, 2 – сейсмическая станция.

Литература

1. Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С. Краткое описание технологии создания информационной базы данных о фокальных механизмах землетрясений Кыргызстана. // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: XI Международная сейсмологическая школа. Отв. ред. А.К.Рыбин. – Бишкек: ИС РАН, 2016. С.102-108.
2. Землетрясения Северной Евразии (1992-2013гг.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. (2011- Приложение на CD ROM).
3. Введенская А.В. - Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокации. – М: Наука; 1969-136 с.
4. Reasenberg P.A., Oppenheimer D. - FPFIT, FPLOT and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-slip solutions. Open-file report 85-739. Menlo Park, California, 1985. -109p.
5. Suetsugu D. - Source Mechanism. ISEE, Tsukuba, Japan. 1998. 103 pp.
6. Муралиев А.М., Джанузаков К.Д., Шукурова Р., Гессель М.О., Тулаганова М.Т. - Центральная Азия. // Землетрясения Северной Евразии, 2010г. Обнинск: ГС РАН, 2016 г. С. 127-137.
7. Муралиев А.М. - Сейсмичность и сеймотектоническая деформация Юго-Западной Киргизии и сопредельных территорий. Фрунзе: Илим, 1989. -107с.
8. Абдыраева Б.С., Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Сабирова Г.А. - Механизмы очагов Каджи-Сайского землетрясения 14 ноября 2014 года, $M_w = 6.1$, и его афтершоков. // Вестник Института сейсмологии НАН КР-2017. №1(9). С. 19-27.

Рецензент: д. г.-м.н. Кендирбаева Д.Ж.