

*Абдрахматов К.Е., Рахмединов Э.Э.*

## НАРЫН ШААРЫНЫН СЕЙСМИКАЛЫК КООПТУУЛУГУ

*Абдрахматов К.Е., Рахмединов Э.Э.*

## СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ГОРОДА НАРЫН

*К.Е. Abdrakhmatov, E.E. Rakhmedinov*

## THE SEISMIC HAZARD OF THE CITY OF NARYN

УДК: 551.242. (575.2):550.34

Төмөндөгү макалада жарылган тоо кыркаларынын антиклиналдык жана синклиналдык бөлүнүшү аймактарда кеңири өрчүгөн активдүү жаракалар, ойдуңду бойлоп жана өсүп жаткан жаши тоолордун чектөөсү каралат. Ушундай активдүү жаракалардын бири Борбордук-Нарын жаракасы, кечтөртүнчүлүк дооруна тиешелүү белгилери бар, узундугу Жалгыз терек айылынан болжол менен 60-80 км, батыштан Чоң Нарын жана Кичи Нарындын куюлушунан чектелет жана Нарын шаарына потенциалдуу коркунуч алып келет. Орто-Нарын тектоникалык жаракасы Нарын шаарынын аймагын кесип өтөт, ошондуктан сейсмикалык жактан коркунучу жогору. Нарын шаарына жакын боло турган болочоктогу жер титирөөлөрдүн сейсмикалык эсебин аныктоодо магнитуданын кубаттуулугу орточо эсеп менен 7,3 барабар жана интенсивдүүлүгү 9 баллга чейин жетиши мүмкүн. Фондук сейсмикалык интенсивдүүлүктүн таасири жер титирөөдө  $M_{max}=7,3$  Борбордук-Нарын аймагында боло турган жер титирөөлөрдүн очогу толук 9 баллды түзөт.

**Негизги сөздөр:** Нарын, кооптуу, активдүү, жарака, тектоника, жер титирөө, орто Тянь-Шань, ойдуң.

В данной статье рассматриваются разрывы, разделяющие хребты-антиклинали и впадины-синклинали, в регионе широко развиты крупные активные разломы, проходящие вдоль осевых частей впадин и ограничивающие молодые растущие поднятия. Один из таких разломов – Центрально-Нарынский, разлом с явными признаками позднечетвертичной активности, прослеживаемый на протяжении примерно 60-80 км от района аила Джалгыз терек на западе до слияния рек Большой и Малый Нарын на востоке. Это новейшее тектоническое нарушение с явными признаками позднечетвертичной активности проходит в непосредственной близости от города Нарын, представляет наибольшую потенциальную опасность для этого города. При определении параметров расчетных сейсмических воздействий в непосредственной близости от города Нарын рекомендуется принять среднее значение магнитуды равное 7.3. Фоновая интенсивность сейсмических воздействий при землетрясениях с  $M_{max}=7.3$  в Центрально-Нарынской зоне ВОЗ, выраженная в целочисленных значениях, составит 9 баллов.

**Ключевые слова:** Нарын, опасность, активный разлом, тектоника, землетрясение, центральный Тянь-Шань, впадина.

This article discusses fractures separating ridges-anticlines and syncline depressions, large active faults are widespread in the region, extending along the axial portions of the depressions and limiting the young growing uplifts. One of these faults is the Central Naryn, a fault with obvious signs of Late Quaternary activity, traced for about 60-80 km from the Dzhalgыз terek

ail in the west to the confluence of the Bolshoi and Maly Naryn in the east. This newest tectonic disturbance with obvious signs of Late Quaternary activity takes place in the immediate vicinity of the city of Naryn, and represents the greatest potential danger for this city. When determining the parameters of the calculated seismic effects in the immediate vicinity of the Naryn city, it is recommended to take an average magnitude value of 7.3. The background intensity of seismic effects during earthquakes with  $M_{max} = 7.3$  in the Central Naryn zone of WHO, expressed in integer values, will be 9 points.

**Key words:** Naryn, danger, active fault, tectonics, earthquake, Central Tien Shan, hollow.

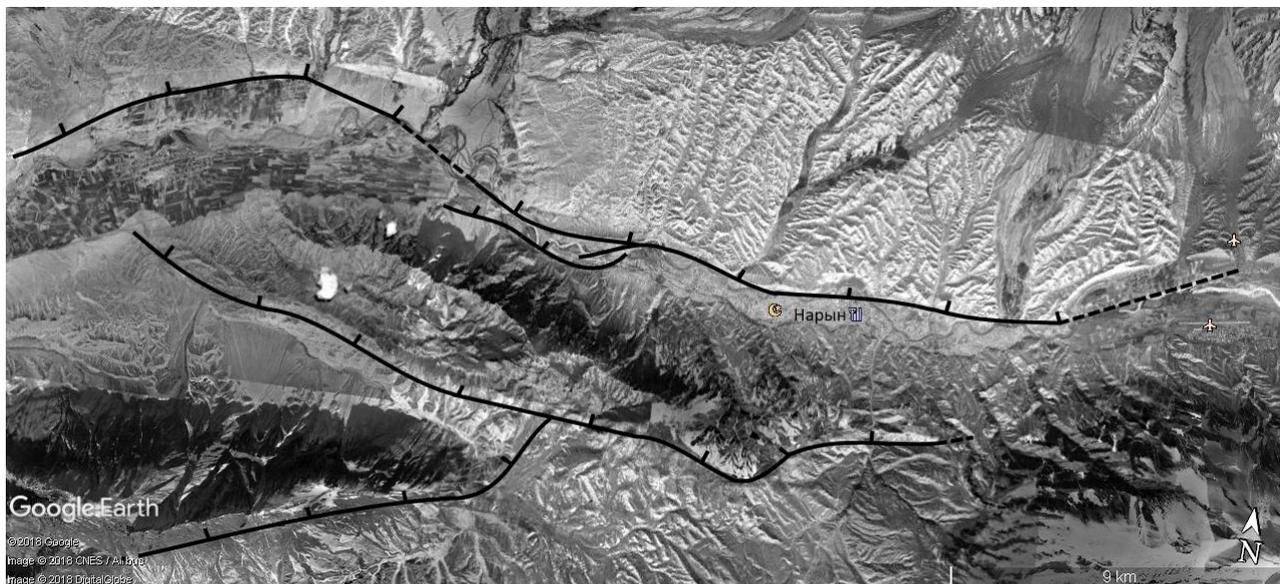
Наиболее характерной особенностью новейшей структуры Центрального Тянь-Шаня является наличие крупных широких межгорных впадин – Аксайской, Атбашинской, Алабуга-Нарынской, Джумгалской, Сонкульской, Суусамырской, разделенных протяженными новейшими поднятиями горных хребтов. Эти впадины представляют собой новейшие синклинали, обычно асимметричные, крутые крылья которых оборваны крупными новейшими разломами. Помимо перечисленных, относительно изометричных широких впадин, здесь выделяются и узкие, протяженные впадины (Минкуш-Кокомеренская, Тюлекская, Каракуджурская и др.), представляющие собой новейшие рамповые грабен-синклинали, нередко затяты между ограничивающими их надвигами [1].

В свою очередь, горные хребты, разделяющие новейшие впадины, образованы новейшими антиклиналями, на крыльях, а иногда и в сводовых частях которых сохранились фрагменты древней денудационной поверхности (ДДП) [2,3,4], перекрытой чехлом неогеновых (местами, верхнепалеогеновых и, на некоторых участках, юрских угленосных) отложений. ДДП дислоцирована конформно с перекрывающими ее континентальными кайнозойскими отложениями, причем в некоторых местах углы падения достигают  $90^\circ$  и даже наблюдается опрокинутое залегание. Это приводит к тому, что при геологической съемке крутопадающие несогласные стратиграфические контакты иногда ошибочно принимались за разрывные нарушения.

Наряду с разрывами, разделяющими хребты-антиклинали и впадины-синклинали, в регионе широко развиты крупные активные разломы, проходящие вдоль осевых частей впадин и ограничивающие молодые растущие поднятия. Один из таких разломов –

Центрально-Нарынский, прослеживаемый на протяжении примерно 60 км от района аила Джалгыз терек на западе до слияния рек Большой и Малый Нарын на востоке. Это новейшее тектоническое нарушение с явными признаками позднечетвертичной активности

проходит в непосредственной близости от г. Нарын вследствие чего связанные с ним землетрясения представляют наибольшую потенциальную опасность для этого города (рис. 1).



**Рис. 1.** Активные разломы, расположенные в непосредственной близости от г. Нарын. Бергштрихами показано падение сместителей разломов. Изображение из Google Earth.

Наиболее детальные исследования, позволившие оценить скорость смещения крыльев Центрально-Нарынского разлома, были проведены [5] в долине р.Кажырты (западнее г.Нарын), где он прослеживается в обнажении на западном берегу указанной реки и пересекает 20-ти метровый уступ вкост террасы  $Q_{III}^2$  (рис. 2). По всиячему блоку разлома был пройден профиль в меридиональном направлении, который показал наличие резкого изгиба в 750 м севернее уступа (обозначенного “hinge” на рис. 2b) и антиклинальной складки около него. К северу от изгиба поверхность террасы падает в южном направлении под углом  $0.9^\circ$ , также как и уклон современной реки (рис. 2b). К югу от изгиба поверхность террасы почти горизонтальная, что свидетельствует об обратном наклоне, что мы связываем с изменением угла падения нижележащей плоскости разлома. В обнажении падение Центрально-Нарынского разлома составляет  $37 \pm 2^\circ$  к северу, тогда как слои неогеновых отложений,

выходящие на поверхность в всиячем блоке, падают под углом  $10^\circ$  к северу (рис. 2a). Если наклон в всиячем блоке определяется изменением падения Центрально-Нарынского разлома, то угол падения  $37^\circ N$  на поверхности уменьшается до  $10^\circ N$  на изгибе, приблизительно параллельно падению неогеновых отложений.

Точки замеров в районе уступа определяют поверхность террасы в всиячем и в лежачем крыльях (рис. 2c). Так как нам известны расположение разлома и его падение, мы проецируем линии всиячего и лежачего блоков на разлом, чтобы определить величину смещения. Определение возраста (C14) трех образцов угля, отобранных из горизонтов алевролитов и песков, перекрывающих галечниковые отложения, показало, что терраса  $Q_{III}^2$  образовалась 13.5-15.5 тыс. лет назад. По этим данным скорость смещения по Центрально-Нарынскому разлому в позднечетвертичное время составляла  $2.2 \pm 0.4 / -0.3$  мм в год (рис. 2c).

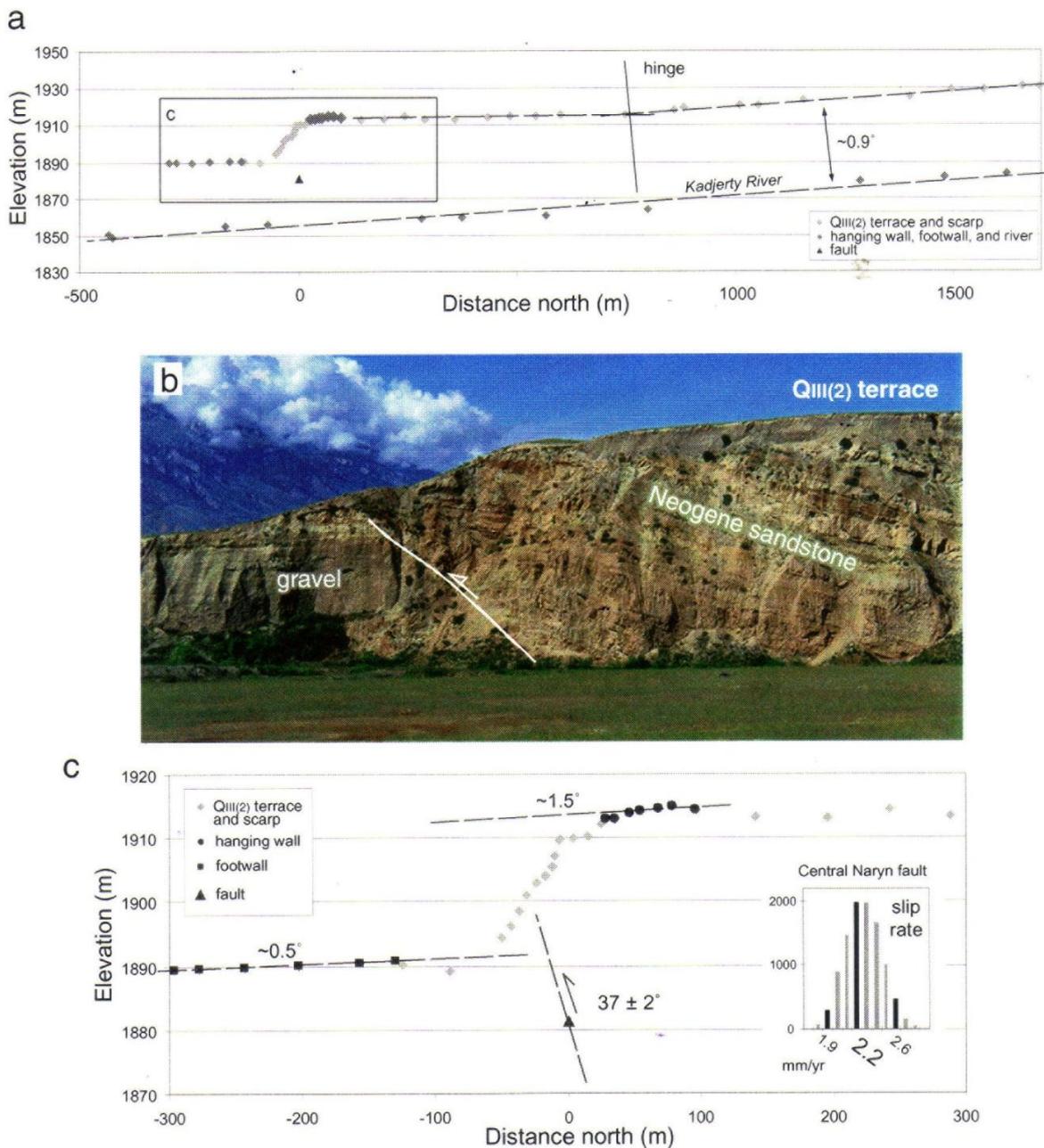


Рис. 2.

а) Профиль контакта верхнего галечникового слоя террасы QIII(2) по Центрально-Нарынскому разлому. Севернее шарнира уклон террасы и современной реки примерно одинаковы, а южнее поверхность террасы почти горизонтальная, что указывает на ее вращение в результате смещения по Центрально-Нарынскому разлому.

б) Выход на поверхность Центрально-Нарынского разлома вдоль р. Кажырты. Вертикальное смещение террасы QIII(2), сохранившейся в висячем и в лежащем крыльях, составляет около 20 м. Падение плоскости разлома составляет  $37 \pm 2^\circ$  к северу. Угол падения неогеновых отложений в висячем крыле –  $11-15^\circ$  к северу. Река течет в южном направлении. Более мощные позднечетвертичные галечниковые отложения в лежащем блоке разлома указывают на то, что эродированная поверхность коренных пород была смещена больше, чем галечник на вершине террасы QIII(2).

в) Увеличенный фрагмент профиля по уступу, показывающий точки замеров для определения висячего и лежащего блоков и их углы падения. Замеры в одной точке на выходящей на поверхность плоскости разлома использовались для расчетов скорости смещения. Разброс значений представлен на гистограмме.



Рис. 3. Активные разломы в восточной части г. Нарын. Бергштрихами показано падение сместителей разломов. Вид с юго-востока. Изображение из Google Earth.

Непосредственно в пределах города Нарын Центрально-Нарынский разлом проходит в основном по правому борту долины реки, лишь в крайней западной части города переходя на южный берег, нарушая здесь поверхность позднеплейстоценовой террасы, на которой расположены сооружения города и жилые комплексы Университета Ага-Хана (рис. 3). Если в целом на всем своем протяжении линия разлома довольно проста и представлена одной магистральной линией, то здесь она расщепляется на три ветви, кулисно подставляющие друг друга в западном направлении. Разлом здесь выражен в рельефе в виде гряды, возвышающейся примерно на 10 м над 20-метровой надпойменной террасой Нарына и отделяющей поверхность террасы от русла реки (рис. 3).

Как известно, на территории Центрального Тянь-Шаня за весь период инструментальных наблюдений и за период, за который имеются исторические сведения о землетрясениях (порядка 200 лет), не зафиксировано ни одного землетрясения с магнитудой более 5.5 и интенсивностью свыше 7 баллов. Единственное исключение – Суусамырское землетрясение 1992 г. с  $M=7.3$  на периферии этой области [6,7]. Все остальные очаги известных разрушительных землетрясений на Тянь-Шане сосредоточены вблизи его внешних границ к северу от оз. Иссык-Куль, вдоль южного фаса (в КНР) и к западу от Таласо-Ферганского разлома. В то же время, территория Центрального Тянь-Шаня насыщена многочисленными молодыми разрывами и разнообразными вторичными дислокациями, уверенно интерпретируемыми, как палеосейсмодислокации сильных высокомагнитудных землетрясений [8,9].

В отсутствие сведений о сильных исторических землетрясениях, сейсмический потенциал вышеописанных зон активных разломов, рассматриваемых в качестве сейсмогенерирующих структур, можно оценить по палеосейсмологическим данным на основании соотношений между протяженностью молодых разрывов и величиной единовременных подвижек по ним с одной стороны и магнитудой землетрясений с другой [10,11,12,13,14].

Однако при этом необходимо учитывать, что все надежные зависимости связывают магнитуду с протяженностью участка разрыва, испытавшего единовременное вспарывание ( $L$ ), а также с максимальной ( $D_{max}$ ) или со средней (средневзвешенной –  $D_{av}$ ) величиной единовременной подвижки. Эти параметры достаточно уверенно определяются при обследовании сейсмогенных разрывов современных землетрясений, но намного сложнее устанавливаются при изучении палеосейсмодислокаций.

Протяженность участков разрывов, вскрывшихся при отдельных землетрясениях, можно оценить по длине морфологически выраженного уступа, нарушающего разновозрастные поверхности выравнивания или мелкие формы рельефа. Однако надо учитывать, что геолого-геоморфологические данные позволяют судить о возрасте этих образований и выделять разновозрастные образования с точностью, в лучшем случае, до веков или тысячелетий. Более точные данные могли бы быть получены при проведении детальных траншейных исследований во многих пунктах по простиранию разрыва, с отбором образцов и их датированием для определения возраста подвижек,

установленных в каждой траншее. Но такие работы очень трудоемки, дорогостоящи. Тем не менее, собранные данные позволяют достаточно уверенно оценить протяженность участков ближайшего к г. Нарын разлома – Центрально-Нарынского, который можно отождествлять с очагами землетрясений, представляющих потенциальную опасность для сооружений города.

Общая протяженность непрерывно прослеживаемого активного Центрально-Нарынского разлома, составляет примерно 60 км. Несколько большую протяженность – около 80 км – имеет ступень в рельефе, приуроченная к разлому, отделяющему восточную часть Алабуга-Нарынской впадины от примыкающих к ней с севера хребтов Джетимтау и Нуратау. Представляется, однако, что одновременное вспарывание охватывало эти разломы не на всей их протяженности.

Согласно регрессионным зависимостям между длиной поверхностного (SRL) разрыва, из работы [10] при его протяженности, равной 60 км, получаем значение:

$$M_w = 5.0 + 1.22 \times \log(\text{SRL}) = 7.3$$

Учитывая, что Центрально-Нарынский разлом представляет собой надвиг, точный наклон плоскости сместителя которого известен только в приповерхностной части, там, где вскрыта плоскость разрыва, использование величины подвижки по направлению смещения не очень надежно. Во-первых, для надвигов зачастую характерно выполаживание плоскости сместителя в приповерхностной части разреза, вследствие чего величина надвигания не соответствует истинному перемещению блоков земной коры, разделяемых такими разрывами. Во-вторых, величина подвижки по направлению смещения определена только в единичных обнажениях. На участке, где смещения были близки к максимальным, углы падения сместителя нам не известны. Наконец, в-третьих, надо учитывать, что при выведении регрессионных соотношений между магнитудой и величиной подвижки, при определении смещения по направлению вектора смещения чаще учитывались вертикальная и сдвиговая компоненты, надежно фиксируемые при полевом обследовании последствий землетрясений. Вторая горизонтальная компонента – сжатие, характерное для надвигов, определялась намного реже [11]. Поэтому для оценки магнитуд землетрясений, связанных с подвижками по Центрально-Нарынскому разлому, предпочтительно использовать вертикальную компоненту смещений.

Есть основания ожидать, что максимальная измеренная высота уступа Центрально-Нарынского разлома в районе долины р. Орто-Нура (16 м) накопилась в результате нескольких (4-5) последовательных подвижек по нему, при максимальном одновременном вертикальном смещении до 6 метров. Такие смещения характерны для разрывов землетрясений в достаточно широких диапазонах магнитуд, средние значения

которых составляют примерно 7.5 для взбросов и 7.2 для сбросов.

Анализ всей совокупности палеосейсмологических данных позволяет считать, что в восточной части Алабуга-Нарынской впадины возможны землетрясения с магнитудами в диапазоне 7.0 – 7.5. Оценки магнитуд палеоземлетрясений по длине очаговой области дают несколько меньшие значения – примерно от 7.0 до 7.2; оценки по величине подвижки – несколько большие – примерно 7.5. С учетом неопределенностей, в качестве расчетной величины при определении параметров расчетных сейсмических воздействий в непосредственной близости от г. Нарын рекомендуется принять среднее значение магнитуды равное 7.3.

Параметры Центрально-Нарынского разлома, воздействия из которого определяют сейсмическую опасность г. Нарын: кратчайшее расстояние от важнейших сооружений города до выхода сейсмогенерирующего разлома на поверхность ( $\Delta$ , км) = 1; принятая расчетная глубина гипоцентра землетрясения, точнее – центра области излучения ( $h$ , км) = 15;  $M_{\max} = 7.3$ ; механизм очага – взброс.

При оценке фоновой интенсивности воздействий при землетрясениях с очагами в зонах ВОЗ, проходящих вблизи города на расстояниях, существенно меньших линейных размеров этих очагов, использование вышеприведенного уравнения вообще не корректно, так как в этих случаях площадка оказывается в пределах "ближней зоны" или даже в пределах "очаговой зоны" [15]. Согласно [15], ближняя зона – это область, в которой затухание ускорений с расстоянием  $R$  слабее сферического расхождения, а очаговая зона – область вблизи сейсмогенерирующего разлома, где отсутствует затухание сейсмических волн или даже наблюдается некоторое увеличение их амплитуды с расстоянием.

Согласно этим соотношениям, фоновая интенсивность сейсмических воздействий при землетрясениях с  $M_{\max}=7.3$  в Центрально-Нарынской зоне ВОЗ выражена в целочисленных значениях, составит 9 баллов.

**Выводы.** При определении параметров расчетных сейсмических воздействий в непосредственной близости от г. Нарын рекомендуется принять среднее значение магнитуды равное 7.3. Фоновая интенсивность сейсмических воздействий при землетрясениях с  $M_{\max}=7.3$  в Центрально-Нарынской зоне ВОЗ выражена в целочисленных значениях, составит 9 баллов.

#### Литература:

1. Садыбакасов И. Неотектоника центральной части Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1972. - 118 с.
2. Шульц С.С. Анализ новейшей тектоники и рельеф Тянь-Шаня. ОГИЗ ГЕОГРАФИЗ, 1948. - 222 с.
3. Макаров В.И. Новейшая тектоническая структура Центрального Тянь-Шаня. - М.: Наука, 1977. - 172 с.

4. Чедия О.К. Морфоструктуры и новейший орогенез Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1986. - 316 с.
5. Абдрахматов К.Е., С.Томпсон, Р. Уилдон. Активная тектоника Тянь-Шаня. - Бишкек: Илим, 2007. - 72 с.
6. Богачкин Б.М., Корженков А.М., Мамыров Э., Нечаев Ю.В., Омуралиев М., Петросян А.Е., Плетнев Г.К., Рогожин Е.А., Чаримов Т.А. Структура очага Сусамырского 1992 года землетрясения на основе анализа его геологических и сейсмических проявлений. Известия РАН, Физика Земли, 1997, №11, 3-18.
7. Ghose, S., Mellors, R.J., Korjenkov, A.M., Hamburger, M.W., Pavlis, T.L., Pavlis, G.L., Mamyrov, E. and Muraliev, A.R., The Ms = 7.3 1992 Suusamyr, Kyrgyzstan earthquake: 2. Aftershock Focal Mechanisms and Surface Deformation. Bulletin of the Seismological Society of America, 1997, 87, 23-38.
8. Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н. Активные разрывы Алабуга-Нарынской впадины. В сб. Тянь-Шань в новейшем этапе геологического развития. - Фрунзе: Илим, 1989. - 78-90.
9. Абдрахматов К.Е. Тектонические движения позднего плейстоцена и голоцена территории Кыргызской Республики. Автореферат дис.... доктора геол.-мин. наук. - Бишкек: Илим, 1995. - 35с.
10. Wells D.L., Coppersmith K.J. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull. Seism. Soc. Am. 1994, 84, 974-1002.
11. Стром А.Л. Количественные характеристики сейсмогенных разрывов и их использование в палеосейсмогеологии и инженерной геологии. Кандидатская диссертация. - М., 1998. - 155 с.
12. Стром А.Л., Никонов А.А. Соотношение между параметрами сейсмогенных разрывов и магнитудой землетрясений // Физика Земли. 1997. - №12. - С. 55-67.
13. Стром А.Л., Никонов А. А. Распределение смещений вдоль сейсмогенных разрывов и учет неравномерности подвижек при палеосейсмологических исследованиях // Вулканология и сейсмология. 1999. - №6. С. 47-59.
14. Лунина О.В. Влияние напряженного состояния литосферы на соотношения параметров сейсмогенных разрывов и магнитуд землетрясений. Геология и геофизика. 2001. - №42. - С. 1389-1398.
15. Аптикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. - М.: Наука и образование, 2012.

Рецензент: д.ф.-м.н. Погребной В.Н.