

УДК 550.34-551.24

Абдрахматов К.Е., Джумабаева А.Б.
Институт сейсмологии НАН КР,
г.Бишкек, Кыргызстан

СЕГМЕНТАЦИЯ ИССЫК-АТИНСКОГО РАЗЛОМА (СЕВЕРНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)

Аннотация: В статье показана сегментация Исык-Атинского разлома, который был разделён на отрезки на основе следующих параметров: сейсмический, поведенческий, структурный и геометрический. Описаны характеристики выделенных сегментов и взаимоотношения между ними. Приведённые данные показывают, что наиболее вероятным является наличие двух крупных сегментов (65-75 км), общей протяжённостью 150-160 км, при этом каждый из сегментов может породить землетрясение с магнитудой $M=7,1-7,3$.

Ключевые слова: активный разлом, уступ, сегментация, палеомагнитуда, Исык-Атинский разлом.

ЫСЫК-АТА ЖАРАҢКАСЫН СЕГМЕНТТЕРГЕ БӨЛҮШТҮРҮҮ (ТҮНДҮК ТЯНЬ-ШАНЬ)

Кыскача мазмуну: Макалада Ысык-Ата жараңкасынын кесиндилерге бөлүштүрүлүшү сейсмикалык, жүрүм-турумдук, структуралык жана геометрикалык параметрлердин негизинде көрсөтүлгөн. Бөлүнгөн сегменттердин мүнөздөмөлөрү жана алардын бири бирине тийгизген таасири сүрөттөлөт. Келтирилген маалыматтар жалпы узундугу 150-160 км келген эки ири сегменттин (65-75 км) бар экендиги өзгөчө ыктымал болушун көрсөтүп турат, мында сегменттердин ар бири магнитудасы $M=7,1-7,3$ келген жер титирөөнү пайда кылышы мүмкүн.

Түйүндүү сөздөр: кыймылдуу жараңка, тектирче, сегментация, палеомагнитуда, Ысык-Ата жараңкасы.

SEGMENTATION OF THE ISSYK-ATA ACTIVE FAULT ZONE (NORTHERN TIEN SHAN)

Abstract: The segmentation of the Issyk-Ata fault and relationship between segments divided under different criteria (geological, structural etc.) are shown. Given data show that there are two segments (65-75 km each one) with total length about 150-160 km. Each segment can produce an earthquake with magnitude about 7.1-7.3.

Key words: active fault, terrace, segmentation, paleomagnetism, Issyk-Ata fault.

Рассмотрим сегментацию одного из основных активных разломов Северного Тянь-Шаня – Исык-Атинского разлома (рисунок 1). Под таким названием выделяется структурная линия, разделяющая низкие предгорья Киргизского хребта и равнинную часть Чуйской впадины. Он протягивается от долины р. Аксу на западе, где торцово сочленяется с Чонкурчакским разломом до восточного замыкания Чуйской впадины, исчезая под аллювиальными накоплениями р. Чу. Общая длина разлома составляет более 150 км. Структурная позиция разлома и его основные параметры неоднократно описывались в литературе [1,2,3,4,5,6,7]. Особое внимание было уделено его современной активности [5,6,11].

Если принимать во внимание, что это единая линия, ограничивающая предгорья, втянутые в поднятие Киргизского хребта в четвертичное время, то следуя геологическим

признакам, эта линия может быть выделена в виде единого сегмента. Следовательно, при оценке сейсмической опасности по геологическим данным, необходимо предполагать максимальную магнитуду возможных в этой зоне землетрясений, исходя из общей длины разлома более 150 км. Тогда максимальная магнитуда события должна быть не меньше, чем магнитуда Кеминского землетрясения 1911 года, равная 8,3. При этом Иссык-Атинский разлом может быть многосегментным, что подразумевает одновременное вспарывание всех возможных сегментов, которые могут быть выделены при детальном исследовании. Однако, сегменты могут вспарываться и независимо или же совместно с соседними, что также может привести к землетрясениям, но меньшей силы.

Судя по характерным особенностям разных частей разлома, в его пределах выделяется несколько сегментов. При их выделении были использованы следующие параметры: сейсмический, поведенческий, структурный и геометрический (таблица 1) [9].

Таблица 1.

Типы сегментов разломов и параметры, используемые при их выделении

<i>Тип сегмента</i>	<i>Параметры, используемые при выделении сегмента</i>	<i>Вероятность того, что этот сегмент является сейсмогенерирующим</i>
1. Сейсмический	Пределы распространения разрыва исторического землетрясения.	100%, по определению
2. Поведенческий	1. Пределы распространения доисторических очаговых разрывов, определённые по многочисленным, хорошо датированным палео-землетрясениям. 2. Границы сегмента определены по изменению средних скоростей смещения, периодов повторяемости, времени, прошедшему после последнего землетрясения, кинематике подвижек, изменению режима движений с крипового на импульсный, сложности строения разлома.	Высокая Средняя (26%)
3. Структурный	Границы сегмента совпадают с ответвлением разломов или пересечениями с другими разломами, складками или поперечными структурами.	Выше средней (31%)
4. Геологический	1. Сегмент ограничен четвертичными впадинами или вулканическими поясами. 2. Сегмент приурочен к единому блоку фундамента или к блоку с однородными реологическими свойствами. 3. Сегмент ограничен геофизическими аномалиями. 4. Геоморфологические признаки, такие, как морфология подножия хребта или высота гребня.	Различная (39%)
5. Геометрический	Сегменты выделены по изменению в ориентировке разрыва, кулисообразным сочленениям или по перерывам в разломообразовании.	Ниже средней (18%)

Сегмент А. Протягивается от долины р. Аксу до долины р. Сокулук (рисунок 2). Основанием для выделения сегмента явилось Беловодское землетрясение 1885 года М

= 6,9. При землетрясении активизировался участок разлома длиной около 22 км. При этом образовался протяжённый поверхностный разрыв, простирающийся вдоль предгорий с вертикальным смещением крыльев на 1,5-2 м [10]. Следовательно, этот участок разлома может называться «сейсмогенерирующим» сегментом (см. выше). Детальное профилирование уступа в долине р. Сокулук [11], показало, что общее вертикальное смещение здесь составляет 6,3 м. Разлом представляет собой надвиг, падающий к югу под углом 25°, скорость смещений составляет $0.6-0.9 \pm 0.2-0.3$ мм/год. Данные тренчинга, проведённого здесь, показывают, что в последние 15-21 тыс. лет произошло четыре землетрясения с одинаковой величиной вертикального смещения в 1,5 м. Границы сегмента «размыты». На западе, в районе долины р. Аксу, разлом исчезает под рыхлыми накоплениями Чуйской впадины, на востоке разлом проходит вдоль границы низких предгорий, где его линия также исчезает под рыхлыми наносами.

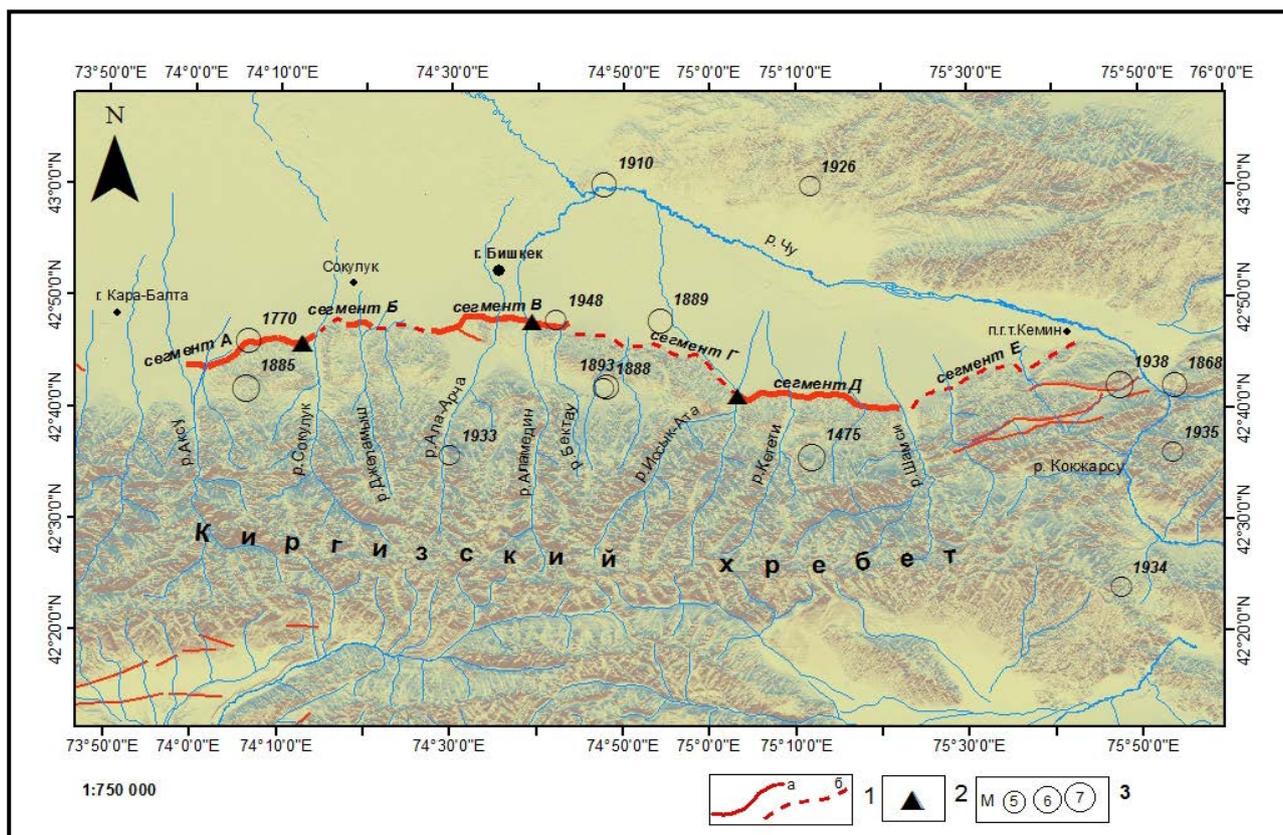


Рисунок 1. Сегментация Исык-Атинского разлома - южная часть Чуйской впадины. 1-разломы: а - выраженные в рельефе в виде уступа, б – предполагаемые (без уступа); 2 - место расположения траншей; 3- очаг сильного землетрясения.

Сегмент Б. Уступ (долине р. Джеламыш) трассирует линию разлома далее на восток (рисунок 2). Высота уступа сравнима с высотой уступа в долине р. Сокулук, что дает возможности предполагать, что оба уступа являются выражением одного и того же события. Если принять, что возникший на поверхности разрыв является действительным отражением устойчивого сегмента, то тогда возникает определенное противоречие между предполагаемой длиной сегмента (22 км) и замерах смещений в долине р. Сокулук (1.5 м при одном событии) [11]. Согласно данным Веллса и Копперсмита [12] разрывы длиной 38-39 км имеют среднюю величину подвижки всего 0,9 м, что намного меньше по сравнению с наблюдаемыми значениями. Однако, если принять, что землетрясения приводили к одновременному вспарыванию соседних сегментов (или одного из них), то тогда разрыв мог бы иметь длину

70-80 км. Разрывы такой длины обычно сопровождаются средним смещением в 1,7 м, что намного ближе к высоте уступа, наблюдаемого в долине р. Сокулук.

Сегмент В. Сегмент включает в себя отрезок разлома от брошенного русла долины р. Ала-Арча на западе до долины р. Бектау на востоке (рисунок 3). Основанием для выделения сегмента послужило отсутствие смещений в зоне разлома при Беловодском землетрясении 1885 года и изменение средних скоростей смещения. Скорость смещения по Исык-Атинскому разлому в районе долины р. Аламедин составляет $2.1+1.7/-0.3$ мм/год [11]. Кроме того, наблюдается изменение сложности строения разлома. Разлом представляет собой надвиг, падающий к югу под углом 19° , осложненный оперяющимися разрывами в поднятом крыле. Проведенные исследования показали, что в районе данного сегмента произошло только одно сильное событие – примерно 2000-3000 лет назад [6].

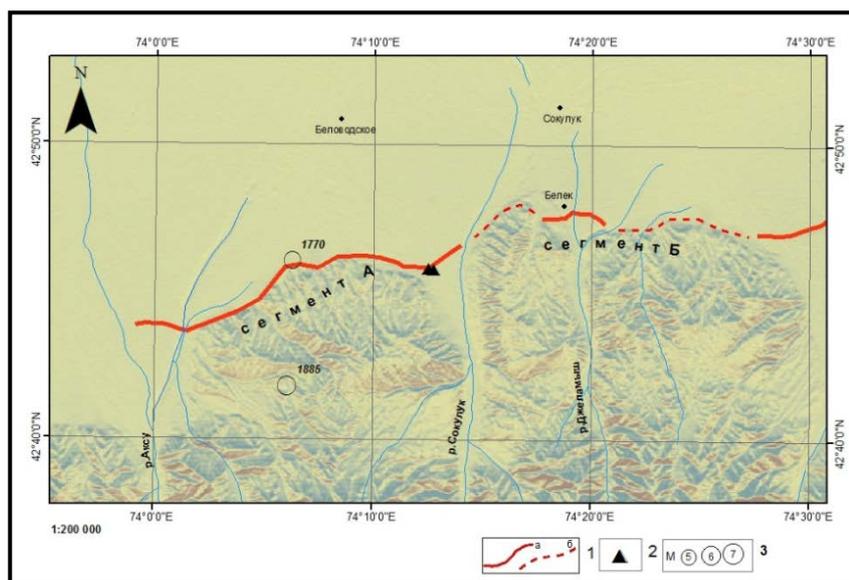


Рисунок 2. Проявление Исык-Атинского разлома в междуречье Аксу-Сокулук. Условные обозначения на рисунке 1.

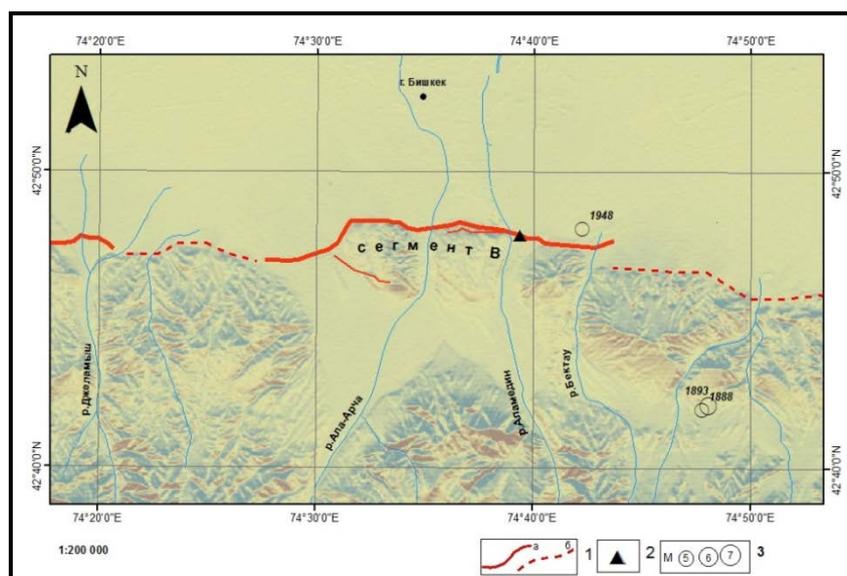


Рисунок 3. Проявление Исык-Атинского разлома в междуречье Ала-Арча - Бектау. Условные обозначения на рисунке 1.

Общая протяжённость сегмента ранее оценивалась нами всего в 25 км. Однако такая протяжённость поверхностного разрыва не является характерной для землетрясений со смещениями по падению до 2,5-3,0 м. По всей видимости, указанный отрезок является частью более протяжённого сегмента.

Граница между сегментом В и следующим к востоку сегментом Г определялась нами по ответвлению разлома, который пересекается поперечной Кантской структурой, и резким исчезновением явных признаков активности.

Сегмент Г. На этом отрезке Исык-Атинского разлома (междуречье Бектау-Исык-Ата) отчётливый уступ отсутствует, что может свидетельствовать либо о затухании голоценовой активности, либо о повышенной эрозионной деятельности, которая может быть связана с развитием крутого крыла Серафимовской антиклинали, сложенного легко размываемыми неогеновыми отложениями (рисунок 4).

Кроме того, это может быть связано и с тем, что по данным геофизических исследований [13], в этом районе наблюдается резкое выклинивание валунно-галечных отложений, что может свидетельствовать о наличии «слепого» тектонического нарушения, предполагаемый выход которого на поверхность выдается далеко в сторону равнинной части впадины.

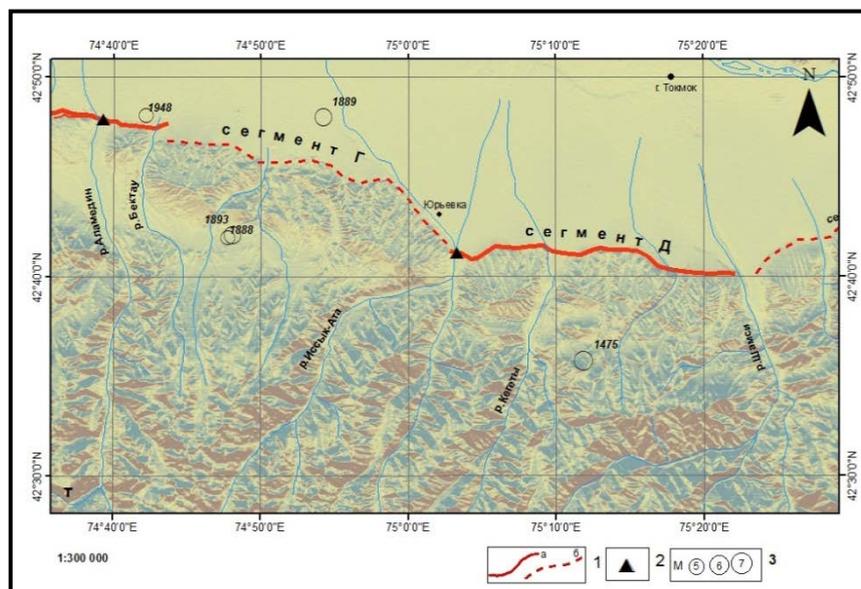


Рисунок 4. Проявление Исык-Атинского разлома в междуречье Бектау-Шамси. Условные обозначения на рисунке 1.

Сегмент Д. Протяжённость 27 км, западная граница долина р. Исык-Ата, восточная – долина р. Шамсы (рисунок 4). Для сегмента характерно отсутствие смещений после формирования раннеголоценовой террасы (5-6 тыс. лет). Это отчётливо наблюдается в долине р. Исык-Ата, где галечниковый покров террасы раннеголоценового возраста смещениями по разлому не нарушен. Величина вертикального смещения поверхности позднеплейстоценовой террасы в указанной долине составляет 20-21 м. Очевидно, что данная величина деформации террас является кумулятивной величиной, накопленной в результате последовательных сильных землетрясений.

Эмпирическая зависимость между длиной разлома и моментной магнитудой [12] предполагает, что землетрясение с $M = 6,9-7,4$ продуцирует поверхностный разрыв длиной 49-65 км. Указанная зависимость предсказывает, что землетрясение с $M = 7,3$ продуцирует разрыв протяжённостью в 61 км, что близко к размерам очага Суусамырского землетрясения 1992 г. [14]. Протяжённость рассматриваемого сегмента Д, составляющая 27 км, явно мала для того,

чтобы продуцировать землетрясение силой, равной Беловодскому землетрясению 1885 года. Для этого требуется разрыв протяжённостью, по меньшей мере, 50-60 км. Так как восточнее долины р. Шамшы Иссык-Атинский разлом затухает, то можно предполагать, что указанный сегмент нужно объединить с предыдущим сегментом так, чтобы получить общую протяжённость объединённого сегмента, равную около 50 км. Однако, как указывалось выше, сегмент В, расположенный в центральной части Иссык-Атинского разлома, протяжённостью всего 25 км, также требует разрыва, протяжённостью не менее 50-65 км, для того, чтобы продуцировать среднее смещение в 2.4-2.9 м, замеренное в траншее, пройденной в долине р. Аламедин [6].

Таким образом, необходимо предполагать, что либо указанные сегменты являются частями единого сегмента, общей протяжённостью около 75-80 км, способного породить землетрясение магнитудой 7.1-7.3, либо предполагать, что сегменты, протяжённостью 25-30 км порождали здесь сейсмические события магнитудой не менее 6.5, поскольку поверхностные разрывы при землетрясениях меньшей силы не образуются [12,15]. Для выяснения возможных вариантов необходимо проведение дополнительных исследований, но предварительно можно говорить о том, что первый вариант предпочтительней.

Сегмент Е. К востоку от долины р. Шамшы Иссык-Атинский разлом на поверхности не проявляется (рисунок 5). Активных движений на протяжении позднего плейстоцена-голоцена не обнаружено. Имеются структурные доказательства преобразования полого падающего к югу единого разлома в серию коротких разломов в фундаменте впадины, ограничивающих локальные брахиантиклинальные поднятия. При этом их падение изменилось на северное.

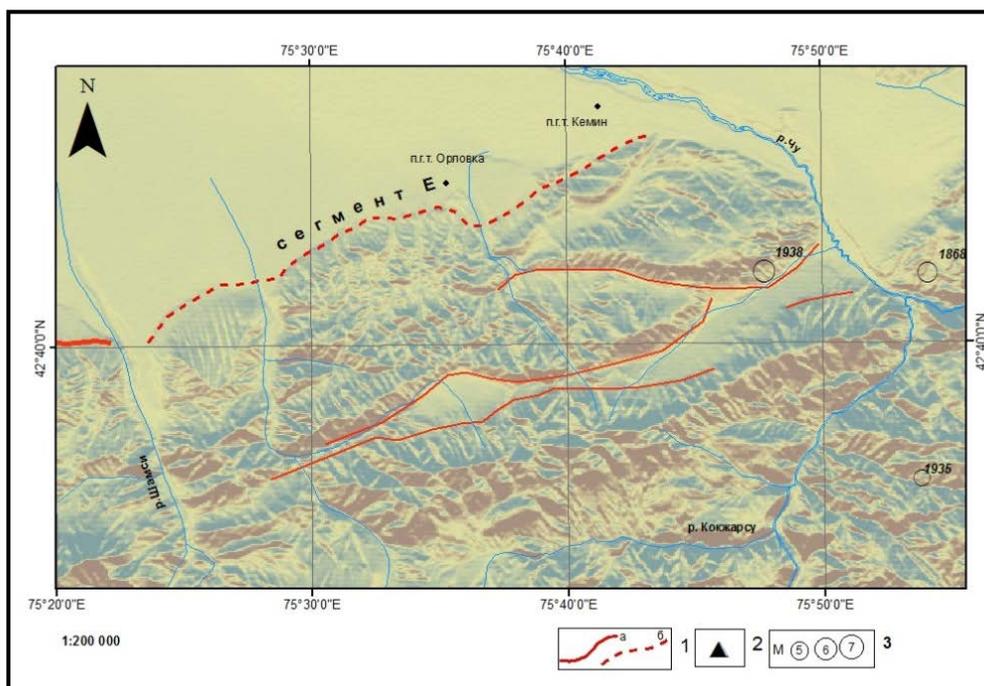


Рисунок 5. Затухание Иссык-Атинского разлома в восточной части Чуйской впадины. Контакт палеоген-неогеновых отложений с равнинной частью впадины показан пунктирной линией.

Таким образом, приведённые выше данные по сегментации Иссык-Атинского разлома показывают, что наиболее вероятным является наличие двух крупных сегментов (65-75 км), общей протяжённостью 150-160 км, при этом каждый из сегментов может породить землетрясение с $M = 7,1 - 7,3$. Граница между указанными сегментами проходит в районе между долиной р. Джеламыш и брошенной долиной р. Ала-Арча (район сел. Кунтуу), либо в районе

долины р. Бектау (восточнее р. Аламедин). Отметим, что именно к этим районам приурочены положение зоны выклинивания мощностей валунно-галечных отложений [13]. Эта зона делит впадину на два локальных района, где мощности валунно-галечных отложений максимальны. Возможно, эта граница между выделенными выше сегментами является устойчивой и долговременной. Для доказательства этого необходима проходка траншеи в районе границы.

Литература

1. Садыбакасов И. Неотектоника центральной части Тянь-Шаня. – Фрунзе: Илим, 1972. – 118 с.
2. Опыт комплексного сейсмического районирования на примере Чуйской впадины. Бишкек: Илим, 1975, 189 с.
3. Геология кайнозоя Чуйской впадины и ее горного обрамления.- Л.: Наука, 1976. 127с.
4. Чедия О. К. Морфоструктуры и новейший тектогенез Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1986. 312с
5. Абдрахматов К.Е. Четвертичная тектоника Чуйской впадины. Фрунзе: Илим, 1988, 118с.
6. Чедия О.К., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Михель Г, Михалев В. Иссык-Атинский разлом в голоцене // Мат-лы XXXI Тект. совещания., Т.2, М., ГЕОС, 1998, с.251-253.
7. Абдрахматов К.Е., Цурков В.Е. Современные движения земной поверхности. Современная геодинамика литосферы Тянь-Шаня. – М.: Наука, 1991. – С. 75–76.
8. Абдрахматов К. Е., Уилдон Р., Томпсон С., Бурбанк Д., Рубин Ч., Миллер М., Молнар П. Происхождения, направление и скорость современного сжатия Центрального Тянь-Шаня (Киргизия) // Геология и геофизика, - 2001, т.42. № 10. - С. 1585-1609.
9. Палеосейсмология. Коллектив авторов; под ред. Джеймса П. Мак Калпина: в 2-х томах. Том 2. Пер. с англ. И. А. Басов, И. Ю. Лободенко, А. Л. Стром; предисл. к рус. изд. и науч. ред.А. Л. Стром. – М.; Научный мир, 2011.- 400с.
10. Игнатъев И.В. Землетрясение в Токмакском уезде в 1885 году // Изв. РГО, 1886, т. XXII, вып. 2. С.156-164.
11. Абдрахматов К.Е., Томпсон С., Уилдон Р. Активная тектоника Тянь-Шаня. – Бишкек, Илим. 2007. С.70.
12. Wells D.L., Coppersmith K.J. Empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture area, and surface displacement // Bull. Seismol. Soc. Am.– 1994. – V. 84. –P. 974–1002.
13. Павленкин А.Д., Лесик О.М., Ерхов В.А., и др. Отчет о результатах геофизических исследований по программе сейсмического изучения района г. Фрунзе, 1973, Фонды КГУ.
14. Mellors R.J., Vernon F.L., Pavlis G.L., Abers G.A., Hamburger M.W., Ghose S., Iliasov B. The $M_s = 7,3$ 1992 Suusamyр, Kyrgyzstan earthquake: 1. Constraints on fault geometry and source parameters based on aftershocks and body wave modeling // Bull. Seism. Soc. Am. – 1997. – Vol. 87. –P. 11–22.
15. Никонов А.А. Голоценовые и современные движения земной коры. – М.: Наука, 1977. – 240 с.